

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA



Edificios Históricos Sustentables

Elisa Ruíz Covarrubias

México
2011





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



EDIFICIOS HISTÓRICOS SUSTENTABLES

Tesis que para obtener el grado de:
Maestra en Arquitectura presenta:

Elisa Ruíz Covarrubias

PROGRAMA DE MAestrÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

2011

JURADO

Dra. Mónica Cejudo Collera
Directora de Tesis

Dr. Raúl Salas Espíndola

Dr. Miguel Arzate Pérez

Dra. Manuela Azucena Escobedo Izquierdo

Dr. Fidel Sánchez Bautista

Sinodales

AGRADECIMIENTOS

A CONACyT.
Al Instituto Nacional de Antropología e Historia por brindarme su apoyo
y permitir que en esta investigación utilizara como caso de estudio
el Fuerte de San Juan de Ulúa en Veracruz.

A Dios, por llenarme de bendiciones.

A mi amado colombiano, mi abuelita y mi mamá que,
sin su apoyo y amor, este trabajo no hubiera sido posible.

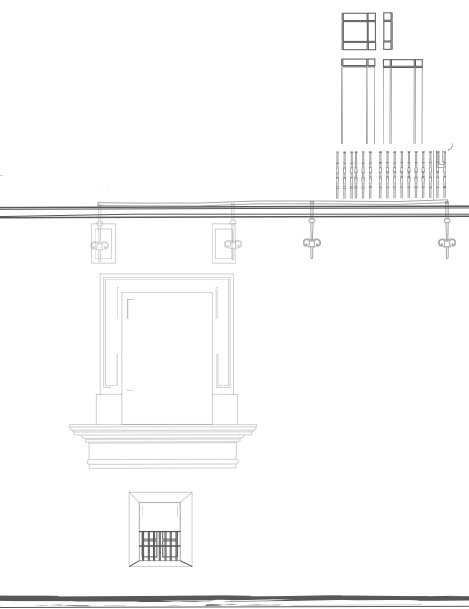
A la Dra. Mónica Cejudo por su entusiasmo, confianza y
apoyo durante dos años y medio.

A mis sinodales: la Dra. Azucena Escobedo, el Dr. Raúl Salas,
el Dr. Fidel Sánchez y al Dr. Miguel Arzate, por sus valiosos
consejos que enriquecieron mi investigación.

A todos aquellos que me apoyaron sin pensarlo.

ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	5
1. Arquitectura sustentable	9
1.1. Ecología	11
1.2. Bioclimática	17
1.3. Tecnología	25
1.4. Confort y salud	28
2. La arquitectura novohispana y su respuesta al ambiente	31
2.1. Tratados de arquitectura	32
2.2. Arquitectura y tecnología prehispánica	39
2.3. Elementos de la arquitectura virreinal	40
2.3.1. El muro	40
2.3.2. Cubierta	43
2.3.3. Corredores porticados	45
2.3.4. Patio	46
2.3.5. Ventana	47
2.3.6. Cúpulas y torres	48
2.3.7. Almacenamiento de agua	49
3. Hacia la conservación contemporánea: sustentabilidad en edificios históricos	51
3.1. La restauración actual	53
3.1.1. Tipos de intervención	54
3.1.2. Criterios de restauración	56
3.1.3. Normatividad	58
3.1.4. El papel actual de la restauración	59
3.2. La restauración sustentable en edificios históricos, una visión integral	61
4. Estrategias sustentables para edificios históricos	67
4.1. Eficiencia energética	69
a. Eficiencia activa	69
b. Eficiencia pasiva	71



4.2. Protección Térmica de la Envolvente	72
a. Aislamiento térmico	73
b. Láminas de control solar	74
c. Ventanas con doble vidrio	75
d. Otros dispositivos	76
4.3. Elementos vegetales	77
a. Azoteas verdes	77
b. Jardines verticales	81
4.4. Iluminación	83
a. Natural	83
b. Artificial	83
4.5. Energía renovable	86
a. Energía solar	86
b. Energía eólica	89
c. Energía geotérmica	90
4.6 Gestión del Agua	92
a. Agua potable	92
b. Agua pluvial	92
c. Agua residual	93
4.7. Materiales	94
4.8. Residuos	95

5. Aplicación de estrategias sustentables en un edificio histórico 97

Caso de estudio: Fuerte de San Juan de Ulúa

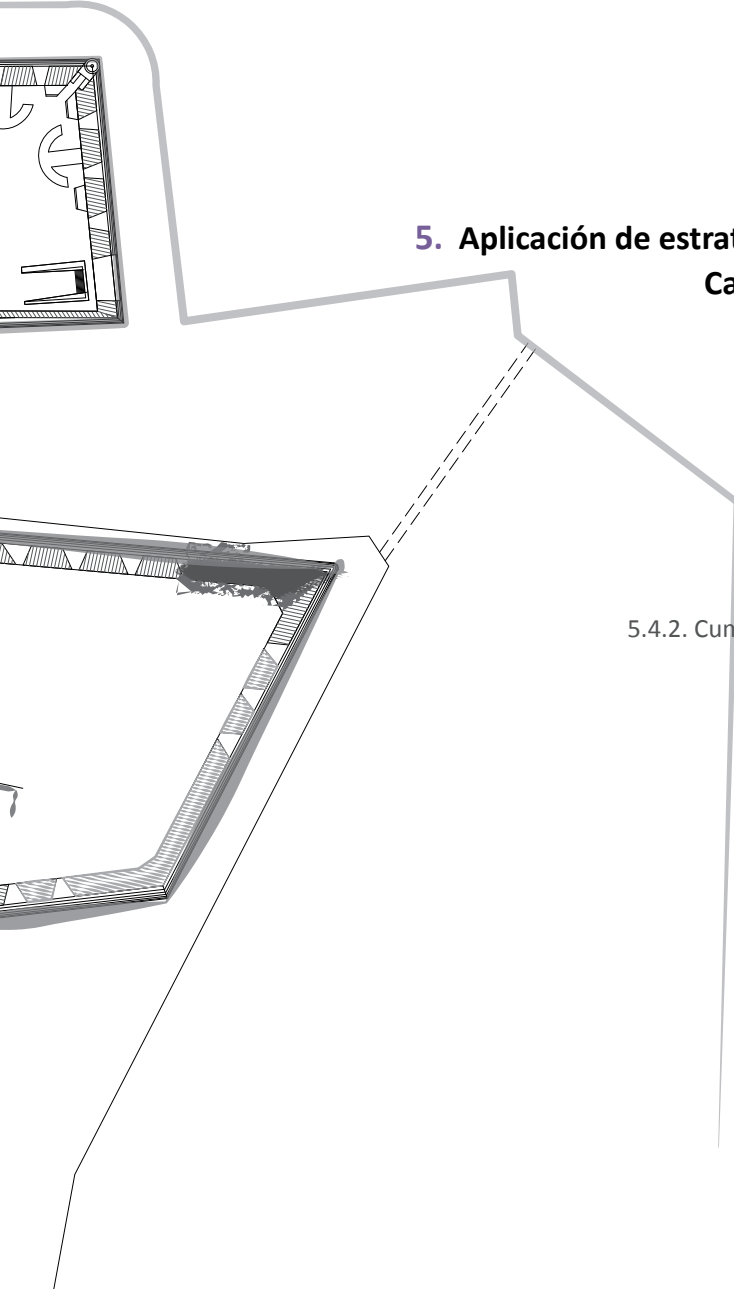
5.1. Descripción general del caso de estudio	99
5.2. Metodología	99
5.3. Proyecto de restauración sustentable	100
5.5.1. Análisis arquitectónico	100
5.5.2. Investigación histórica	103
5.5.3. Análisis bioclimático del fuerte	106
5.4.4. Aplicación de estrategias sustentables	116
5.4. Resultados	121
5.4.1. Cálculo térmico	121
5.4.2. Cumplimiento de la norma mexicana NOM-008-ENER-2001	124
5.4.3. Desempeño energético	124
5.5. Costo-beneficio	131
5.5.1. Costo de la inversión	131
5.5.2. Flujo de efectivo	131
5.5.3. Evaluación de la inversión	132

Conclusiones 137

Bibliografía 144

Glosario 148

Anexos 151



Introducción

Cada edificio histórico es un testigo fiel de los constantes cambios de la trama urbana de las ciudades novohispanas. Han sufrido diversas transformaciones, algunas de ellas acertadas y otras por el contrario; detonaron la degradación de los edificios y por consecuencia de los cascos históricos. Muchos factores han intervenido en este deterioro. Solo para citar algunos, el afán del desaparecer el pasado y las esto catástrofes naturales, hizo que progresivamente los inmuebles fueran demolidos total o parcialmente para dar paso a los edificios modernos.

Los edificios históricos que son restaurados en el país, dentro de algunos años vuelven

a un estado de deterioro tal, que requieren nuevamente una intervención para asegurar su conservación. Que es lo que sucede?

La restauración actual sólo se concentra en la recuperación espacial y estructural del inmueble, dejando a un lado aspectos de igual importancia como es la funcionalidad de los espacios, la sustentabilidad de los mismos y la optimización de los recursos naturales. Sólo se concretan a resolver el pasado y el presente pero se dejan a un lado el futuro. Adicionalmente, el problema de los criterios de restauración actuales, es que no consideran devolverle la funcionalidad del edificio de acuerdo a la época en que nos situamos, ni ofrecen condiciones competitivas.

Un inmueble de un siglo o más que es restaurado; se colocan instalaciones muy elementales y obsoletas contra los avances que existen en tecnologías que mejoran la eficiencia. Esto además ocasiona que la habitabilidad de los espacios sea complicada. Así mismo, en México es muy difícil que se invierta dinero en el mantenimiento por lo que se acelera el deterioro.

Otro de los problemas radica en que dentro del desarrollo de un proyecto de restauración y adecuación arquitectónica, no se consideran sistemas que permitan una reducción del consumo de energía, no se separan los diversos tipos de aguas residuales para ser reutilizados, no se analizan orientaciones solares, ni el uso de materiales aislantes ni de diversas tecnologías que mejoren las condiciones de confort al interior del inmueble incentivando la permanencia del usuario y/o visitante.

Es vital que una inversión que se logra para la recuperación de un edificio histórico, se mantenga indefinidamente y no al cabo de

una década el edificio se encuentre casi en las mismas de deterioro antes de la intervención. Cabe señalar que cuando se rehabilita un inmueble, durante muchos años (incluso décadas) no se le destinara más recursos para otra renovación.

Sucede que un edificio con cierto grado de deterioro, en su restauración solo se considera el rescate de la arquitectura patrimonial, dejando a un lado aspectos de igual importancia como los servicios y el confort de los usuarios. Si a esto se le suma la falta de mantenimiento, se condena al inmueble a una imparable degradación que, en ocasiones, regresa al mismo grado de deterioro que padecía antes de su intervención.

Desafortunadamente este círculo vicioso se rompe con la pérdida total del patrimonio arquitectónico, por lo que es nuestro deber implementar medidas que aseguren su salvaguarda.

Es por ello que en esta investigación, se propone la aplicación de estrategias sustentables en los edificios históricos como una herramienta para coadyuvar a la conservación de estos inmuebles al obtener ahorros económicos (al reducir el consumo energético) que puedan invertirse en su mantenimiento. Con esto se espera retardar, y en lo posible evitar, el deterioro en los inmuebles.

Por lo tanto, **el objetivo principal** de esta investigación **es determinar las estrategias sustentables que se pueden aplicar en un edificio histórico**. Como consecuencia, los objetivos secundarios son:

- Demostrar la factibilidad de aplicar los principios de la sustentabilidad en este tipo de edificios.

- Inducir la inversión en tecnologías sustentables para la reducción del consumo energético y de recursos naturales.
- Disminuir el mantenimiento, explotación y uso de los edificios.
- Aumentar la calidad de vida de los ocupantes de este tipo de edificios.
- Lograr que un monumento histórico sea competitivo y funcional respecto a los edificios de reciente construcción.
- Obtener lineamientos para la aplicación de estrategias sustentables en estos edificios.

Se establece como hipótesis que:

La aplicación de tecnologías sustentables en un edificio histórico restaurado sin alterar su valor arquitectónico, logra que estos edificios sean de bajo consumo energético y cumplan con los principios de una arquitectura sustentable.

Siendo así, el monumento podría estar al mismo nivel de equipamiento tecnológico y ser una opción viable para instalar oficinas de alto nivel o viviendas que ofrezcan espacios más cómodos. Sería un edificio que generaría un bajo impacto ambiental.

Podría considerarse cierto grado de auto-sostenibilidad. Es un hecho que la cultura del mantenimiento en México es casi nula. El dinero que se ahorraría en electricidad y agua puede invertirse en el mantenimiento del inmueble y evitar deterioros.

Finalmente, en los capítulos precedentes se da fundamento a esta hipótesis y queda mostrada la importancia de esta investigación dentro del campo de la Restauración y de la Tecnología. Para realizarlo, se plantearon los siguientes cuestionamientos:

¿Es posible integrar estrategias sustentables en los monumentos históricos? Y si fuera posible....

¿Qué estrategias se pueden integrarse en los edificios históricos sin dañar elementos arquitectónicos?

¿Cuáles son los beneficios que se obtendrían al implementar estrategias sustentables en los monumentos históricos?

Para resolverlos se estableció una metodología que se describe a continuación.

Metodología

1. Arquitectura sustentable.

Se define el concepto de arquitectura sustentable así como los elementos que la componen que son: ecología, bioclimática, tecnología, salud y confort. Asimismo se analizaron los edificios históricos en uno de ellos a fin de establecer las virtudes y carencias de la arquitectura novohispana para acercarse a la sustentabilidad.

2. Arquitectura novohispana y su respuesta al ambiente.

Se estudiaron los elementos arquitectónicos de estos edificios para mostrar su adaptación al entorno. Estudiar las tecnologías bioclimáticas aplicadas en diferentes civilizaciones de la humanidad que sirvieron para optimizar las condiciones naturales del entorno.

Los edificios históricos tienen adaptaciones que mitigan los efectos ambientales adversos. La mayoría de éstas adaptaciones se han dejado en el olvido, pero es primordial reincorporarlas reducir el consumo energético y brindar confort al usuario.

3. Hacia la conservación contemporánea.

Se hace énfasis en la importancia del rescate de las estrategias bioclimáticas complementadas con dispositivos tecnológicos en los edificios históricos como herramienta fundamental para su revitalización total y no solo espacial (como hasta ahora la restauración actual ha manejado).

Se efectúan una serie de reflexiones respecto a los criterios de restauración y su papel actual, concluyendo en una serie de planteamientos sobre la conservación contemporánea y la sustentabilidad en los edificios históricos.

4. Estrategias sustentables para edificios históricos.

En esta investigación se analizaron las estrategias sustentables pasivas y activas existentes, asumiendo el reto de establecer cuáles pueden ser aplicadas a los edificios históricos novohispanos. Es importante señalar que las estrategias recomendadas, respetan en su totalidad los criterios de restauración.

Se buscó obtener la máxima eficiencia de cada unidad de energía, de agua, de materiales y de recursos utilizados dentro de los inmuebles antiguos restaurados, reduciendo así el impacto ambiental. Es importante resaltar que la aplicación de estas estrategias sustentables, dependen de las características y de las condiciones de cada inmueble.

5. Aplicación de las tecnologías sustentables en un caso de estudio.

Se tomó como caso de estudio el fuerte

de San Juan de Ulúa en donde se insertan las estrategias sustentables adecuadas y debidamente justificadas para el monumento. Con esto se demuestra la factibilidad de aplicar estrategias sustentables, sin agredir al monumento histórico y se establece el ahorro energético del mismo.

6. Ahorro - beneficio.

Dado que la mayoría de los inmuebles son propiedad del gobierno, al realizar un análisis del costo-beneficio en la inversión de tecnologías sustentables se podría indicar el ahorro económico y revertir la tendencia actual de solo instalar lo mínimo para el desarrollo de actividades. Así mismo estos ahorros se pueden invertir en mantenimiento.

7. Conclusiones.

Después de aplicar las estrategias sustentables y analizar su comportamiento en el monumento histórico (San Juan de Ulúa), se obtienen las respectivas conclusiones y se expone una visión sobre lo que debe hacerse.

8. Lineamientos para una restauración sustentable.

Se efectuó una propuesta a la metodología de restauración de bienes inmuebles actual para lograr una restauración sustentable.

En las próximas páginas se describen como antecedentes, las circunstancias de los edificios históricos que motivaron esta investigación.

Antecedentes

Gracias a la voluntad política del gobierno federal y otros gobiernos locales, actualmente los edificios históricos en México están siendo rehabilitados y/o restaurados. Estos mismos edificios presentan hoy una considerable vitalidad, la renovación es patente en la mayor parte de los Centros Históricos del país. Sin duda alguna, en ciertas zonas se ha conseguido detener el citado proceso de degradación urbana y se ha revertido la tendencia negativa de las décadas anteriores.

A pesar de este loable esfuerzo, quedan aspectos que aún deben resolverse como la optimización de los recursos hídricos, el uso eficiente de la energía, mejora en el confort



Revitalización del centro histórico de Cartagena de Indias, Colombia. *Archivo personal.*

y salud de los ocupantes; que son algunos de los principios básicos de la arquitectura sustentable y objetivo de esta investigación.

Existen algunas investigaciones y ponencias que muestran esta inquietud, pero no se detectó alguna que haya implementado estrategias sustentables y haya evaluado su desempeño.

A continuación se describen los documentos cuya aportación fue fundamental para esta investigación, pues se tomaron como punto de partida.

1. BARRERA GARCÍA, Ana Elena. *Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología.* UNAM, México 1999.

Tesis para obtener el grado de Maestra en Arquitectura, donde se analizan varios conventos novohispanos en tres climas diferentes y como conclusiones, se muestra que los edificios históricos tienen características arquitectónicas exclusivas para adaptarse al bioclima de la región. La mayoría las características o aspectos bioclimáticos detectados en los conventos son consideraciones de diseño en general, que no son el resultado de la casualidad

sino de una intención deliberada, respaldada por un amplio acervo de conocimientos.

La autora escogió como muestra los conventos novohispanos no por tener características constructivas diferentes a las demás tipologías arquitectónicas de la época, sino por representar el mayor número de edificios históricos que se encuentran en buen estado de conservación y con pocas alteraciones a su tipología constructiva que el resto.

2. CARRAZCO, Carlos. *Análisis cuantitativo de comportamiento de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco.* UNAM. México, 2005.

En esta tesis se analizó un edificio histórico en Sinaloa para determinar el comportamiento térmico de los patios interiores. Para tal efecto, se efectuó la simulación de temperatura y humedad mediante el programa TRNSYS©4 en el patio central y las habitaciones de un edificio histórico en la ciudad de El Fuerte Sinaloa, para determinar su comportamiento durante todo el año. Se comprobó que las temperaturas promedio dentro de un patio se mantienen por debajo de la temperatura ambiental y genera condiciones microclimáticas que benefician a los espacios contiguos.

3. FERRIS, Lori. *Environmental and Cultural Sustainability In the Built Environment: An Evaluation of LEED for Historic Preservation*. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2010.

Tesis para obtener el grado de maestro en Ingeniería civil e ingeniería ambiental, en la cual explora la integración de la conservación y la sustentabilidad de los edificios mediante el sistema LEED (*Leadership Energy Design*). En este documento, se realizó la evaluación en un edificio construido en 1886 dentro de la ciudad de Nueva York. Se concluye que muchos de los criterios del sistema LEED no pueden ser aplicados a este tipo de edificios, por lo que se requiere el desarrollo de un sistema LEED especial para edificios históricos o introducir opciones más flexibles.

4. LAGARDA GARCIA, Omar. *Proyectos de inversión en edificios históricos: Visión comercial en el centro histórico de la ciudad de México*. UNAM, México, 2002.

El objetivo de esta tesis es crear un método

el cual pueda ser utilizado para aplicarse en los proyectos de inversión de este tipo de inmuebles, tomando en cuenta que se les debe tratar de manera especial para que resulten en inversiones capitalizables a corto y mediano plazo y que se puedan convertir en edificios autosustentables.

5. SÁNCHEZ HERNÁNDEZ. *Andrés Armando. Los retos de la conservación del patrimonio edificado en el siglo XXI*. Ponencia. México. 2005.

En esta ponencia se expuso la necesidad de *El siglo XXI, que trae consigo otros referentes, otras necesidades; y por lo tanto otros retos, llevan a la necesidad y desafío de implementar tecnologías sustentables en las edificaciones antiguas, generar proyectos integrales en la restauración de un monumento histórico (urbana o rural), y obtener a través de su planeación una adecuada administración de los recursos no renovables.*

por
me
re
o

1. Arquitectura sustentable

“La crisis ambiental que afronta la sociedad contemporánea es un factor cultural que impone nuevas variables que el arquitecto debe sintetizar en el proyecto. Manejar la naturaleza no sólo como un material o elemento arquitectónico que se incorpora por su belleza, forma, textura, o efecto sino como una relación entre ambos, es decir, creando una segunda naturaleza adaptada a las necesidades humanas, pero también construida para garantizar la preservación y continuidad del medio físico en condiciones similares a las actuales. La arquitectura se incorpora a un ecosistema natural y debe adoptar y adaptar su funcionamiento para respetar el ecosistema local al máximo, así como colaborar en la preservación global.”

Francisco Javier Soria y Lluís Àngel Domínguez

En la actualidad, las necesidades humanas están excediendo la capacidad del planeta de proveer recursos y sostenerse. Diversos factores han intervenido en esta situación, pero uno de los problemas principales, radica en el equívoco concepto sobre la modernidad, en el que se piensa que el crecimiento exponencial es signo inmediato del progreso. En los últimos cien años, la evolución de las ciudades ha estado marcada por un crecimiento desmedido debido al aumento poblacional, que ha llevado a nuestro planeta, a un punto en el que no podrá sostener nuestras necesidades por más tiempo sino se toman acciones inmediatas.

Es aquí donde interviene la sustentabilidad, que se define como aquello que **“satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las nuevas generaciones para satisfacer las suyas”**¹

Los edificios contribuyen con 40-50% de las emisiones globales de Gases Invernadero (GHG). De ahí deriva la importancia de realizar proyectos arquitectónicos que consideren al medio ambiente, que satisfagan nuestras necesidades ahora y en el futuro, no usando más recursos naturales que el planeta puede regenerar.

Se asume que la arquitectura sustentable es aquella que garantiza el máximo nivel de bienestar y desarrollo de los usuarios, reduce el impacto ambiental que producen la construcción, uso y demolición de la arquitectura en su conjunto y además promueve la máxima integración de las edificaciones en su entorno natural.

“Se trata de enfatizar que las posibilidades creativas del proyecto no están peleadas con el firme compromiso de incorporar criterios medioambientales, por el

1 HARLEM BRUNDTLAND, *Gro. Nuestro futuro común, Informe de Comisión Brundtland*, Alianza, Madrid, 1987.

*contrario, la labor de los arquitectos se está orientando en este sentido, ya que diseñar una arquitectura de calidad no puede dejar fuera la preservación del entorno natural que la sociedad contemporánea exige cada vez más.”*²

La sustentabilidad es un término que cada día adquiere más importancia, es un compromiso continuo y permanente que impacta las dimensiones ambientales, culturales, sociales y económicas. Para los fines de esta investigación, solo nos concentraremos en los dos primeros: el cultural y el ambiental; aclarando que los otros dos son de suma importancia pero la extensión del tema no permite profundizar en todos ellos. Asimismo, una vez alcanzado la sustentabilidad (plenamente justificada) en un monumento, se podrá analizar y demostrar los beneficios económicos y sociales.

En materia ambiental la arquitectura sustentable requiere considerar varios aspectos, que son: la ecología, el bioclimatismo, la tecnología, la salud y el confort de los ocupantes. Al considerarlos en un proyecto; se garantiza el bienestar de los ocupantes sin deteriorar al planeta. Queda claro, que la sustentabilidad no solo se obtiene al reducir el consumo energético, también implica considerar la interacción y/o impacto del edificio con el ambiente (ecología), utilizar los principios físicos para mejorar las condiciones en cada región (bioclimática) apoyándose en los avances tecnológicos (tecnología) sin olvidar el confort del ser humano. Por lo tanto, al hablar de una arquitectura sustentable, no se puede prescindir de ninguno de ellos. Para ampliar esta premisa, se describirá con detalle cada componente de la arquitectura sustentable y como influye en un edificio histórico.

2 DOMÍNGUEZ, Luis Ángel. SORIA Francisco Javier. *Pautas de diseño para una arquitectura sostenible. La naturaleza como estrategia proyectual*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2004. P.59.



1.1. Ecología

La ecología estudia la interacción entre los seres vivos y el medio ambiente³. Es así que en el caso de la arquitectura, la ecología se ocupa de la relación entre el medio ambiente y el ser humano que habita en la arquitectura.

En forma general, los objetivos son:

1) Mejoramiento de la calidad de vida del hombre. 2) Relación equitativa entre hombre y medio natural.

En forma general, la misión es minimizar las emisiones y las extracciones para no alterar el funcionamiento de los ecosistemas naturales, es decir; reducir el impacto del edificio sobre el medio ambiente.

La arquitectura desde la mirada ecológica, trata de respetar al máximo los ecosistemas naturales, ya sea vía los mismos procedimientos naturales o vía reproducción de sistemas artificiales paralelos, que el avance científico y tecnológico hacen posibles.

Para conseguir una arquitectura cuya ética ecológica sea incuestionable, los arquitectos deben recurrir al método científico para conocer y analizar, de manera objetiva, el ambiente natural del sitio, el cual se visualiza como un ecosistema. En toda edificación, es primordial reducir el impacto en el medio ambiente a todas las escalas (regional y global).

La no alteración del medio natural donde se encuentra el edificio, puede tener dos

³ En 1869, el biólogo alemán Ernst Haeckel acuñó el término ecología, remitiéndose al origen griego de la palabra (oikos, casa; logos, ciencia, estudio, tratado), es así que, la ecología encara el estudio de una especie en sus relaciones biológicas con el medio ambiente.

Figura 1. Orquideario del Jardín Botánico de Medellín, Colombia. *Archivo personal.*

alternativas o estrategias para lograrlo: en la primera se busca alterar lo menos posible el entorno (como ocupación temporal) y en la segunda se trata de integrar el edificio al medio natural en lo posible (fig. 1).⁴

La integración de elementos vegetales en la arquitectura es fundamental para lograr las dos estrategias mencionadas anteriormente. El estudio y la correcta aplicación de la vegetación ayuda a crear topografías y paisajes alternativos, de lo cual se encarga la Arquitectura del Paisaje.

Paisajismo

El paisajismo o la arquitectura del paisaje “es la integración de diversas disciplinas entre ellas el diseño, arquitectura, higiene y agricultura/horticultura”⁵, por que congrega los conocimientos necesarios para estudiar la dinámica del desarrollo del ser humano en el territorio.

Nace en primera instancia de una manera espontánea y natural en la búsqueda de adaptar la biodiversidad en las comunidades edificadas desde las primeras civilizaciones, después esta idea se conceptualizó para crear sus bases y establecerse académicamente como arquitectura del paisaje.

Como concepto, aparece en el contexto sajón del siglo XVIII, que trabaja desde el arte y la ciencia simultáneamente. Desde entonces, la arquitectura del paisaje ha sido capaz de construir un cuerpo de conocimientos compuesto por una doble mirada: por una parte, la empírica, funcional, técnica y científica; y por otra, aquella artística donde la finalidad es la exaltación de la belleza por medio de elementos naturales.

En este sentido se entiende el paisajismo como un producto cultural de nuestra sociedad.⁶

El paisajismo debe tratar de ser el conector entre la naturaleza y la ciudad, conservando un poco la identidad de los lugares, pero sobre todo respetando el espíritu natural del sitio, tanto de las plantas y animales como del agua en sus diferentes formas. Se deben aprovechar los medios naturales del sitio para aplicarlos de manera estética en la arquitectura y mejorar las condiciones de salud, seguridad, etc. de los ocupantes.

Se piensa que la visión ecológica solo se desarrolla en sitios donde los ecosistemas naturales no han sido modificados substancialmente. Pero la aplicación de la ecología en centros urbanos, (incluyendo los cascos históricos) es posible mediante la generación de espacios verdes construyendo paisajes que contribuyan a la mejora de la calidad espacial.

En este caso, además los de parques y jardines, se pueden insertar muros y/o azoteas verdes dentro de las ciudades obteniendo grandes beneficios.

Queda claro que el diseño del paisaje, no es un producto cuya finalidad sea solamente estética, sino que busca mantener el equilibrio ecológico, social y económico.

Por lo tanto, se puede definir que la arquitectura “eco eficiente” busca crear una relación optima entre lo abiótico y lo biótico, aprovechando los recursos naturales, para reducir en lo posible, su huella ambiental.

⁶ La Convención del Patrimonio Mundial de UNESCO definió el Paisaje cultural como el paisaje modificado por la presencia y actividad del hombre (cultivos, diques, ciudades, etc.) El paisaje cultural es una realidad compleja, integrada por componentes naturales y culturales, tangibles e intangibles, cuya combinación configura el carácter que lo identifica como tal, por ello debe abordarse desde diferentes perspectivas.

⁴ DOMÍNGUEZ, Lluís Àngel.; SORIA, Francisco Javier. *Pautas de diseño para una arquitectura sostenible..... op. cit.* p.68.

⁵ Enunciado por Frederick LawOlmsted(1822-1903).

Ciclo de vida

Otro aspecto que se debe mencionar dentro del campo de la ecología, es el **ciclo de vida de las edificaciones y sus materiales**. El ciclo de vida se refiere al estudio del impacto ambiental que tiene una actividad o producto (materiales de construcción) durante todas sus fases desde su inicio hasta su fin, es decir: diseño, extracción, producción, distribución, uso (mantenimiento, recuperación, reutilización, reciclaje) y desecho.

En la construcción, se deben considerar las implicaciones ambientales de los materiales en todas sus fases, principalmente en la distribución. Es común que se soliciten materiales importados, con lo que se aumentan las emisiones de carbono por transporte. Aún dentro del mismo país, se deben buscar materiales de la región cuya producción se encuentre lo más próximo a la obra.

Por lo tanto, el arquitecto y/o restaurador debe tomar en cuenta todos estos factores antes de determinar los materiales a usarse. No hay una lista estándar de materiales adecuados para aplicarse en un edificio, por lo que es vital realizar los análisis completos del ciclo de vida de los materiales de acuerdo a las condiciones y características de cada obra.

El otro punto dentro del ciclo de vida, esta involucrado el uso y construcción de las edificaciones. El sector de la construcción es responsable del 50% aproximadamente de las emisiones mundiales de carbono, principalmente por los conceptos de demolición y extracción de materiales.

Por lo tanto, una de las estrategias sustentables más eficaces, es la reutilización de un edificio existente. En comparación con una nueva edificación, la reutilización de la arquitectura permite reducir los materiales, la energía y las emisiones de carbono.

La huella ambiental al demoler edificios para construir nuevos es muy fuerte, aun si se reciclan los materiales producto de la demolición. Aproximadamente, se requieren 65 años para que la edificación nueva recupere la energía y contaminación producida al demoler un edificio.⁷

Los edificios históricos ya han recuperado sus costos energéticos a lo largo de su existencia y uso continuo. Adaptando los edificios históricos con ecotecias pueden registrar el mismo costo operacional bajo de una edificación nueva sustentable, y siempre con menos desechos.

Siendo así, resulta más sustentable restaurar y reutilizar edificios históricos que demolerlos y volver a construir. Restaurar significa utilizar menos materiales y consumir menos energía en conceptos como demolición y transporte.

Si un edificio histórico es cómodo y competitivo, podrá ser reutilizado con facilidad albergando distintos usos (no solo museos). Estos inmuebles hay que impulsar la vivienda, las actividades compatibles, culturales y de servicios que lo mantengan en valor y en constante uso. Como consecuencia, se podrán conservar con vida los centros históricos. Al restaurar y adecuar arquitectónicamente un monumento histórico, se cumplirá con otro concepto de la sustentabilidad: el reciclaje.

“El reciclaje de arquitectura es una excelente opción para dar un nuevo uso o renovar algunas edificaciones

⁷ *Historic Buildings are Green. Building Rehabilitation Is Sustainability in Practice*, A publication of the Trust for Architectural Easements. Volume 1 / February 2009 p.1.

“even if 40% of the new building materials are recycled, it can take up to 65 years for a new office building to recover the energy lost in demolishing an existing building. Conversely, in many cases, historic buildings have already recouped their embodied energy costs through their existence and continued use. Retrofitting historic buildings with green features can achieve the same low operational costs as new, green-featured construction—often with little upfront cost, and nearly always with less waste.”

aprovechando los recursos y la infraestructura existentes, además de que abre la puerta para reordenar y enriquecer el patrimonio arquitectónico de las urbes.”⁸

Debe tenerse en cuenta el beneficio cultural al preservar estos edificios patrimoniales, así como las oportunidades de aprender cómo se trabajaban los edificios antiguos, muchos de los cuales fueron construidos con técnicas y materiales que han durado muchos años.

No resulta lógico ni inteligente, también desde el punto de vista económico, dejar que estos edificios se conviertan en objetos inútiles acumulándose y deteriorándose a lo largo de las calles de las ciudades.

“Nuestro siglo..., persiguiendo la utopía de una modernidad creada de la nada en el laboratorio, por partenogénesis, y excluyendo con obstinada severidad todo gen contaminado por el pasado, nos ha entregado, eso sí, una colección de museo de obras maestras arquitectónicas (que son con frecuencia sólo unas esculturas ampliadas apoyadas en el terreno), pero como contrapartida ha perdido progresivamente y cada vez más, la capacidad de construir la ciudad, de ayudarla a reproducirse.”⁹

8 CEBALLOS ALMADA, Guadalupe. *De lo bueno todo. El reciclaje de inmuebles es una excelente opción...* Revista Obras. México.
9 PORTOGHESI, Paolo. *El ángel de la historia. Teorías y lenguajes de la arquitectura*, Madrid, 1985, p. 11.

Ecología en edificios históricos

Analizando el ciclo de vida, para los alarifes en la época virreinal era importante considerar materiales de la región para reducir los costos y los tiempos de construcción.¹⁰

Analizando los materiales empleados, éstos tienen una larga vida útil y en caso de desecharse, pueden ser degradados fácilmente. Como ejemplo tenemos los muros coloniales que fueron elaborados con mampostería de tezontle asentados con argamasa cal y arena, cuyo impacto por producción y degradación es menor que un muro de concreto armado.¹¹

Cabe resaltar que, en algunos casos, se reutilizaron las piedras producto de las demoliciones de los templos mexicas para la construcción de las edificaciones virreinales.

La reutilización o renovación de la arquitectura era una actividad frecuente tanto en la época virreinal, como en la prehispánica. Nuestros antepasados indígenas realizaban un constante mantenimiento de sus construcciones para que sus espacios se adecuaran a las cambiantes demandas de su sociedad o simplemente conservaran su integridad. Para corroborarlo, basta leer un fragmento de Fray Toribio de Motolinía sobre la descripción de la ciudad mexicana:

10 Ver capítulo 2: La arquitectura virreinal y su respuesta.....
11 VITERVO A.O'REILLY; RUBÉN A. HDEZ, B.,RUIZ, L. *Las tecnologías del concreto en su ciclo de vida*. Concreto y Cemento Vol. 1 Núm. 2 Enero-Junio 2010.



Figura 2. Explanada de las ruinas arqueológicas de Tula, Hidalgo. *Archivo personal.*

“¿Pues qué diré de la limpieza de los templos del demonio e sus grandes salas e patios? Las casas de Moctezuma y de los otros señores no sólo estaban muy encaladas y blancas, mas muy bruñidas y lucidas, y cada fiesta las renovaban.”¹²

Respecto al paisajismo, en la construcción de nuestro patrimonio cultural arquitectónico se integraron diversos elementos, cuya riqueza e ingenio nos obligan a considerarlos en su restauración.

Estos antecedentes tienen influencia predominantemente de la arquitectura islámica traída por los españoles, siendo el ejemplo más representativo la Alhambra en Granada, y de la arquitectura mesoamericana.

La arquitectura islámica, se caracteriza principalmente, por el desarrollo de patios y acequias llenos de jardines, fuentes y espejos de agua, que además de embellecer a las edificaciones, éstas mejoraban las condiciones térmicas de los espacios trayendo consigo confort al ocupante. La proeza de esta arquitectura, radica en el manejo y suministro del agua en regiones donde el abastecimiento de este vital recurso es sumamente difícil.

En nuestro país, el paisajismo siempre ha estado presente desde tiempos precolombinos. En la arquitectura mesoamericana, en su concepto de extroversión, los basamentos piramidales se convierten en el objeto delimitador del espacio principal.

En el exterior se desarrollaban la mayoría de las actividades, por lo que era más importante diseñar los espacios exteriores que los interiores, y como consecuencia, el desarrollo urbano fue particularmente rico.

¹² MOTOLINÍA, Fray Toribio de. *Memoriales*. La Casa del Editor, Méjico, 1903. Edmundo Aviña Levy, Guadalajara, 1967. P.147



Figura 3. Palacio de Bellas Artes, México. *Archivo personal.*



Figura 4. Museo Nacional de Colombia. *Archivo personal.*



Figura 5. Cerro Monserrate, Colombia. *Archivo personal.*

Al contrario del pensamiento europeo, el espacio interior era destinado para desempeñar pocas actividades, como dormir, por lo que las habitaciones eran generalmente pequeñas, cerradas y con poca iluminación. Si éstas poseían vanos, eran reducidos y solo aseguraban un mínimo de ventilación.¹³

Otro aspecto importante, es el respeto hacia el medio ambiente:

“... tras la visión indígena del espacio abierto está su conciencia del entorno geográfico y su modo de vida a cielo abierto apoyado en condiciones climáticas”¹⁴

Al observar cualquier asentamiento o conjunto urbano prehispánico se aprecia una armonía con el entorno, en donde los cuerpos piramidales dibujan sutilmente los perfiles de las montañas circundantes y los desniveles del terreno, la vegetación, y los ríos mantienen un constante diálogo con la arquitectura.

Dentro de estos principios, se crearon conjuntos arquitectónicos y urbanísticos de especial armonía con el contexto, donde aparecieron espacios abiertos públicos como la plaza, y la calzada, así como la construcción de jardines imperiales y jardines botánicos.

Esta extroversión creó una arquitectura formidable, que sorprendió sin duda a los conquistadores. Por lo que este antecedente trascendió al periodo virreinal.

“... seguramente algunas obras virreinales se inspiraron en los amplios antecedentes indígenas y en la gran experiencia lograda por ellos en diseño y construcción ...”¹⁵

13 GODOY, Iliana. *Hacia una teoría del espacio mesoamericano*. México P. 10-11

14 CHANFÓN, Carlos. *Arquitectura del siglo XVI. Temas escogidos*. UNAM, México. 1994. P.1

15 *Ibidem* P.11

Los antecedentes prehispánicos se sumaron con los valores presentes de la arquitectura española y se plasmaron en la arquitectura novohispana. Es así que por medio del surgimiento de espacios como el atrio o plaza, se integraron las tecnologías prehispánicas a la arquitectura virreinal, como el manejo de las pendientes para la conducción del agua de lluvia.

Las fuentes de los patios, por ejemplo, eran utilizadas desde los árabes como ornamento y elemento refrescante, que al llegar a México se combina con la necesidad de aprovechar el agua pluvial en zonas donde el agua es escasa. Para lograrlo se crearon depósitos o aljibes, asemejándose a algunos a los chultunes mayas.

Los beneficios del clima, permitieron el desarrollo de los espacios abiertos dentro de las ciudades virreinales cuyo manejo, está apoyado en la herencia indígena.

Otro factor que pudo influenciar en el uso del espacio abierto durante la ocupación española, es la evangelización de los indígenas. Los indígenas acostumbrados a rituales al aire libre (sincretismo), aunado a las grandes poblaciones indígenas y a la segregación racial, los evangelizadores tuvieron que predicar en el exterior, con capillas abiertas o de indios.¹⁶

Con todos estos antecedentes desde el punto de vista ecológico, el restaurador debe considerar los efectos que tiene y tendrá el objeto arquitectónico al ser restaurado en el entorno donde se encuentre, tanto el inmediato como el futuro a escala regional y nacional. Particularmente en la restauración de edificios históricos, es primordial respetar el paisaje natural y el cultural para lograr una perfecta armonía.

16 GARCÍA, Rafael. *Capillas de Indios en Nueva España*. En el Archivo Español de Arte y Arqueología. Madrid, 1935.



1.2 Bioclimatismo

La arquitectura bioclimática se define como el estudio del clima aplicado a la arquitectura para beneficio del ser humano. Es aquella arquitectura que se diseña de acuerdo al clima y las condiciones del entorno con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior. Juega exclusivamente con el diseño y disposición de los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aunque ello no implica que no se puedan integrar.

En la bioclimática es fundamental el estudio del entorno (clima) y las necesidades físicas del ser humano, así como las propiedades físicas de los materiales de construcción para establecer las estrategias óptimas para que la edificación posea confort térmico y visual.

Es vital que se que todos estos aspectos se consideren desde la etapa proyectual, para que las estrategias necesarias sean más eficientes y económicas. Por lo que el estudio de las condiciones climáticas del sitio, materiales de la región, técnicas constructivas y las funciones que desempeñarán los espacios, resolverá la arquitectura y no al revés.

Es en este contexto que la arquitectura bioclimática crea espacios “habitables” que cumplan con una finalidad funcional; que propicien el desarrollo integral del hombre y de sus actividades con un bajo impacto ambiental y con el uso mínimo de los recursos energéticos no renovables. La arquitectura bioclimática también atiende los problemas térmicos de la vivienda, hace un uso eficiente de la energía y de los recursos, tendiendo hacia la autosuficiencia de las edificaciones.

Figura 6. Patio de una casa en el centro histórico de Cartagena de Indias, Colombia. *Archivo personal.*

Esto puede lograrse a través de un diseño lógico, de sentido común; a través de conceptos arquitectónicos claros que consideren las variables climáticas y ambientales en relación al hombre.

Para mitigar los efectos climáticos del sitio y alcanzar el confort de los usuarios, la arquitectura bioclimática requiere:

- a. Manejo de los principios físicos de la transferencia de calor.
- b. Estudio de los elementos climáticos del sitio.
- c. Estrategias de climatización pasiva.

a. Principios físicos en la transferencia del calor

Calor. Es la transferencia de energía térmica desde un cuerpo o zona a otro de menor temperatura. Su concepto está ligado al Principio Cero de la Termodinámica¹⁷, en el cual dos cuerpos en contacto directo intercambian energía hasta que su temperatura se equilibre.

El calor siempre se transfiere entre los cuerpos o zonas que se encuentran a diferentes temperaturas y el flujo de calor siempre sucede desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura, ocurriendo la transferencia de calor hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico.

El calor se transfiere a través de cuatro mecanismos: la radiación, la conducción, la convección y la evaporación.

El intercambio de calor entre el cuerpo y el

medio ambiente¹⁸ toma lugar a través de estos mecanismos con el aire del ambiente y las superficies que lo rodean respectivamente. Se estima que el cuerpo humano pierde o gana calor en 2/5 a través de la convección, 2/5 partes por radiación y 1/5 parte por evaporación.

Esta relación es recíproca y puede ser cíclica, es decir; la alta temperatura de un espacio puede afectar el bienestar del ser humano, o bien, el calor expedido por los usuarios puede aumentar el calor del espacio y consecuentemente afectar el confort del usuario.

Radiación térmica. Se denomina radiación térmica a la emitida por un cuerpo debido a su temperatura. En la radiación térmica se cumplen las mismas leyes para la luz visible (la ley de la reflexión, refracción y de la propagación).

Conducción. Es un mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto por medio de ondas.

El principal parámetro de un material para determinar su capacidad de conducir calor, es la conductividad térmica.¹⁹ Esta propiedad física debe ser estudiada en todos los materiales empleados en los edificios para determinar sus efectos.

Convección. Se produce la transferencia de calor por intermedio de un fluido (aire, agua).

17 El Principio Cero de la Termodinámica puede deducirse del segundo principio de la termodinámica y establece que si un sistema A está en equilibrio térmico con un sistema B, y este sistema B está en equilibrio térmico con otro sistema C, entonces los sistemas A y C están en equilibrio térmico; en pocas palabras, la energía de dos cuerpos se intercambia hasta que su temperatura sea igual a la ambiental. Permite construir instrumentos para poder medir la temperatura de un sistema.

18 Las condiciones bajo las cuales este balance o equilibrio en el cuerpo con su medio ambiente es alcanzado, dependen del efecto de la combinación de varios factores. Algunos de estos, son características individuales de la persona como la actividad física, vestimenta, aclimatación.

19 La inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor (aislantes térmicos).

Los fluidos al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, disminuyen su densidad y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior que está a menor temperatura y mayor peso.

Dentro de la arquitectura, se trata del transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del aire. La transferencia en este mecanismo, causa una circulación de aire natural que puede aprovecharse para climatizar pasivamente los espacios y promover el movimiento del aire.

Convección forzada. Se rige bajo el mismo principio de intercambio de calor en la convección, solo que en este caso el intercambio es forzado por medio de un extractor, un ventilador u otro dispositivo mecánico, que extrae el aire caliente generando presión negativa dentro del espacio por lo es forzado a reemplazarlo por aire nuevo y fresco.

Evaporación. Proceso físico en el cambio de estado del agua, específicamente de líquido hacia un estado más o menos gaseoso. La evaporación es un fenómeno en el cual se gana energía suficiente para pasar al estado de vapor.

b. Elementos climáticos del sitio

Los factores que se deben analizar para establecer las estrategias más adecuadas, que condicionan la forma y tipología constructiva del edificio, según el clima son:

Temperatura del aire. Se define como la cantidad de calor en el aire y su unidad de medida es en grado celcius (°C) o kelvin (K). La temperatura del aire en conjunto con la radiación solar, son determinantes para producir la sensación de calor en el cuerpo humano.²⁰

²⁰ OLGAY, Victor. *Arquitectura y Clima: Manual de diseño*

Para cálculos más precisos, se deben obtener datos de la temperatura a bulbo seco y la temperatura a bulbo húmedo.

b. Radiación solar o irradiación. Es la energía solar incidente en una superficie y se mide en watts por metro cuadrado (w/m^2). La radiación solar incide en tres formas:

1) *La radiación directa* es la que se recibe directamente del sol. Las superficies horizontales reciben más este tipo de radiación que las verticales.

2) *La radiación difusa* es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Al igual que el anterior, las superficies horizontales reciben mas este tipo que las verticales.

En días soleados representa solo el 15% de la radiación global, mientras que en los días nublados, aumenta considerablemente su porcentaje superando a la radiación directa.

3) *La radiación reflejada* es aquella que se recibe por la reflexión de una superficie. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie²¹ o albedo. Las superficies verticales reciben mayor radiación reflejada, mientras que las superficies horizontales difícilmente recibirán este tipo.

La radiación solar puede ser una herramienta útil para alcanzar el confort térmico, o por el contrario, ser el factor determinante en el aumento desmedido de la temperatura interior.

Por lo tanto, es vital que se estudien todos sus impactos térmicos en los espacios para establecer la orientación del edificio, relación vano-macizo y los materiales adecuados para resolver el problema.

Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Gustavo Gili, Barcelona, 1998, p.54.

²¹ El coeficiente de reflexión se obtiene dividiendo la cantidad de luz que se refleja por la que incide sobre la superficie y dependerá de las características físicas y ópticas del material.

*“...una orientación óptima es un emplazamiento dado será aquella que proporcione la máxima radiación durante el periodo frío y la mínima durante el cálido”*²²

Siendo el sol la principal fuente energética que afecta al diseño bioclimático, es importante tener una idea de su trayectoria en las distintas estaciones del año.

*“Para conseguir las mejores condiciones de vida (calor en invierno y fresco en verano)las fachadas orientadas a sureste y a suroeste ofrecen la ventaja de un asoleo regular, pero son más frías en invierno y más calientes en verano que las que dan a sur. Las exposiciones al este y al oeste son más calientes en verano y más frías en invierno, que las que dan a sur, sureste y suroeste.”*²³

c. Humedad . Es la cantidad de agua contenida en el aire en forma de vapor. La humedad incide en la capacidad de transpiración que tiene el organismo, mecanismo por el cual se elimina el calor, así que mayor humedad, menor transpiración. Hay dos formas de medirla:

- 1) *Humedad específica.* Cantidad de vapor de agua contenido en el aire medido en gramos de vapor por kilogramo de aire húmedo (gr/kg)
- 2) *Humedad relativa.* Relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura (100%).

La humedad cambia con la temperatura por la sencilla razón de que la máxima humedad que admite el aire cambia con ella. *“puede afirmarse que la importancia del control del vapor aumenta en las zonas de clima frío.”*²⁴

22 OLGAY, Victor. *Arquitectura y Clima*, op. cit. . p. 55

23 MARBOUTIN, Félix. *“L’Actinometre et l’orientation des Rues et des Facades”* p. 60-131

24 OLGAY, Victor. *Op. Cit.* p. 114

d. Viento. Es el desplazamiento horizontal del aire que se mide en metros por segundo (m/s) o kilómetros por hora (km/hr).

*“Los movimientos favorables del aire deben utilizarse para refrescar durante las épocas calurosas y como alivio a aquellos periodos en los que los valores de humedad absoluta son muy altos. Por el contrario los movimientos de aire deberán bloquearse o evitarse durante el tiempo frío. La valoración de los movimientos del aire la proporciona un análisis bioclimático de la región, el cual divide el año en dos periodos, el frío y el cálido, y define las exigencias del confort.”*²⁵

Para la evaluación de la orientación favorable son necesarios tres tipos de datos: 1) Frecuencia de los vientos en términos de porcentaje de tiempo, 2) velocidad en m/s y 3) características generales (brisas, calidad o frescas).²⁶

c. Estrategias de climatización pasiva

Las estrategias básicas para un diseño bioclimático²⁷, de acuerdo a los requerimientos de climatización (como resultado del estudio del bioclima del lugar), consisten en tres puntos básicos:

- 1) Control térmico:
Calentamiento / Enfriamiento
- 2) Control de humedad:
Humidificación /Deshumidificación
- 3) Control solar: Protección / Captación

Una estrategia útil, es el estudio de los sistemas constructivos y de la tecnología tradicional (son sistemas pasivos), que puede complementarse con la tecnología activa.²⁸

25 *Ibíd*em p. 94

26 Método desarrollado por I.S. Wiener. Tomado del libro *Arquitectura y clima*.

27 Propuestos por el Dr. David Morillón, Investigador UNAM.

28 DOMÍNGUEZ, L.; SORIA, F. *Op. Cit.* p. 125.

Bioclimatismo en edificios históricos

Muchas de las estrategias bioclimáticas se han utilizado por siglos, sólo que el término es relativamente nuevo, cuando a mediados de los años sesenta, Víctor Olgyay propone el término de “diseño bioclimático” en su libro *“Arquitectura y Clima: Manual de diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”*²⁹

Gran parte de la arquitectura vernácula (y virreinal) se somete a los principios bioclimáticos mencionados anteriormente, debido a que en aquel tiempo, las posibilidades de climatización con sistemas activos eran nulos. Es así que la orientación y distribución de espacios, la disposición de los vanos en determinadas orientaciones, el uso de ciertos materiales (la madera, la piedra, el adobe, etc.) el recubrimiento de los muros, entre otros, cumplen una función específica y no son producto de la casualidad.

El diseño bioclimático en los edificios históricos, determinó su composición y distribución arquitectónica. Para hacerlo, no existía una base científica, tal y como la conocemos ahora, más bien recurrían a prácticas empíricas, con base en la experiencia resultado del ensayo y error. La tradición fue un elemento fundamental para transmitir los conocimientos de generación en generación, que con el paso del tiempo fueron reinterpretados para ajustarse a los nuevos sistemas constructivos.

“Respecto a la arquitectura novohispana en general, se puede concluir que es una etapa dentro de la historia de la arquitectura muy rica en todos los aspectos, entre ellos los bioclimáticos;

29 OLGAY, Víctor. Arquitecto y urbanista pionero del bioclimatismo. Recorrió el mundo y formó a la mayoría de los arquitectos bioclimáticos, que ahora se encuentran en la corriente llamada *Arquitectura sustentable*. Este libro editado en 1963 por Princeton University Press es el resultado de una recopilación de 8 años de trabajo de investigación.



Figura 7. Edificaciones históricas en clima cálido húmedo (a. Veracruz, b. Cartagena de Indias). *Archivo personal.*

esta riqueza es el resultado de la combinación de varios factores () ..que permitieron que los arquitectos novohispanos llevaran a cabo su labor muy conscientes de que la arquitectura está inmersa en un medio ambiente natural al que no se puede ignorar, sino con el que hay que lograr un diálogo armónico, ya sea para aprovecharlo, para manipularlo o protegerse de él.”³⁰

La riqueza de la arquitectura novohispana, desde el aspecto bioclimático, radica en la abstracción de los conocimientos y la tecnología desarrollada en tanto en la cultura indígena como en la europea (incluyendo las culturas romana e islámica) y su reinterpretación a la arquitectura virreinal para adaptarse a las nuevas necesidades y al clima, dando como origen estrategias irrepetibles en otros sitios.

Las adecuaciones de los edificios, de acuerdo al clima, se obtuvieron en la tesis de Ana E. Barrera García titulada: “Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología”³¹ (ver anexo1) y se compararon con las recomendaciones de Victor Olgay y Baruch Givoni³² para demostrar la adaptación de los monumentos históricos al clima. Como producto de ésta comparativa, se crearon tres tablas de acuerdo a los tipos de climas dominantes en el país: Cálido- húmedo, cálido-seco y templado.

30 BARRERA GARCÍA, Ana Elena. *Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología*. UNAM, México 2002 p. 111

31 La autora escogió como muestra los conventos no por tener características constructivas diferentes a las demás tipologías arquitectónicas de la época, sino por representar el mayor número de edificios históricos que se encuentran en buen estado de conservación y con pocas alteraciones a su tipología constructiva.

32 Arquitecto israelí especialista en arquitectura bioclimática. En su libro “*Man, Climate and Architecture*” (Hombre, clima y arquitectura) usando el diagrama psicrométrico propone zonas para alcanzar el confort con estrategias de diseño pasivo.

Estrategias	Cálido húmedo		
	Edificios históricos	Olgay	Givoni
Calefacción por ganancias inter	na	na	na
Calefacción solar pasiva	na	40 hs/año	na
Calefacción activa	na	na	na
Humidificación mecánica	na	na	na
Protección solar	si	si	na
Alta inercia térmica	na	na	na
Enfriamiento evaporativo	na	na	na
Inercia térmica y ventilación	si	na	si
Ventilación natural	si	85 %	si
Aire acondicionado	na	6650 hrs/año	algunos casos
Deshumidificación mecánica	na	na	si

Tabla 1. Adaptación a un clima cálido húmedo.

a. Cálido húmedo

Para efectos de esta comparativa, se estimó una temperatura media anual de 25º con una amplitud de 3º a 10º C y precipitaciones de 1000 mm/a con estación seca en invierno.

En este clima se recomienda evitar la radiación solar directa y la ventilación constante. En los edificios históricos la disposición de espacios, altura y la relación de superficie de desplante favorece la estratificación del aire y la libre circulación del viento a través de los espacios. Asimismo, cuentan con dispositivos para protección solar como materiales aislantes, marquesinas, corredores porticados para evitar ganancia de calor.

Estrategias	Cálido seco		
	Edificios históricos	Olygay	Givoni
Calefacción por ganancias inter	na	na	na
Calefacción solar pasiva	na	na	na
Calefacción activa	na	na	na
Humidificación mecánica	na	algunos casos	algunos casos
Protección solar	si	si	si
Alta inercia térmica	si	si	si
Enfriamiento evaporativo	si	si	si
Inercia térmica y ventilación	na	na	na
Ventilación natural	si	si	si
Aire acondicionado	na	algunos casos	algunos casos
Deshumidificación mecánica	na	na	na

Tabla 2. Adaptación a un clima cálido seco.

b. Cálido seco

Se estimaron temperaturas medias con gran amplitud térmica diaria y precipitaciones inferiores a 200 mm/anuales en verano.

En este clima, se requiere protección de la radiación solar directa, ventilación natural (con protección al polvo), materiales con alta inercia térmica (que guarden retarden el calor hasta la noche cuando la temperatura ambiental desciende), enfriamiento evaporativo. La mayoría de estas recomendaciones están presentes en los edificios históricos como fuentes en patios, vegetación, protección solar, vanos reducidos en muros con alta insolación, alta inercia térmica y colores claros.

Estrategias	Templado		
	Edificios históricos	Olygay	Givoni
Calefacción por ganancias inter	si	invierno	si
Calefacción solar pasiva	si	invierno	si
Calefacción activa	na	508 hrs/año	na
Humidificación mecánica	na	na	algunos casos
Protección solar	toldos y oscuros	verano	na
Alta inercia térmica	si	si	si
Enfriamiento evaporativo	si	verano	si
Inercia térmica y ventilación	na	na	na
Ventilación natural	si	si	si
Aire acondicionado	na	na	na
Deshumidificación mecánica	na	na	na

Tabla 3. Adaptación a un clima templado.

c. Templado

Para este clima, se estimaron temperaturas medias diversas desde 25° a 5° y precipitaciones de 300 a 800 mm/a máximos equinociales y mínimo estival. Por lo tanto, se requieren estrategias para guardar el calor en invierno y refrescar en verano.

En los edificios históricos encontramos, al igual que en los climas anteriores, modificaciones que mejoran la temperatura interior. Entre los cuales tenemos: mayor numero de vanos y de mayor dimensión, materiales con inercia térmica, patios con poca vegetación o caducifolia, colores en tonos medios a oscuros en fachadas, toldos, techos planos.

© Lucy Nieto.



<http://2.bp.blogspot.com/>



Archivo personal.



Figura 8. Edificaciones históricas en clima cálido seco.

Al comparar las tres tablas anteriores, se comprueba que en los edificios históricos la tipología constructiva está determinada por los efectos del clima.

Analizando a los edificios históricos desde el punto de vista bioclimático, se puede observar la adecuación al sitio y su armonía con el ambiente.

“se encontró que muchas de las características arquitectónicas están determinadas, al menos parcialmente, por factores del medio ambiente natural: la organización del conjunto que permite dar ciertas orientaciones a las fachadas, la forma de la envolvente del edificio que regula el paso del ambiente exterior al interior, los materiales utilizados con cualidades que se aprovechan para lograr confort, la soluciones de ventilación e iluminación resuellas gracias a un conocimiento de la naturaleza del aire y de la luz del sol, y el manejo del agua principalmente, características que por su similitud con el bioclimatismo actual pueden ya ser llamadas aspectos bioclimáticos.”³³

Estas características bioclimáticas son el resultado de un amplio acervo de conocimientos y experiencia heredadas. Para mayor detalle, en la sección: *elementos de la arquitectura virreinal* del capítulo siguiente, se analizan las adecuaciones de los elementos arquitectónicos más representativos de este tipo de arquitectura con base al bioclima.

³³ BARRERA GARCÍA, Ana Elena. Op. Cit. p. 111



1.3 Tecnología

El término tecnología proviene de las palabras griegas, *téchnē* (τέχνη, “arte, técnica u oficio”) y *logía* (λογία, estudio). La tecnología se describe como **“la manera de hacer las cosas... y es uno de los hechos culturales más básicos de nuestra especie.”**³⁴

La tecnología implica el conjunto de conocimientos, técnicas y procedimientos para producir bienes o servicios. Recurre a la ciencia (conocimientos estructurados), la técnica (intuición, conocimientos prácticos) y a la estructura social (economía, sociedad y cultura) para responder a las necesidades del ser humano y mejorar su calidad de vida. La palabra tecnología suele asimilarse a objetos tangibles como máquinas, herramientas e instrumentos; pero también se refiere la forma de hacer algo como sistemas, metodologías y técnicas.

Cuando se estudian las herramientas tecnológicas, además de los beneficios que trae consigo, se deben considerar las implicaciones socio ambientales que tendrán en su aplicación.

Es un hecho que la tecnología fue, y es, una herramienta importante para el desarrollo de la humanidad principalmente a partir de la revolución industrial. En cierto momento, el impacto de la tecnología sobre el medio ambiente fue mínimo, pero con el aumento exponencial de la población y consigo el de la tecnología, las consecuencias fueron de tal magnitud, que la tecnología ahora se ha convertido en uno de los factores determinantes del deterioro de los ecosistemas.

³⁴ BUCH, Tomás. *El Tecnoscopio*. Aique Editorial. Buenos Aires, 1996. p. 19.

Figura 9. Interior de la cúpula de Bellas Artes.
Archivo personal.

Ahora como fuerza casi autónoma, la tecnología se ha enfocado a disminuir y/o revertir los daños ocasionados, por lo que las innovaciones tecnológicas están encaminadas a la reducción en la explotación de los recursos no renovables ofreciendo los mismos bienes y servicios para el ser humano.

Así aparece el término de tecnologías sustentable, que es aquella que usa menos energía, menos recursos no renovables, no agota los recursos naturales, procura no contaminar directa o indirectamente el ambiente y en su mayoría puede ser reutilizada o reciclada al final de su vida útil. Algunos ejemplos son: calefacción solar, energía solar, energía eólica, energía geotérmica, vidrios dobles, uso de materiales naturales y reciclables, aislantes térmicos, láminas de control, entre otros.

Antes de determinar la tecnología sustentable para un sitio u objetivo, es necesario realizar un estudio completo de las necesidades básicas y de los recursos renovables disponibles en la región. En este rubro, una aplicación tecnológica puede ser exitosa en un lugar, bajo condiciones ambientales y sociales particulares, y ser un fracaso en otro lugar con características diferentes. De ahí que la tecnología deba ser específica para cada caso.

“La tecnología debe estar inmersa en el contexto de una gran solución de mirada amplia al problema y no ser la exclusiva al tema central al cual se avoca. Debe generar un ahorro de energía, una mejora ambiental o la disminución de impactos, peor a la vez ayudar al cambio y equidad social, a la transformación económica y al desarrollo local”³⁵

Para minimizar el impacto ambiental, la tecnología adopta diferentes estrategias que

se pueden clasificar en dos grupos: tecnología activa y tecnología pasiva.

Tecnología activa

Son los dispositivos que requieren ayuda de sistemas mecánicos o energía eléctrica para funcionar. A pesar de consumir energía eléctrica, estos dispositivos buscan consumir la menor cantidad posible, por lo que se enfocan en hacer los mismos procesos pero de forma más eficiente y por supuesto, cuidando el impacto sobre el ambiente.

La reducción del consumo energético, implica la utilización de equipos mecánicos eficientes manejados a través de sistemas de control automatizados.

La automatización de los servicios y equipos es un aspecto importante que permite mejorar el rendimiento de los mismos ajustándose a las demandas necesarias, con lo que se consigue ahorro de energía. Como ejemplo esta la colocación de sensores luminicos para accionar la iluminación artificial, o termostatos para indicar a los equipos de aire acondicionado cuando arrancar y parar.

En cuanto a los equipos utilizados comúnmente en las edificaciones, (como bombas, balastos, manejadoras de aire, ventiladores, elevadores, etc.) éstos han tenido una evolución notable en las últimas décadas esforzándose por reducir las dimensiones y el consumo eléctrico.

Tecnología pasiva

Es el conjunto de técnicas y conocimientos aplicados a un bien o servicio, que no requieren la ayuda de sistemas mecánicos o energía eléctrica, por lo que funcionan aprovechando los fenómenos físicos y las propiedades de los materiales.

³⁵ PESCI, Pedro. *¿La tecnología es sustentable?* Revista Ambiente digital. Número 100. Argentina, 2007. P. 2

Es así que las estrategias bioclimáticas (adaptación de las edificaciones al bioclima) se consideran como una tecnología pasiva al involucrar una serie de conocimientos, técnicas, dispositivos y sistemas constructivos para alcanzar las condiciones de confort dentro de un espacio.

Otros dispositivos son los aislantes térmicos, láminas de control solar, calentadores solares, azoteas verdes y todos aquellos que no requieran el uso de sistemas mecánicos para funcionar adecuadamente.

Son muchas las herramientas tecnológicas disponibles que, gracias a los avances de la ciencia, la tecnología sustentable está cada vez más al alcance de todos haciendo su uso más común.

Tecnología en edificios históricos

Al hablar sobre la tecnología aplicada a la arquitectura, se hace referencia a los sistemas constructivos, dispositivos, herramientas utilizadas para construir espacios para el hombre.

Por lo tanto, para analizar la tecnología empleada en la construcción de los edificios históricos es necesario tomar ciertos puntos, como: sistemas constructivos, materiales, y estrategias utilizadas para resolver problemas.

Referente a los sistemas constructivos, es claro que responden a las herramientas, al conocimiento sobre el comportamiento de las estructuras y a la disponibilidad de los materiales. Analizando los sistemas constructivos en varios siglos, hay una evolución marcada hacia sistemas más complejos que parten de los conocimientos adquiridos.

Ejemplificando este punto, en el caso de las bóvedas al inicio era necesario construir muros de tal espesor que les permitieran resistir los esfuerzos horizontales o coceo de la bóveda hasta la aparición del arco botarel, que trasmite el esfuerzo horizontal de la bóveda hacia el contrafuerte del muro paralelo al arranque de la bóveda. De esta forma los esfuerzos se reparten en dos ejes paralelos de contrafuertes, que se traduce en muros de menor espesor.

Los sistemas constructivos, la distribución de espacios y la aplicación de materiales en estos edificios, son tecnologías (bioclimáticas) que ayudan a mitigar los factores ambientales adversos del sitio y que, en las páginas anteriores, se mostró la estrecha relación entre las tipologías arquitectónicas de los edificios de acuerdo a los tres climas predominantes en el país: cálido húmedo, cálido seco y templado.

Asimismo, el agua indujo a la creación de dispositivos para conducirla y almacenarla en las diferentes condiciones topográficas y climáticas.

Es evidente la existencia de la tecnología en estos edificios, solo que erróneamente se asocia a la tecnología con las innovaciones más recientes y avanzadas (tecnología de punta). El valor patrimonial de los edificios históricos incluye las tecnologías constructivas y bioclimáticas inmersas en ellos.



1.4. Confort y salud

El desarrollo de un ser humano en un espacio es una habilidad que requiere del procesamiento y de la interpretación de la información sensorial, del razonamiento y de la toma de decisiones. El humano percibe el entorno principalmente a través de cuatro sentidos que son: vista, tacto, olfato y oído; los cuales deben ser considerados dentro del proyecto arquitectónico aclarando que el grado de intervención de cada sentido varía de acuerdo al entorno.

El objetivo de la arquitectura, es **la creación de espacios confortables para vivir que encierren los elementos físicos y psíquicos generando un bienestar ambiental**, “...la calidad arquitectónica comprende también la adecuación a su uso, la estabilidad, la durabilidad y el deleite.”³⁶

El confort es un término que se refiere al bienestar y comodidad del usuario. El confort de un espacio dependerá del grado de adaptación de cada usuario y su permanencia, por lo que el confort queda sujeto a la subjetividad. Son varios los aspectos que se conjugan para dar la sensación de bienestar, que a grandes rasgos son el confort lumínico³⁷, térmico³⁸, acústico y físico (evitar barreras físicas que impidan el libre desarrollo del ser humano en el espacio).

Por lo anterior es difícil crear un diseño que se adapte al 100% de la población pero al diseñar cada espacio se deben tomar las características heterogéneas en un rango más amplio de la población y ofrecer la adaptabilidad de los espacios para afrontar las futuras necesidades

³⁶ Europa y la arquitectura mañana. *Libro blanco: propuestas para el entorno edificado de Europa*, Consejo de Arquitectos de Europa, PP.26-27.

³⁷ El confort lumínico depende de la cantidad, calidad y calidad de la iluminación.

³⁸ El confort térmico es el punto en el que el hombre gasta la mínima energía para adaptarse a su entorno. *OLGYAY, Victor*.

Figura 10. Campanario de la Catedral Metropolitana. *Archivo personal*.

del usuario. Es obligación de la arquitectura ofrecer las mismas oportunidades de desarrollo a todas las personas, no importando sus limitaciones físicas y cognitivas, y claro, con dignidad, respeto y equidad.

Otro punto importante es la salud de los ocupantes. Los edificios en las últimas décadas son responsables de las enfermedades de algunas personas, que se debe principalmente a un mal manejo de la ventilación, la falta de luz natural, la retención de partículas de polvo, la humedad, la presencia de microorganismos y los acabados con materiales tóxicos. Por lo tanto, para tener un aire limpio dentro del edificio hay que mantener los caudales mínimos de ventilación (natural, preferentemente) y retirar las fuentes de contaminación.

Al diseñar espacios, se debe analizar todas las implicaciones de los mismos sobre los usuarios, procurando mantener condiciones favorables. En un proyecto, si no se toma en cuenta al usuario y no se logra su confort y salud, entonces no se cumple con una arquitectura sustentable. Es vital que el ser humano se sienta cómodo con su hábitat, pues de nada servirá tener una edificación con alta tecnología si esta le produce problemas de salud, fatiga, incomodidad e irritabilidad.

Confort en edificios históricos

Durante la etapa proyectual y de construcción de los edificios históricos, se procura que dentro de los espacios se ofreciera confort y salud al ser humano (ver página 37). En forma general, son espacios que poseen el tamaño y la escala apropiados para su uso, bien ventilados, frescos o cálidos según la época del año, luminosos y silenciosos cuando era requerido por su función. Por citar algunos ejemplos, si se trataba de una biblioteca contaba con suficiente iluminación o si era un dormitorio, era un sitio tranquilo y seguro.

Sobre las escaleras y cambios de nivel, ahora representan una barrera física para algunas personas, pero hay que tomar en cuenta que la población con discapacidad en esa época era mínima. Esto no debe utilizarse como argumento para no adaptar estos inmuebles a las nuevas necesidades.

La sociedad exige las cualidades que debe contener una buena arquitectura, y estos requerimientos evolucionan constantemente, por lo que nuestra forma de diseñar debe hacerlo también para ajustarse a estas exigencias. Es por ello que como arquitectos y/o restauradores, tenemos el deber moral de adecuar los edificios acorde a las demandas de la sociedad, garantizando la integración de todas las personas y cuidando ante todo, el valor patrimonial del inmueble. Con esto aseguraremos la permanencia de los monumentos por más años, pues estos seguirán siendo útiles y confortables para el hombre.

Conclusión

Lo que hasta aquí se ha expuesto, es una ineludible evidencia del respeto de los edificios históricos hacia el ambiente y de la integración de algunas premisas sustentables.

En general, son edificios que consumían poca energía y generaban bajos impactos ambientales sin sacrificar el confort del usuario, hasta que en algunas intervenciones (recientes) se eliminaron elementos que modificaron su comportamiento bioclimático.

Por esta razón, en el siguiente capítulo se muestran los aspectos considerados por los alarifes novohispanos y como infirieron en cada elemento arquitectónico.

sees
g
un
d
o

2. La arquitectura novohispana y su respuesta al ambiente

“ ... la arquitectura, toda arquitectura nace de otras arquitecturas, de una convergencia no fortuita entre series precedentes que se combinan a través de la imaginación en un proceso que implica la soledad del pensamiento y la oralidad de la memoria colectiva.” Esta conjunción de arquitecturas es consecuencia de “amores entretejidos” entre edificios lejanos en el espacio y en el tiempo y en la cual el arquitecto es un cómplice indiscreto, un catalizador indispensable, pero no un creador en el sentido estricto de la palabra. Entiéndase además, que el término arquitectura recoge también las proyectadas y no realizadas, las incompletas, las que provienen de varios autores, etc. La arquitectura siempre es el resultado “de poner juntas, convenciéndolas para que se amen, cosas lejanísimas y a veces fuertemente contradictorias.”

Paolo Portoghesi

Los conquistadores que llegaron a la Nueva España requirieron implantar rápidamente su hegemonía, por lo que las primeras edificaciones trasladaron íntegramente las tipologías arquitectónicas europeas. Así vemos iglesias y conventos con estilos dominantes en Europa como los conventos de Acolman o de Huejotzingo.

Por supuesto, se sabía que las condiciones del sitio eran diferentes respecto a España, tanto en cuestiones culturales como climáticas pero era necesario iniciar la ocupación del espacio. Algunas investigaciones señalan que estas primeras edificaciones fueron de carácter temporal y otras fueron construidas por etapas, lo cual seguramente les permitió realizar adaptaciones con la experiencia adquirida.

Con el transcurso de los años, los dogmas europeos adquirieron tintes nacionalistas como sucedió con el estilo barroco¹; e inclusive se redactaron documentos en torno a ello, tal y como hizo Fray Andrés Segura en el siglo XVII.²

La arquitectura religiosa y civil de La Nueva España siguió los cambios favorecidos por la prosperidad creciente del virreinato. Los conventos y mayorazgos criollos tuvieron residencias cada vez más ostentosas, las fortalezas se convirtieron en grandes palacios, los que lucían desde la fachada los escudos y armas de sus propietarios para revelar su riqueza e importancia. Por lo que el desarrollo de la arquitectura virreinal fue excepcional.

La audacia de los alarifes novohispanos radica en la aplicación del conocimiento europeo sobre la arquitectura con sus sistemas

1 El barroco encuentra su propio estilo, gracias a la fusión del barroco europeo con el sustrato indígena y la tradición mudéjar. La arquitectura barroca surgió y triunfó en el territorio mexicano gracias a la consolidación de la cultura criolla y al nacimiento de un sentido de arraigo y nación.

2 BAEZ, Eduardo. *Obras de Fray Andrés de San Miguel*, UNAM, México, 1969.

constructivos complementándose con las soluciones indígenas como herramientas fundamentales para adecuarse a las nuevas condiciones climáticas. Esto significó que al enfrentarse a la tarea de solucionar nuevos espacios, intervinieran su sentido común y sus conocimientos al respecto, para no trasladar idénticos los diseños de cada cultura, sino adaptarlos a las nuevas condiciones, dando como resultado una arquitectura para la Nueva España.

En este capítulo se demostrará la relación estrecha que tiene la arquitectura colonial con el medio ambiente, cuya interacción se ve reflejada en una morfología que se transforma con cada clima.

Esta metamorfosis, es el resultado de siglos de conocimientos provenientes de las culturas desarrolladas en Europa y asimismo, por aquellas del continente americano como son los mayas y los mexicas principalmente.

Para comprender las adaptaciones de estos edificios a los bioclimas de México, es difícil lograrlo separando las tipologías arquitectónicas de cada cultura, por lo que solo se hablarán de aquellos aspectos que muestran inequívocamente las consideraciones tomadas por los arquitectos novohispanos y como están reflejados en cada elemento arquitectónico.

2.1. Tratados de Arquitectura

Los intentos que se han hecho a lo largo de la historia de la arquitectura por adaptarse armónicamente al ambiente se han utilizado por siglos en la arquitectura tradicional o vernácula.

Estos conocimientos eran transmitidos de generación en generación como resultado de

profundas observaciones del entorno y de la aplicación del sentido común; hasta que en la Roma Clásica, Vitruvio³ creó el tratado de arquitectura denominado “*Los Diez Libros de Arquitectura*” con el objetivo de servir como guía para los arquitectos y los constructores. Siglos más tarde (en el renacimiento principalmente); se crearon diferentes tratados de arquitectura, algunos de ellos tomaron como base los Tratados de Vitruvio y los complementaron con los conocimientos de la arquitectura adquiridos hasta ese momento. Estos tratados teóricos son una influencia determinante en la arquitectura europea y por lo consiguiente en la novohispana.

A lo largo de los siglos XVI y XVII, existe información que muestra la gran difusión y utilización de las fuentes teóricas de origen europeo por los arquitectos en la Nueva España.⁴

Varios documentos fueron importados desde Europa a finales del siglo XVI incluyendo algunos tratados de arquitectura como consta en las actas de traslado del archivo general de Indias de Sevilla.⁵ Desafortunadamente en las listas de exportación entre 1521 y 1582 no hay detalle de los libros exportados hacia América, aunque es probable que en 1583 el fraile Alfonso de la Vera Cruz trajera consigo los textos de Alberti, Vitruvio y Serlio.⁶ Hasta el año de 1584 hay constancia de que los libros

de Vitruvio, Alberti y Serlio fueron exportados a la Nueva España⁷ y en el siglo siguiente las obras de Gil de Hontañón, Sagredo, Palladio e incluso Viñola. Estos tratados formaban parte de las bibliotecas personales de importantes arquitectos novohispanos como Pedro de Arrieta, Lorenzo Rodríguez y Juan Gómez de Trasmonte (por citar algunos) y parecen un corpus teórico suficiente para influir en gran manera en la arquitectura novohispana.⁸

Para los fines que persigue esta investigación, se hace énfasis en los “*Los Diez Libros de Arquitectura*” de Vitruvio y “*De Re Aedificatoria*” de Alberti (escrito en Italia alrededor de 1450 traducido al castellano en 1582), al ser los más relevantes en materia de arquitectura y medio ambiente. En ellos, además de recopilar los conocimientos acerca de la Arquitectura, se establecen una serie de recomendaciones y principios básicos para diseñar y construir edificios que son importantes analizar desde el punto de vista bioclimático.

“Ambos están divididos en capítulos a los que llaman libros y de forma muy general, se puede decir que en los primeros establecen lo que es la Arquitectura, y cuáles son las responsabilidades y obligaciones de quien se dedique a esta disciplina, dentro de lo que invariablemente mencionan el conocimiento del medio físico como factor básico... los siguientes capítulos están organizados en el caso de Vitruvio en: el conocimiento de los materiales, la composición geométrica, los órdenes, el tipo de cada edificio según su uso, los acabados, y el agua; mientras que Alberti habla primero de el trazado,

3 Marco Vitruvio Polión (en latín *Marcus Vitruvius Pollio*) fue un arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del siglo I A.C.

4 CUESTA HERNANDEZ, Luis. *La teoría de la arquitectura en la Nueva España. La arquitectura mecánica conforme a la práctica de esta Ciudad de México en su contexto*. Revista Destiempos Marzo-Abril, Año 3, Número 14. México. 2008.

5 KROPFINGER-VON KÜGELGEN, Helga. *Exportación de libros europeos de Sevilla a la Nueva España en el año de 1586*, en El proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. Investigaciones regionales interdisciplinarias mexicano-alemanas en la cuenca de Puebla-Tlaxcala, Wiesbaden, 1973, p. 61

6 Mc Andrew, John. *The Open-Air Churches of Sixteenth-Century México. Atrios, Posas, Open Chapels, and other studies*. Harvard University Press. Cambridge, Mass., 1969. p.107.

7 FERNÁNDEZ DEL CASTILLO, Francisco. *Libros y libreros en el siglo XVI*, Publicaciones del Archivo General de la Nación IV. México, 1914. pp. 263-281.

8 DREWES MARQUARDT, Michael. *Los tratadistas europeos y su repercusión en Nueva España*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia del Arte, UNAM. México, 1977.

y se sigue con los materiales, la obra de construcción, el tipo de edificio, su ornamentación y su mantenimiento. Ambos autores, a todo lo largo del texto se refieren al medio natural y al bienestar del ser humano (Principios del Bioclimatismo), haciendo hincapié en lo importante que es conocer todas las disciplinas que los estudian; desde la Astronomía (movimientos del sol, de los planetas, sus estaciones, etc.) o lo que Vitruvio llama las variedades del cielo (nubes, aire, sol, etc.).”⁹

Muchas de las consideraciones plasmadas en estos tratados, en la actualidad son principios básicos para lograr una arquitectura sustentable, como es la elección del sitio, emplazamiento, distribución de los espacios de acuerdo al clima, selección de materiales, etc.

En los párrafos siguientes, se comparan los principios actuales para una arquitectura sustentable con algunas consideraciones de los tratados de Vitruvio y Alberti con lo que se comprueba que los edificios históricos consideraron al entorno natural y se podría afirmar que eran una arquitectura sustentable en su época de construcción.

2.1.1. Elección del sitio

Es un paso muy importante para respetar al ambiente y conseguir beneficios dentro del edificio con pocas alteraciones al entorno.

“Es muy importante subrayar que escogerle análisis para la elección de un solar de una manera sostenible no puede realizarse de forma aislada, sino que ha de tenerse en cuenta el contexto, su situación en un entorno más amplio y su contribución al mismo.”¹⁰

9 BARRERA GARCÍA, Ana Elena. *op. cit.* P. 24

10 *Un Vitruvio Ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible.* Trad. al castellano Sandra Sanmiguel.

Un análisis detallado del terreno puede permitir que se saque partido de su potencial en cuanto a vistas, luz de sol, drenaje natural, vegetación, vientos dominantes, etc, al tiempo que se evitan o se reducen los daños al propio edificio y a las zonas circundantes.

Para Vitruvio, es importante reflexionar en las diferencias que debe tener la arquitectura de acuerdo al sitio para adaptarse al clima.

“... estarán bien situados estos edificios si se atiende ante todo en qué regiones se construyen y a qué distancia del polo; pues de una manera deben ser en Egipto, de otra en España y diferentes de Roma ... y generalmente en cada país y provincia conviene adaptar los edificios a las propiedades de su clima, puesto que la tierra está por una parte bajo el mismo curso del sol, por otra parte muy distante y la del medio goza templadamente ...”¹¹

Alberti, siglos más tarde, no sólo reafirma esa premisa, sino hace énfasis en buscar el confort del ser humano:

“Constatamos que el clima es distinto en función del emplazamiento y conformación de los lugares... volviendo al tema de la elección del entorno, convendrá que tenga tal conformación que, desde todos los puntos de vista, les resulte agradable a sus habitantes en consonancia con la naturaleza y con el resto de las personas con que han de vivir.”¹²

Alberti relaciona los cambios de clima en una región con el movimiento del sol y del viento

Gustavo Gili, Barcelona, 2007. p.66.

11 VITRUVIO, Polión. Cap, *Los diez libros de la Arquitectura* Traducción y comentarios de José Ortiz y Saenz. Ediciones Akal. España, 1992. P.96

12 ALBERTI, Leon Batista. *De Re Aedificatoria.* Libro I, Cap. IV. Trad. al castellano Javier Fresnillo N.Akal, Madrid, 1991 p.64-67.



Figura 1. Materiales de construcción comunes en edificios históricos: Piedra, madera y arena.

durante el día y el año; (principio de la arquitectura bioclimática), además señala que esto debe considerarse para la *“subdivisión o distribución correcta de espacios dentro de un edificio... serán emplazados en el interior, en los lugares adecuados, de forma que lo contenido en ellos se conserve en buenas condiciones ... que estén bien situados respecto al sol y a los vientos de acuerdo con los fines a que están destinados ...”*¹³

2.1.2. Materiales

La selección de materiales es muy importante para reducir el impacto ambiental.

*“En primer lugar hay impactos que se deben a la fabricación, el procesado, el transporte, la construcción, el mantenimiento, la demolición y el reciclaje o la eliminación de los propios materiales. En segundo lugar, la elección de los materiales influyen sobre el rendimiento medioambiental del edificio en su conjunto..”*¹⁴

Un factor importante es la reducción del transporte de los materiales a la obra, siempre y cuando los materiales locales sean producidos de forma eficiente. Vitruvio señala la importancia de seleccionar el material del sitio para reducir los costos de construcción .

13 ALBERTI, Leon Batista. *De Re Aedificatoria*. ..op. cit. p. 198.

14 *Un Vitruvio Ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible..op. cit...* p.125.

*“La distribución consiste en la administración apropiada de materiales y de terrenos, unida a unos costes ajustados y razonables de las obras. Obtendremos esta distribución si el arquitecto no va persiguiendo lo que no puede encontrar o preparar sin grandes dispendios. Veamos un ejemplo, no en todos los lugares se encuentra abundancia de arena de cantera, piedra para edificar, abetos, madera limpia y sin nudos, mármol, sino que cada uno de estos materiales se dan en lugares muy concretos y diferentes por lo que su transporte resulta complicado y muy costoso. Por tanto, donde no haya arena de cantera, utilizaremos arena fluvial o arena marina bien limpia.”*¹⁵

Como beneficio adicional al económico, utilizar materiales de la región asegura la permanencia de las edificaciones por mas tiempo ante las condiciones climáticas del sitio, por ejemplo; en un clima cálido húmedo no es lo mismo usar madera tropical que madera de otra región climática, la cual no está adaptada para resistir la humedad y el calor. **(1)**

2.1.3. Iluminación natural

El manejo de la iluminación natural es fundamental para la arquitectura sustentable.

“un buen uso de la iluminación natural

15 VITRUVIO. *Cap. II De qué elementos consta la arquitectura, Los diez libros de la Arquitectura.. op. cit.* p.72

*en el interior de los edificios reduce o elimina el uso de luz artificial durante el día, lo que supone un ahorro considerable de energía y, en consecuencia un menor daño ambiental; si está bien pensada, la iluminación natural puede crear condiciones de vida más agradables y saludables.”*¹⁶

El tema de la iluminación natural en la arquitectura en sus aspectos técnicos es prácticamente de reciente aparición, pero desde hace muchos siglos se estudiaba y manejaba de tal forma que lograban el tipo de iluminación necesario de acuerdo al uso de los espacios. Vitruvio incluyó este aspecto dentro de su tratado:

*“Asimismo dará ornamento natural si hacemos que las habitaciones y bibliotecas reciban la luz desde occidente; que las pinacotecas y las estancias, que precisan de una cierta luminosidad, reciban la luz desde el norte, ya que esta parte ni se oscurece ni adquiere más luminosidad en relación a la posición del sol, sino que mantiene una misma e inmutable claridad a lo largo del día.”*¹⁷

Al igual que Vitruvio, Alberti dedica varios párrafos con recomendaciones para el buen uso de la iluminación natural:

“Aquellas zonas a las que, por su función es conveniente que llegue la luz hasta la caída del sol, como son el recibidor, el paseo y sobre todo la biblioteca, deben estar orientadas al lugar por donde nace el sol en el equinoccio. Los objetos que corren peligro de verse afectado por la carcoma, decolorarse, enmohecerse u oxidarse, las ropas, los libros, las armas, las

*semillas y toda clase de alimentos, se los tendrá a buen recaudo en dependencias orientadas al sur y al oeste. Si se precisa una iluminación constante para un pintor, un escritor un escultor, etc., procura la orientación norte. Por último, dispón las dependencias de forma que reciban, las de verano, el coreas; las de invierno, hacia el mediodía; las de primavera y otoño, hacia el este; a los baños y comedores de primavera, en cambio, procúrales una orientación hacia el oeste.”*¹⁸

*“Y todos los huecos que se hayan practicado con el fin de obtener luz, de ningún modo hay que construirlos a baja altura. Porque la luz se percibe con el rostro, no con los pies; y sucede además que la luz puede ser interceptada...y el resto del lugar quedar en adelante un tanto oscuro.”*¹⁹

Es así que la distribución y orientación de los espacios dependía directamente de la función que desempeñaran, horas de uso, tipos de usuario, privacidad y ventilación para cumplir con uno de los objetivos de la arquitectura, ofrecer comodidad al usuario. Asimismo, estas consideraciones ofrecen una adecuada iluminación natural reduciendo el uso de medios alternos como la vela y en la actualidad, de la iluminación artificial.

2.1.4. Ventilación natural

Si se diseña adecuadamente las ventanas y orientaciones se podrá reducir al mínimo los requerimientos de sistemas mecánicos como el aire acondicionado. Por lo que en los edificios bien proyectados “...los huecos de ventilación deberían situarse de forma que no se produzcan corrientes frías. Varios huecos de

¹⁶ Un Vitruvio Ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible... op. cit. p.13.

¹⁷ VITRUVIO. Cap. II De qué elementos consta la arquitectura, Los diez libros de la Arquitectura.. op. cit. p.72

¹⁸ ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ...op. cit. L. V, Cap. XVIII p.240

¹⁹ ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ...op. cit. p.88

ventilación incorporados y bien distribuidos en las ventanas son mas eficaces que una única ventana abierta” ²⁰

En el caso de los edificios históricos, al no tener recursos tecnológicos, manejaban la ventilación natural con gran destreza y reconocían su importancia para la salud.

“Todas las partes de una casa tendrán ventanas por donde pueda salir el aire interior y renovarse periódicamente; en efecto, de otra manera se viciaría y resultaría nocivo” ²¹

Alberti continua recomendando cómo y cuando ventilar:

“al respecto no hago más que una recomendación, cual es la de que se aplique un criterio regido por la naturaleza de los lugares, del clima, de la más completa funcionalidad, de forma que no se les permita el paso, en una zona fría, al crudo bóreas ni a la dureza del clima y del terreno, y en una calurosa, al sol insoportable, de forma que se posibilite la entrada de la más agradable de las brisas y que penetre por todas partes, en abundancia pero en su justa medida, la alegría de la luz. Se pondrán los medios necesarios para que no se derive en un efecto dañino de la condensación que en el recinto que nos ocupa a causa el sol” ²²

“así pues, es preciso que cada casa tenga sus ventanas-no sólo para que entre la luz sino sobre todo para que se renueve el aire-, y que las tenga en función del uso que se hace del lugar y de la anchura del muro, de modo que no dejen pasar no más ni menos luz que la necesaria, y de forma que su número sea el que haga falta.

²⁰ Un Vitruvio Ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible... op. cit. p.83.

²¹ ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ..op. cit. p. 87

²² ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ..op. cit. p.232

Hay que tener en cuenta además que tipo de viento van a recibir las propias ventanas. En efecto, aquellas orientadas hacia las brisas saludables, será posible hacerlas muy abiertas por todos sus lados, y será conveniente diseñarlas de tal modo que circule el aire y lo reciban los cuerpos de quienes allí viven....ahora bien, aquellas ventanas que estén orientadas a lugares por donde soplen vientos no siempre saludables, se harán de tal modo que no dejen pasar menos luz de la conveniente ni tanta como para que haya de más. Y se les emplazará en la parte alta del muro, para que el mudo, en medio, proteja a las personas de los vientos.” ²³

2.1.5. Control térmico

El intercambio de calor entre el edificio y el aire que lo rodea depende, entre otras cosas, en el viento y la radiación solar. En este sentido, al igual que la iluminación natural, las recomendaciones en los tratados se basan en la función del espacio y orientación de las ventanas para favorecer o evitar la ganancia de calor en los mismos.

“Hay que considerar de antemano también con qué intensidad penetrará el sol en el interior de la casa, y las ventanas deberán construirse más grandes o más pequeñas en función de la estancia de que se trate...los aposentos de verano convendrá hacer huecos amplios y en todas direcciones, si están orientados al norte... en las estancias de invierno, por el contrario estarán expuestos directamente al sol, si son amplios, pero no lo estarán a los vientos..” ²⁴

2.1.6. Aislantes térmicos y acústicos

En algunos meses hay que reducir o conservar

²³ ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ..op. cit. p.88

²⁴ ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ..op. cit. p.88

Elementos	Tipos de Climas		
	Cálido húmedo	Cálido seco	Templado
Suministro de agua	Fuentes de suministro abundantes. Ríos cercanos, corrientes subterráneas.	Fuentes de suministro escasas. Ríos lejanos, corrientes subterráneas profundas, captación de agua pluvial.	Fuentes de suministro relativamente abundante Ríos, corrientes subterráneas, captación de agua pluvial, acequias.
Manejo agua pluvial	Techos inclinados / abovedados.	Techos abovedados o planos con ligera pendiente para captar agua pluvial.	Techos semiplanos abovedados con marquesinas pequeñas.
Dispositivos de almacenamiento	Pozos, norias, pequeños acueductos, ríos, aljibes Canales de riego	Pozos, aljibes, grandes acueductos. Canales de riego para exteriores.	Pozos, norias, aljibes, acueductos, ríos cercanos. Canales de riego para exteriores.
Desalojo de agua	Cloacas, corrientes subterráneas, corrientes separadas al agua de abastecimiento. Fosas sépticas.	Cloacas, corrientes subterráneas, corrientes separadas al agua de abastecimiento. Fosas sépticas.	Cloacas, corrientes subterráneas, corrientes separadas al agua de abastecimiento. Fosas sépticas.

Tabla 1. Manejo del agua en los edificios históricos novohispanos en cada tipo de clima. *Datos obtenidos en: BARRERA, Ana E. Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología. UNAM. 2002*

las ganancias caloríficas, según sea el caso. Una forma de conseguirlo es utilizar recubrimientos de materiales muy aislantes que dificulten el paso de calor por conducción del interior al exterior de la edificación y viceversa. *“El aislamiento, por lo tanto, aumenta los niveles de confort.”*²⁵

Existen diversas estrategias pasivas para lograrlo y la mayoría están indicadas en los tratados de arquitectura.

“... un muro de gran robustez para hacer frente a los estragos que causan los agentes atmosféricos y las personas...”

²⁵ Un Vitruvio Ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible... op. cit. p.77.

*“... para que la sombra se mantenga muy fría, convendría cubrir el techo con otro techo, y el muro con otro muro, y cuanto mayor sea la distancia entre ambas, tanto mejor ... en efecto el espacio dejado entre uno y otro muro tiene casi las mismas propiedades que tendría un muro de idéntico espesor, pero con la ventaja de que el último tarda menos en soltar el sol recibido, al mismo tiempo que mantiene durante más tiempo el frío que ha cogido ...”*²⁶

Igualmente es conveniente aislar de los ruidos exteriores, por lo que se puede recurrir a

²⁶ ALBERTI, Leon Batista. *De Re Aedificatoria*. ...op. cit. p. 454.

“... un andrón intermedio separa el muro del dormitorio y el jardín, y de esta forma absorbe, interponiendo su vacío a cualquier ruido ...”²⁷

2.1.7. Agua

Sobre el manejo del agua existen diferentes estrategias para el suministro, manejo del agua pluvial, almacenamiento y desalojo de aguas residuales de acuerdo a las características del clima. Como es el caso de los monumentos situados en clima cálido húmedo, en donde la inclinación de la techumbre responde a la imperiosa necesidad de desalojar el agua pluvial a diferencia el tipo cálido seco y templado, en donde es importante captar el agua debido a la escasez de este recurso. **Tabla.1.**

“..en este tema de las conducciones de agua, los arquitectos más experimentados siguieron la norma de o bien encauzar también el agua de lluvia que escurría por medio de canales de modo que no salpicara a los transeúntes, o bien recogerla en el impluvio con el fin de dejarla en el interior de cisternas para uso de las personas o encauzarla hacia determinados lugares, para que se remojaran los desechos domésticos y molestar lo menos posible al olfato y la vista de las personas.”²⁸

2.2. Arquitectura y tecnología prehispánica

Respecto a la arquitectura prehispánica, a diferencia de la europea; no existen documentos indígenas que estipulen la forma de hacer arquitectura, esto debido a la sistematizada destrucción de los códices por parte de los colonizadores.

27 ALBERTI, Leon Batista. *De Re Aedificatoria*. ..op. cit. p.458.

28 ALBERTI, Leon Batista. *De Re Aedificatoria*. ..op. cit. p.92.

Pero la estrecha relación y respeto que tenían hacia la naturaleza quedaron reflejados en su arquitectura. Como se expresó en el capítulo anterior, la arquitectura mesoamericana desarrollaba sus actividades al exterior y la integración de la arquitectura al entorno era fundamental.

Con suma destreza creaban terrazas y optimizaban las pendientes naturales del terreno para la conducción del agua de lluvia y recurrieron a la construcción de reservas de agua (denominadas chultunes en la región maya) en zonas donde este vital recurso es escaso.

Desarrollaron canales, acueductos y otros sistemas de conducción de agua por gravedad, separando las aguas (dulce y salobre), e inclusive para el desalojo de las aguas “sucias” diseñaron dos redes paralelas que les permitía alternarlas para realizar mantenimiento. Debido a las constantes inundaciones, crearon diques y compuertas para manejar los volúmenes de agua excedentes.²⁹

Que más decir sobre la astronomía prehispánica, el estudio de los astros les permitió orientar sus edificios para crear condiciones específicas en determinados días del año.

Es más que evidente la comprensión del entorno por parte de las civilizaciones mesoamericanas dando como resultado estrategias y tecnologías dignas de admiración, de tal forma, que hasta los mismos conquistadores reconocieron.

He aquí una serie de soluciones y adaptaciones que los constructores españoles tuvieron que tomar, aunque cabe aclarar que, algunas de ellas se olvidaron bajo la palabra de herejía.

29 CARBALLAL, M. y FLORES, M. *Elementos hidráulicos en el Lago de México-Texcoco en el posclásico*. Arqueología Mexicana, 68 “Lagos del Valle de México”, jul-ago México, 2004.



Figura 2. Cúpula y muro de fabrica heterogénea del Templo de El Carmen, México. *Archivo personal.*

2.3. Elementos de la arquitectura virreinal

La arquitectura edificada responde a necesidades de una época determinada e igualmente a los diferentes climas cuyas adaptaciones bioclimáticas, son claves en su formación y articulación de espacios.

De esta forma, se exponen los elementos que componen la arquitectura novohispana y su adaptación a los bioclimas del país. Como se mostrará, la mayoría combinan las experiencias adquiridas de los alarifes en la Nueva España con las recomendaciones plasmadas en los dos tratados de Arquitectura citados anteriormente.

2.3.1. El muro

Componente básico del objeto arquitectónico, delimitador del espacio con carácter soportante,³⁰ protege al usuario de los adversos factores ambientales **(2)**. Es por ello que su manejo adecuado, favorece el confort dentro del espacio habitado.

Para comprender su manejo, se analizaron las características cuantitativas del muro que son: espesor, altura, materiales y recubrimientos.

Espesor

El espesor de los muros, condicionado por aspectos estructurales, ayuda al control climático ofreciendo “resistencia” a la ganancia de calor por conducción. A mayor espesor, se aumenta la inercia térmica del muro, por lo que permite utilizarlo como masa de acumulación térmica que durante el día acumula calor y lo libera por las noches. Esto reduce las oscilaciones térmicas del exterior, logrando un

³⁰ En este tipo de edificaciones, el muro funciona como elemento estructural para transmitir las cargas en forma de compresión.

comportamiento estable de la temperatura interior, tanto en el ciclo diario como anual (verano-invierno).

En algunos casos, el espesor de los muros ofrece protección frente al ingreso directo de los rayos solares (ver sección de ventanas).

Materiales

El material, al igual que el espesor, es un factor determinante en el comportamiento térmico. Los materiales que se utilizaban generalmente son los propios de la región, salvo en algunas edificaciones que poseen materiales traídos de otras regiones e incluso del otros países como en el palacio de los Condes de Calimaya.³¹

El beneficio al usar los materiales de la región, es que éstos ofrecen una solución natural para adaptarse al clima.

*Los constructores supieron observar muy bien las cualidades de los materiales y sacar provecho de aquellos que les fuera útiles para las diferentes necesidades que demanda resolver la arquitectura de cada clima.*³²

Como prueba, en climas cálido-húmedo encontramos predominantemente muros contruidos con piedras porosas extraídas de la región, como la piedra coralina en la Ciudad de Veracruz y la piedra caliza en Mérida. La estructura de este tipo de piedras conduce el calor pero al recubrirlo con aplanados, puede funcionar como aislante térmico al albergar pequeñas cámaras de aire, similar a los aislantes térmicos actuales.³³ Este comportamiento es ideal para el clima cálido-húmedo, en donde es primordial evitar la ganancia de calor.

31 El portón de esta casa tallado en madera, fue importado de Filipinas.

32 BARRERA GARCÍA, Ana Elena. Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos.. op. cit. P. 68

33 El segundo material con mejor eficiencia térmica es el aire, siempre que esté detenido. La función de un aislante térmico es solamente capturar cierta cantidad de aire detenido alrededor de un objeto a ser aislado: Fuente: Revista "Frio y Calor" N°88.

En el clima cálido-seco, los materiales utilizados (adobe, piedra, cantera, tierra y tabique de barro³⁴) poseen baja conductividad térmica, aunado a los grandes espesores, otorgan alta inercia térmica en los muros. Con esto se controlan las temperaturas interiores tal y como se explica en el punto de espesores.

Los muros hechos de materiales térreos, especialmente el adobe, cuentan con una buena protección dado que su volumen y masa impiden la transferencia térmica entre el interior y el exterior de la vivienda, provocando con esto que se logren temperaturas muy cercanas o bien dentro de el rango de confort durante todo el año.³⁵

También sucede que los materiales estaban sujetos a los requerimientos estructurales y estéticos por lo que en ocasiones imposibilitaba utilizar los mejores materiales para el bioclima. De ser así, con cambios en la relación vano-macizo, recubrimientos y colores se controlaba la ganancia o pérdida de calor.

Recubrimientos

El aire en movimiento es un pésimo aislante térmico. En los materiales porosos, como el tezontle, piedra pómez, mucara, etc, el recubrimiento es fundamental para confinar el aire en las piedras y lograr que éstos funcionen como aislante térmico.

Los muros exteriores se recubrían con un aplanado de cal-arena o barro. La textura del aplanado en algunas regiones, es una manifestación del deseo de protección contra el clima, pues "quiebra los rayos solares disminuyendo la temperatura interior".³⁶

34 BARRERA GARCÍA, Ana E. Aspectos Bioclimáticos op. cit. P. 85.

35 TIBURCIO VERDUGO, Humberto. Arquitectura Vernácula Y Diseño: Adecuación Del Espacio Habitable En La Ciudad De Nogales, Sonora. Colegio de Sonora. Hermosillo, 2008.

36 SANCHEZ, Javier. *Lo visual*, en el libro Jornadas sobre la Identidad de la Cultura del Noreste., p.. 224.

Color

El color de una superficie, determina la cantidad de calor que puede absorber y/o reflejar una superficie que se mide como reflectancia.³⁷

En los climas cálidos, las fachadas eran pintadas de colores claros o blancos, lo que refleja en un 25-30% los rayos solares evitando el sobrecalentamiento. Por el contrario, en el clima templado con temperaturas cercanas al rango de confort, el manejo del color en las fachadas no es trascendental, pero aún así los tonos medios y oscuros predominan en las fachadas, que favorece la absorción del calor(3)



Figura 3. Los colores claros en paredes permiten rechazar parte del calor incidente. Fuente: IDEC/FAU/UCV

37 Cantidad de energía que es reflejada por un objeto luego de que esta incide sobre él. El resto de la energía incidente puede ser transmitida o absorbida por el objeto.

Altura

En la figura 4, se muestra mediante una gráfica como cambian las temperaturas interiores al modificar la altura libre del espacio. Por lo que a mayor altura, menor temperatura interior.

La altura interior de los espacios, en general es adecuada al clima correspondiente.

En climas cálidos las alturas elevadas en el espacio interior, favorece la estratificación del aire (5), es decir; el aire caliente tiende a subir quedando cerca del piso el aire más fresco.³⁸

En climas templados las alturas son generalmente inferiores a cuatro metros, por lo que se calienta con mayor facilidad el espacio interior.

En aquellos casos que se rebasa esta altura, se compensa ampliando el tamaño de los vanos para ganar calor por radiación solar.

38 La estratificación del aire es un fenómeno, que se produce de forma natural en los locales de más de 4 m de altura. El aire caliente sube porque es menos pesado.

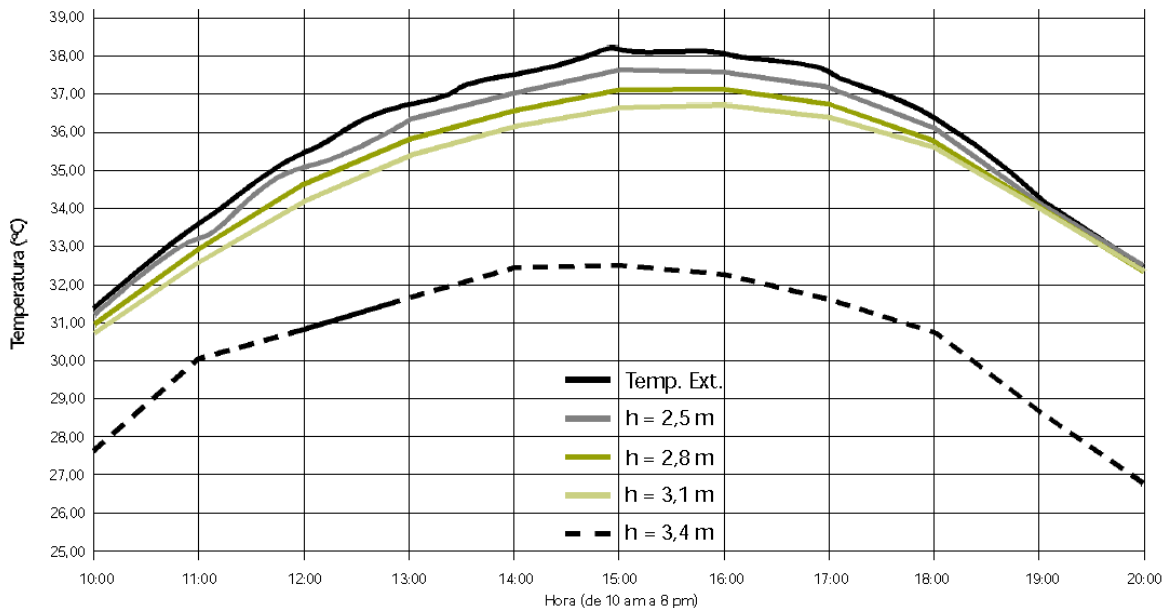


Figura 4. Variación de la temperatura en función de la altura libre dentro de un espacio. Fuente: Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes. IDEC/FAU/UCV

2.3.2 Cubierta

Se entiende por cubierta o techumbre toda estructura de una edificación ubicada sobre el cielo del último piso cuya función es ofrecer un recubrimiento para proteger del frío, calor, viento, lluvia y/o nieve. Al analizar la cubierta desde el punto de vista bioclimático, se distinguen dos aspectos: los materiales y la forma.

Materiales

El manejo de la cubierta es determinante en el comportamiento térmico del espacio interior. La azotea es el área que recibe mayor asoleamiento, y por lo tanto, mayor transmisión por conducción del calor hacia el interior.

Los sistemas de cubiertas tradicionales con las propiedades termofísicas de los materiales que lo componen, ofrecen soluciones para reducir la conducción de calor, creando cubiertas que funcionan para mitigar los efectos del clima. Ejemplo de ello son el terrado, la teja y la palma.

Terrado

Este sistema constructivo, se compone de vigas de madera colocadas en el sentido corto del claro, las cuales funcionan como estructura principal para transmitir las cargas al muro. Sobre éstos hay cuatro formas de soportar las capas superiores, 1) tabletas de madera conocidas como tejamanil, colocadas transversal o diagonalmente sobre la vigería; 2) sotol, que consiste en colocar carrizo transversalmente sobre el morillo (tronco); 3) tablas sobre las vigas, llamado entablado y 4) ladrillos de barro.

El terrado es una capa de tierra inorgánica de espesor variable. Sobre ésta se colocaba una argamasa de cal y arena, en un proceso llamado bruñido, que servía para evitar la filtración de

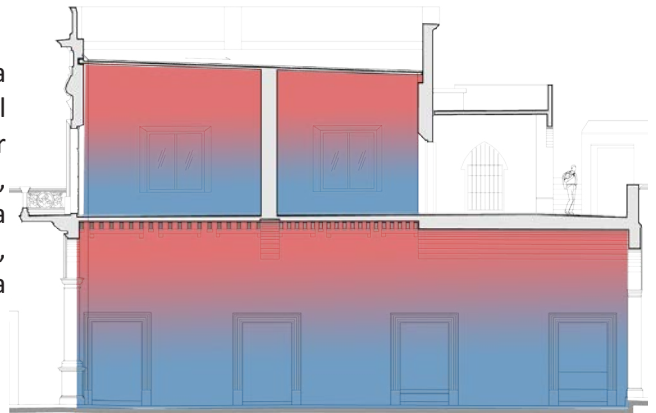


Figura 5. Estratificación del aire dentro de un espacio. (rojo zona caliente, azul zona fresca). *Archivo personal.*



Figura 6. Colocación de las tejas en una cubierta. *Archivo personal.*

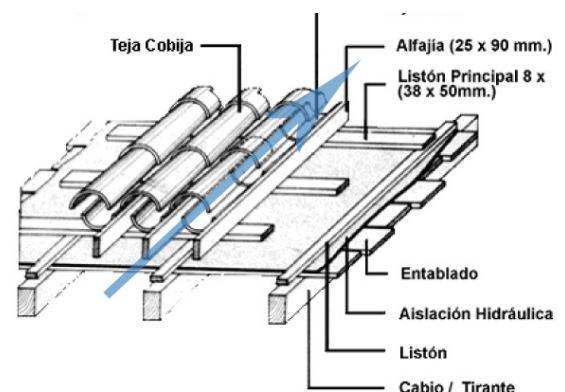


Figura 7. Ventilación en una cubierta de teja. *Archivo personal.*

agua³⁹ y dar las pendientes necesarias para el escurrimiento de agua.

Al calcular el coeficiente de conducción⁴⁰ de este sistema con 40 cm de espesor (0.88 w/m²°K) y se compara con el coeficiente de una losa convencional de concreto de 12 cm de espesor (2.27 w/m² °K) la diferencia es más que evidente, siendo el primero el que presenta mejor comportamiento térmico al retardar la transmisión de calor hacia el interior, mientras que el segundo conduce el calor de forma inmediata (ver pagina 126).

Tejamanil

Se compone de vigas de madera como elemento estructural, colocadas en el sentido corto del claro con una pendiente superior al 25% . Sobre estas vigas está el tejamanil que es una tabla plana, generalmente rectangular, cuyas medidas son variables.

Es frecuente encontrar este recubrimiento en viviendas dado que, la madera seca al ser un mal conductor del calor, funciona para todos los clima.

Tejas de barro

Las tejas son utilizadas frecuentemente en climas cálido-húmedo por sus propiedades impermeables. La teja se colocaba superpuesta sin necesidad de argamasas, salvo la sección superior (cresta), que funciona como remate. **(6)** Esto deja espacios libres entre la superficie y la teja, situación favorable para el confort que se explicará más adelante. **(7)**

El material oscuro del tejado puede absorber hasta un 95 % de la radiación solar incidente, dando como resultado el incremento de

39 INAH, Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles. Nuevo León, tomo 4. México, p. 2406.

40 El coeficiente de conductividad térmica *K* es una característica de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor. Mientras el número sea más cercano a cero, el material tendrá menor conducción de calor.

su temperatura por encima de la del aire circundante.⁴¹

Como protección térmica, la teja impide el paso del calor combinando el bajo espesor del material y los espacios libres donde el aire puede circular **(8)**, disipando el calor acumulado.⁴² Aun cuando un techo esté perfectamente construido, la humedad del aire podrá tener acceso a su interior. Esto es un fenómeno siempre presente y técnicamente inevitable; por lo tanto, la ventilación constante entre las tejas evita la acumulación del calor y que el agua se condense.

El grado de ventilación es decisivo, para el confort higrotérmico, lo que se consigue conservando la cámara de aire debajo de las tejas.

Techos de palma

La palma es la mejor solución para climas cálido-húmedo porque permite que el viento penetre por los pequeños huecos formados entre las varas y mantener frescas las habitaciones. El problema radica en su poca durabilidad, es por ello que no se encuentra comúnmente en edificaciones coloniales, aunque hay textos que indican su uso frente a las capillas abiertas en los conventos (ramadas)⁴³ para proteger a las personas de los rayos intensos del sol. Actualmente, es común encontrar este tipo de techo en viviendas pequeñas.

Forma

La forma de las cubiertas responden a los índices de precipitación de la región. Es así

41 El efecto de la aplicación de barreras radiantes de ático sobre el revestimiento exterior del techo. Boletín técnico No. 103. RIMA Internacional. Olathe.

42 Su funcionamiento se basa en la segunda ley de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire. Este proceso se propicia aumentando la superficie de contacto con el aire permitiendo una eliminación más rápida del calor excedente.

43 PERRY, Richard. Maya Missions.. p-53.

que en lugares donde la lluvia es frecuente, los techos son inclinados (de dos a cuatro aguas) para desalojar rápidamente el agua. En sitios donde la lluvia es esporádica, los techos son planos o semiplanos cuidando las pendientes para captar la mayor cantidad del agua y conducirla a los aljibes.

La forma también responde a la cantidad de radiación solar y los sistemas de ventilación pasivos en los edificios históricos mantienen una estrecha relación con la cubierta. Los techos inclinados en climas cálidos-húmedos pueden recibir hasta 50% menos calor que los techos planos.⁴⁴

En regiones donde la lluvia es frecuente, los techos sobresalen para proteger de la lluvia y del sol; mientras que los pretiles altos son una respuesta más al calor del noreste, para sombrear una mayor superficie de la cubierta, disminuyendo la temperatura interior.⁴⁵

2.3.3 Corredores porticados y zaguanes

Este elemento forma un escudo a la radiación solar, generando áreas sombreadas con ventilación constante.

Los corredores porticados se presentan frecuentemente alrededor de patios interiores en conventos y residencias. La presencia de corredores en combinación con el patio interior, genera condiciones microclimáticas que favorecen el confort de los espacios contiguos (ver sección de patios).

Suelen aparecer portales en edificaciones frente a plazas públicas o calles amplias como respuesta pasiva al no tener objetos que

44 SOSA, Ma. Eugenia y SIEM, Geovanni. *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico*. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Caracas, 2004 p.50.

45 Javier Sánchez, op. cit., p. 221.

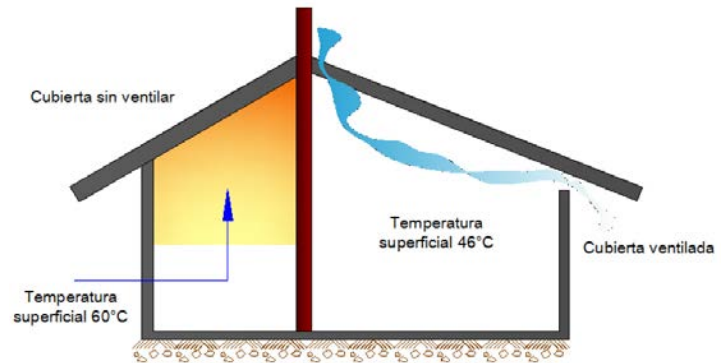


Figura 8. Diferencias térmicas entre cubiertas ventiladas y no ventiladas. Fuente: © María Cuán, 2010.



Figura 9. Corredores porticados en el patio central de Palacio Nacional. Archivo personal.



Figura 10. Porticos o cobertizo en una vivienda de Oaxaca. Foto: Proyecto Plaza Arvea

generen superficies sombreadas. Los portales se ubican en la planta baja en las fachadas que dan su cara hacia la calle, brindando protección a los andadores contra la lluvia y el sol.

Los portales se desarrollan principalmente en regiones con clima cálido-humedo, como Veracruz, dado que evitan la radiación solar y mantienen una ventilación constante, dos puntos básicos para lograr el confort en este tipo de clima.

En algunas viviendas de regiones cálidas, aparece el portal para comunicar al exterior directamente con el patio, con el fin de que permitir el libre paso de animales, carros y cosas de la casa.⁴⁶

En ocasiones, este espacio se localiza a lo largo de la fachada principal en donde se desarrollaban actividades sociales por la frescura que brinda (cobertizo).

2.3.4 Patio

El patio, de influencia árabe y romana, cumple entre otras la función elemental de comunicar e iluminar los espacios interiores. Adicionalmente, es un elemento vital para el comportamiento bioclimático en la arquitectura novohispana.

Su comportamiento microclimático, depende de la forma, orientación respecto a los vientos dominantes y al sol, los acabados en el piso y la presencia de elementos vegetales y cuerpos de agua (fuentes). Mediante el manejo adecuado de estos factores, se generan microclimas al interior de las edificaciones para alcanzar el confort térmico.

Forma y orientación

En climas cálidos secos, la conformación de

46 TAMEZ TEJEDA, Antonio. *Cultura y contexto: arquitectura del noreste*. UANL. Monterrey, 2006. p. 65.

los patios es más pequeña que se debe a que de esta manera se logra tener mayor volumen y menor superficie expuesta al calor exterior, reduciendo la temperatura en el interior.⁴⁷ En patios amplios, se incorporan elementos vegetales para bloquear los rayos solares.

En climas cálido-humedo, los patios son más amplios y facilitan el ingreso del viento a los espacios interiores.

La disposición del patio respecto a los espacio determina su comportamiento **(11)**. Los patios ubicados a un costado (*a*) o al centro (*c*) son los ideales siendo el segundo el brinda beneficios a un mayor numero de espacios, mientras que el patio semiabierto (*b*) funciona como mejor purificador de aire pero dificulta los efectos microclimáticos del patio.⁴⁸

Vegetación

En los patios de edificaciones en climas cálidos, existen árboles ayudan a mejorar el microclima sombreando el patio.

*Cuando tiene agua, plantas y sombra, actúa como pozo refrescante y modifica el micro clima disminuyendo la radiación y las temperaturas...y proporciona un área exterior para vivir.*⁴⁹

Fuentes y espejos de agua.

Las fuentes y/o espejos de agua, además de cumplir un carácter ornamental, destacan por su función para el control climático mediante enfriamiento evaporativo. La utilización de este efecto es conocido desde las civilizaciones antiguas (egipcia, romana, islámica).

47 Amos Rapoport, *Vivienda y cultura*, p. 119

48 CARRAZCO, Carlos. *Análisis cuantitativo de comportamiento de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco*. Tesis para obtener el grado de maestría en Ingeniería. UNAM. México, 2005. p.35.

49 TAMEZ TEJEDA, Antonio. *Arquitectura vernácula mexicana del noreste*. San Nicolás de los Garza, 1992. nota 40, p. 121.

El enfriamiento evaporativo se produce al hacer circular aire caliente (y seco) por un cuerpo de agua (fuente), en ese momento, el aire al humidificarse por tener contacto con el agua se reduce la temperatura del mismo. Este efecto puede proporcionar aire a una temperatura inferior a la que posee el medio ambiente, por lo que la sensación de frescura se traslada a los espacios contiguos.

Recubrimiento de la superficie

Mediante simulación, se ha comprobado que las temperaturas promedio dentro de un patio se mantienen por debajo de la temperatura en los espacios contiguos.⁵⁰ Esto demuestra su efectividad como sistema de enfriamiento pasivo en climas cálidos.

En climas templados y semi-frios, esta situación es perjudicial porque la temperatura de los espacios desciende por debajo del rango de confort. Probablemente por esta razón que los patios de los edificios históricos en estos tipos de climas carecen de elementos vegetales, lo que permite el libre ingreso de la radiación solar para elevar la temperatura del piso y éste a su vez, funcione como superficie radiante para calentar los espacios (12).

2.3.5 Ventana

Para la iluminación en las cortas jornadas diurnas, se buscaba aprovechar al máximo la luz natural, sin embargo esto se dificultaba por las condiciones climáticas.

El número, ubicación y proporción de la ventada cambia con cada clima y con la orientación

⁵⁰ Se efectuó la simulación de temperatura y humedad mediante el programa TRNSYS en el patio central y las habitaciones de un edificio histórico en la ciudad de El Fuerte Sinaloa, para determinar su comportamiento durante todo el año. *Obtenido de: CARRAZCO, Carlos. Análisis cuantitativo de comportamiento de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco.*

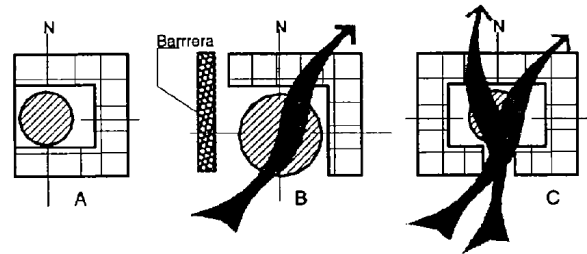


Figura 11. Diferentes ubicaciones del patio en un edificio histórico. Fuente: CARRAZCO; Carlos.



Figura 12. Patios en la Ciudadela, México. (Clima semifrío). Archivo personal.

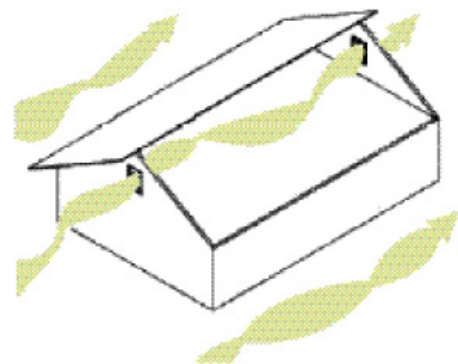


Figura 13. Vanos para ventilación en edificaciones a dos aguas. La ubicación cercana a la techumbre favorece la salida de aire caliente. Fuente: IDEC/FAU/UCV.

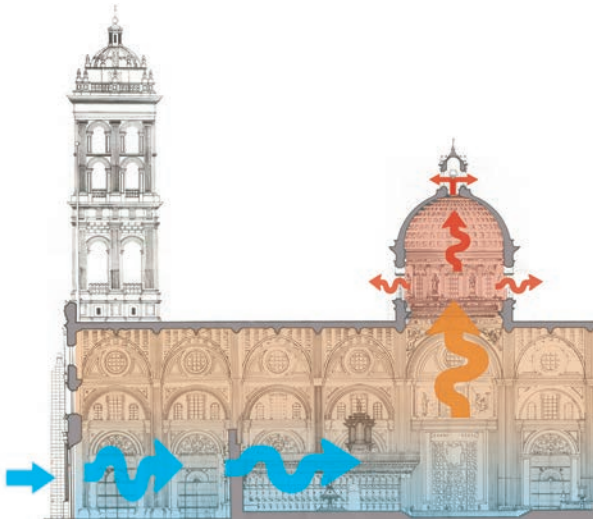


Figura 14. Esquema de ventilación en una iglesia con cúpula. (rojo aire caliente, azul aire frío). *Archivo personal.*

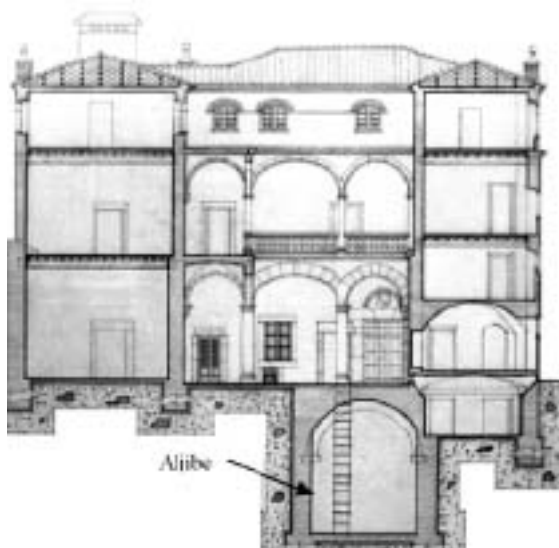


Figura 15. Ubicación del aljibe en un edificio.
Fuente: Ramón Tejero

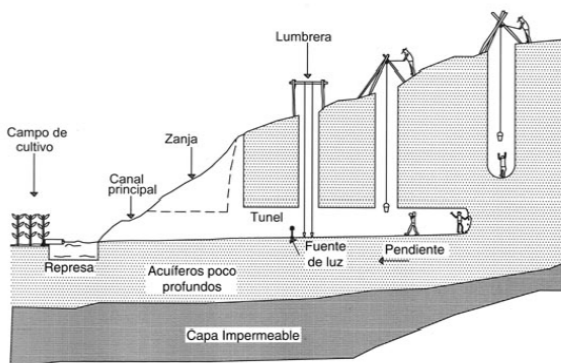


Figura 16. Esquema de una galería filtrante.
Fuente: Ramón Tejero

de la fachada. En el noreste del país, el deseo de alejarse del calor, pero además del polvo, llevó a construir pocas ventanas⁵¹, pueden ser pequeñas y altas, o tan grandes como puertas. En los climas templados y semi-fríos, la cantidad de ventanas aumenta así como su tamaño para aumentar la radiación solar dentro de los espacios.

En los edificios históricos de las zonas costeras (cálido-humedo), las casas tienen menos ventanas al exterior que las regiones templadas y la ventilación se da a través de los techos. También se aumentaba el número de ventanas pero se disminuían su tamaño para impedir el ingreso de los rayos solares sin restringir la ventilación natural.

En algunas, se detectaron vanos en los muros a unos centímetros de la junta de las dos aguas (entre la tijera de los techos) que permite la salida del aire caliente acumulado en el intradós del techo que es renovado por aire fresco, creando un flujo natural de aire. Asimismo, la presencia de estos vanos en edificaciones cuya orientación es hacia los vientos dominantes, lo cual optimiza este tipo de ventilación. **(13)**

2.3.6 Cúpulas y torres.

El sistema de crujiás hizo necesaria la aparición de un elemento de cierre o remate que se llama cúpula.

Las cúpulas sirven para mantener frescos los espacios al evacuar el aire caliente. El diseño y posición de las ventanas en los mismos, favorece la ventilación cruzada, por lo que es a través de ellos que sale el aire caliente permitiendo la entrada de aire fresco y limpio por la parte baja. **(14)**

⁵¹ Javier Sánchez, *Lo visual*, en el libro *Jornadas sobre la Identidad de la Cultura del Noreste*, p. 219.

2.3.7 Almacenamiento de agua

Aljibes y pozos

“el aljibe es una especie de recipiente bastante grande, no muy distinto de un depósito. En consecuencia, es preciso que su fondo y sus costados sean perfectamente herméticos, sólidos y duraderos. Y los hay de dos tipos: uno, para contener agua potable; otro, para cubrir las restantes necesidades, por ejemplo, para sofocar incendios.... al primero lo denominaremos protorio; al segundo tipo, en cambio, que sirve solamente para contener toda clase de aguas y cuyo único requisito es u capacidad lo llamaremos aljibe protorio....En ambos casos, hay que ocuparse de que el agua sea conducida convenientemente a su interior, de que se conserve convenientemente, de que se destine convenientemente a los usos que está destinada.”⁵²

El aljibe es un elemento importante para almacenar el agua pluvial y asegurar el suministro del agua durante largos periodos. En regiones donde el abastecimiento de agua es difícil, en los patios se reunía el agua pluvial y se almacenaba en aljibes localizados generalmente al centro del patio. El agua almacenada era retirada de la apertura del aljibe o pozo. **(15)**

Galerías filtrantes

Los conquistadores españoles trajeron tecnología que a su vez recibieron de sus conquistadores árabes, entre ellas la de las galerías filtrantes, (Qanats o Foggaras en árabe) que se logra al excavar un túnel horizontal con ligera pendiente que conduce el agua del subsuelo por medio de la gravedad, y que da lugar a un manantial artificial permanente a flor de tierra.⁵³ **(16)**

52 ALBERTI, Leon Batista. De Re Aedificatoria. ..op. cit. p. 435.

53 PALERM, Jacinta; PIMENTEL, José L.; SANCHEZ, Martín.

Conclusiones

En esta breve revisión, se manifiesta una relación estrecha entre los elementos arquitectónicos y el ambiente. Con el desarrollo exponencial de la población y por consecuencia de la tecnología, todo cambió haciéndonos olvidar estas soluciones tan simples pero efectivas.

Es importante considerar el antecedente bioclimático de las edificaciones históricas en su intervención, por que *“una verdadera obra de arquitectura no puede existir fuera de una tradición. Las referencias históricas no consisten en motivos aislados, sino en métodos de organización y caracterización espacial que siguen siendo válidos para nosotros porque están profundamente enraizados en cada uno de nosotros. El miedo a la tradición es una idiosincrasia senil que debe desaparecer de entre los arquitectos de la nueva generación.”⁵⁴*

En las adecuaciones arquitectónicas de los edificios históricos, principalmente a partir del siglo XX, se modificaron y eliminaron elementos que alteran substancialmente el comportamiento bioclimático del inmueble. Por tal motivo es necesario en los criterios actuales de restauración se considere el rescate de estas características bioclimáticas.

Con base a la investigación realizada hasta este punto, el rescate de las estrategias bioclimáticas es el elemento fundamental para la conversión de un edificio histórico hacia la sustentabilidad y como complemento se recurre a la implementación de dispositivos tecnológicos. En el próximo capítulo se dará fundamento a esta premisa tomando como base las teorías de restauración.

Técnicas hidráulicas en México, paralelismos con el Viejo Mundo: II. Galerías Filtrantes (qanats). Encuentro sobre Historia y Medio Ambiente. España, 2001.

54 PORTOGHESI, Paolo. *op. cit.* p.15.

tercerero

3. Hacia la conservación contemporánea: sustentabilidad en edificios históricos

“El valor arquitectónico, o sea el valor que califica como arquitectónica o como no arquitectónica una obra del ser humano, es un valor compuesto por una serie de valores primarios incluidos en algunas de las esferas de la clasificación Scheleriana. Significa esto que el valor arquitectónico se integra a una serie de valores primarios y autónomos entre sí, que no pueden faltar positivamente ninguno de ellos en una obra, sin desintegrar lo arquitectónico. Dicho de otro modo: la integración del valor arquitectónico condiciona la concurrencia simultánea de determinadas formas de valores primarios.”

José Villagrán García

El objetivo de este capítulo es analizar los criterios de restauración actuales y fundamentar la integración de estrategias sustentables en un edificio histórico. Antes de profundizar en el campo de la restauración, es necesario definir varios conceptos para mejorar la comprensión del tema.

Por **patrimonio cultural** se entiende como “el conjunto de bienes culturales que una sociedad recibe y hereda de sus antepasados con la obligación de conservarlo para transmitirlo a las siguientes generaciones”¹, y por **Patrimonio Cultural Arquitectónico** a “las edificaciones que son representativas de una sociedad, de su forma de vida, ideología, economía, tecnología, productividad, etc., y de un momento histórico determinado, que además poseen un reconocimiento e importancia cultural a causa de su antigüedad, significado histórico, por cumplir una función social o científica, estar ligados a nuestro pasado cultural, por su diseño, así como por sus valores intrínsecos, arquitectónicos, funcionales, espaciales, tecnológicos y estéticos, entre otros.”²

Siendo así, el patrimonio arquitectónico o monumento histórico no solamente está conformado por el objeto tangible, sino también por aquellos valores intangibles que lo integran como la autenticidad, la antigüedad, la estética, el simbolismo, la integración espacial, la generación de sentimientos y el poder de cohesión social, cuya combinación configura el carácter que lo identifica y establece una apreciación por la comunidad en el que está inmerso. El estudio de estos valores intangibles, ayuda a la comprensión de la arquitectura (sus elementos tangibles), de la sociedad que lo produjo y a entender el porqué de algunas de nuestras formas de vida.

1 CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Fundamentos teóricos de la restauración*. México. Facultad de Arquitectura, UNAM. 1996 (Colección Arquitectura Núm.10). p. 47.

2 TERÁN BONILLA, José Antonio. *Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica*. P. 102

Las obras arquitectónicas que nos han dejado nuestros antepasados que constituyen nuestro patrimonio, conservan un papel social activo en la sociedad contemporánea y están dentro de un proceso de evolución constante. Por lo cual debemos conocerlas, estudiarlas, valorarlas y conservarlas para transmitir las a las generaciones futuras, como señala el artículo 2° de la **Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas**.³

Debe mencionarse que la arquitectura, al estar en constante uso, es susceptible de sufrir alteraciones degradaciones e incluso ser destruida. Además, sabemos que los materiales constructivos de los edificios están sujetos a un constante envejecimiento, que sin mantenimiento y con los cambios de uso, se incrementa la magnitud de la degradación.

Por lo tanto, es vital tomar acciones para evitar que nuestro patrimonio cultural se deteriore y por consecuencia, se pierda. Antes de intervenir un edificio histórico es importante que sea revalorizado, es decir, que se rescaten y difundan aquellos valores intangibles para que sean reconocidos por la sociedad y se establezca nuevamente un vínculo cultural entre la arquitectura y las personas.

En la salvaguarda del patrimonio, “La intervención sobre un monumento es, en definitiva, una intervención arquitectónica que tiene como objetivo final generar una arquitectura.”⁴ En este punto se distinguen cuatro grados de acción que son: la Conservación, la Preservación, el Mantenimiento y la Restauración.

3 Decretada por el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de mayo de 1972 con el objetivo de asegurar la salvaguarda del patrimonio cultural de la Nación.

4 FRESQUET FOLCH, Jaume. *El monumento como una forma de historia, la intervención como una forma de cultura*. Nuevas estrategias en proyectos de rehabilitación. p. 125

La preservación antecede a las intervenciones de Conservación y/o Restauración, que tiene como finalidad evitar y retardar las alteraciones sobre el bien inmueble. Por lo cual se establecen una serie de acciones y cuidados preventivos para evitar el deterioro de los edificios y preservarlo en buenas condiciones.

La conservación, al igual que la preservación, su objetivo es garantizar la permanencia del monumento histórico. Requiere la aplicación de los conocimientos técnicos y científicos para detener los mecanismos de alteración y degradación dentro del edificio histórico. En el caso de existir cierto grado de deterioro, la conservación esta encaminada a impedir que surjan nuevos deterioros en el edificio.

El mantenimiento implica la serie de acciones después de la restauración o conservación de un monumento histórico para evitar que el inmueble intervenido vuelva a deteriorarse.

La restauración es el último recurso, y supone la intervención en un monumento cuyo grado de deterioro requiere de una intervención mas exhaustiva buscando restablecer y rescatar la unidad formal pero sin caer en la hipótesis y en la falsedad. Es muy difícil establecer los límites de la restauración, por lo que a lo largo de la historia se han desarrollado diferentes teorías sobre lo que debe ser. Desafortunadamente en el país, las prácticas de conservación y mantenimiento en un monumento son casi nulas, y frecuentemente el deterioro de los edificios es de tal grado que requieren de una restauración mayor o son abandonados y destruidos. Por lo que se debe evitar que un edificio llegue a esos puntos.

En las siguientes páginas se muestran de manera sintetizada, los parámetros actuales de la restauración y cómo se pueden complementar recuperando las características bioclimáticas del edificio histórico e integrando tecnología sustentable.

3.1 La restauración actual

El objetivo principal de la restauración es:

“[...] es asegurar su conservación y revelar o restituir su valor y cualidades estéticas o históricas. Se fundamenta en el conocimiento profundo del monumento[...] así como de la cultura y técnicas que le son relevantes. La restauración se funda en el respeto hacia la substancia original o antigua del monumento [...]”⁵

La Restauración, en algunos casos, hace alusión a una idea de “volver a un estado anterior” o búsqueda del estado prístino⁶. Pero al igual que otras teorías, ha tomado diversas conceptualizaciones a lo largo de su existencia; que van desde un enfoque estético, histórico, hasta una visión objetiva. Cual fuera el enfoque de la restauración, es indudable hay una

“re-codificación de los objetos culturales o el sitio, ya que no se vuelve del todo a un estado anterior sino se le devuelve cierto sentido original y se le agregan nuevos valores, ya que la producción arquitectónica y urbana está basada en cierto significado para la sociedad y la cultura, y por lo tanto tiene que ver con las significaciones de la forma, la materia, etc. porque la restauración se puede decir que es relativa, en el sentido del significado para cada época y el actor social”⁷

5 “Carta Internacional para la conservación y restauración de sitios y monumentos (actualización de la Carta de Venecia) 1978” en Documentos Internacionales. Oaxaca, INAH, SEP, Centro Regional Oaxaca, 1982.

6 Viollet -le-Duc en su Diccionario razonado de arquitectura aporta la definición de restauración como: *Restauración- s.f. El término y el concepto son modernos. Restaurar un edificio no es mantenerlo, repararlo o rehacerlo, es establecerlo a un estado completo que puede no haber existido en un momento dado.* Tome Huitième, p.14.

7 SÁNCHEZ HDEZ. Andrés. *La intervención restauradora del patrimonio edificado como una resignificación- recodificación.*

3.1.1. Tipos de intervención

En la el artículo 14 de la Carta de Venecia⁸, se expone que:

“Los sitios monumentales deben ser objeto de cuidados especiales con el fin de salvaguardar su integridad y asegurar su saneamiento, su arreglo y su valorización (...)”.

Por lo tanto, para llevar a cabo un proyecto de restauración, es necesario establecer desde la planeación los tipos de intervención que se van a emplear cuya profundidad y alcance, dependen del grado de deterioro del inmueble y de los criterios de restauración. Entre los tipos más frecuentes tenemos: liberación, consolidación, reestructuración, reintegración, integración y reconstrucción.

Liberación

Como su nombre lo indica, es el retiro de elementos agregados sin valor cultural que no corresponden al edificio original y/o *“...[dañen, alteren, al bien cultural] afecten la conservación o impidan el conocimiento del objeto.”*⁹

El retiro de estos agregados, coadyuvará al restablecimiento de la lectura formal del inmueble y a determinar las propuestas de intervención acordes a las causas y efectos de los deterioros presentes. La realización de calas arquitectónicas y calas estratigráficas de capa pictórica¹⁰, ayudarán a determinar los materiales y elementos ajenos al monumento.

Ponencia en la XXIV Asamblea del ICOMOS- Mexicano, San Luis Potosí.

8 La Carta de Venecia es el documento N° 1 de los acuerdos y resoluciones del II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos que se desarrolló en 1964.

9 Salvador Díaz-Berrio y Olga OriveB. *“Terminología general en materia de Conservación del Patrimonio cultural Prehispánico”* en Cuadernos de arquitectura Mesoamericana. N°13. México. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. 1984. p. 7.

10 Se usan para hacer un diagnóstico del estado de conservación de los acabados arquitectónicos existentes y cuantas capas pictóricas contiene cada muro.

Los elementos comúnmente agregados son: losas de entrepiso, cubiertas en patios, toldos, aplanados de cemento, columnas y traveses de acero o concreto, muros, pisos, escaleras, pintura, plafones e instalaciones (eléctrica, hidrosanitaria).

Consolidación

*“Es la intervención más respetuosa dentro de la restauración y tiene por objeto detener las alteraciones en proceso. Como el término mismo lo indica, da solidez a un elemento que la ha perdido o la está perdiendo”*¹¹.

En la consolidación se contempla la intervención tanto en elementos de soporte del bien inmueble (muros, arcos, techos) como en los aplanados con pintura mural cuya su estabilidad esta comprometida. En ambos casos, implica el uso de un material consolidante para estabilizarlos, ya sea de origen natural (caseinato de calcio, cal) o químico (expansores no férricos, adhesivos cemento).

Reestructuración

*“Es la intervención que devuelve las condiciones de estabilidad perdidas o deterioradas, garantizando, sin límite previsible, la vida de una estructura arquitectónica.”*¹²

La mala interpretación del comportamiento estructural del edificio histórico podrá perjudicarlo severamente, por lo que deberá ser realizada necesariamente por un especialista en estructuras y sistemas constructivos antiguos.

Reintegración

Restituye aquellos elementos deteriorados,

11 CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Problemas Teóricos en la Restauración* (Paquete didáctico). Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete”, México, INAH, 1979. p. 3.

12 CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Problemas Teóricos... op. cit.* p. 4.



Figura 1. Reestructuración de un muro de cal y canto (mampostería de tezontle asentada con argamasa cal-arena) en el extemplo de Corpus Christi, Ciudad de México. *Archivo personal.*

mutilados o perdidos debido a la negligencia y al abandono para devolver la unidad al monumento. Se aclara que en el último caso, se deberá contar con el suficiente apoyo documental para no caer en la reintegración hipotética.

“La forma teórica ideal de reintegración es la llamada ANASTILOSIS, o reubicación de un elemento desplazado de su posición.”¹³

Suele suceder que al reintegrar muros y columnas perdidos en alguna época con los mismos materiales, además de recuperar la estética y simetría del inmueble, al mismo tiempo se está reestructurando. La reintegración de elementos arquitectónicos en esta forma, resulta más económico y beneficioso para el monumento, pues las cargas se transmiten al subsuelo de la misma forma con la cuales fueron diseñadas, por lo que no se altera el comportamiento estructural original haciéndolo más resistente ante sismos.

En el asunto que compete a esta investigación, con el apoyo de un estudio bioclimático y la

13 CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Problemas Teóricos... op. cit.* p. 5.

investigación documental, se podrán reintegrar aquellos elementos arquitectónicos perdidos que determinan el comportamiento térmico y lumínico de los espacios interiores. Con esto se mitigarán los efectos climáticos adversos con la misma arquitectura patrimonial, lo que supone una mínima agresión al monumento.

Integración

Se define como la “... *aportación de elementos claramente nuevos y visibles para asegurar la conservación del objeto*”¹⁴ y consiste en “*completar o rehacer las partes faltantes de un bien cultural con materiales nuevos o similares a los originales, con el propósito de darle estabilidad y/o unidad [visual] a la obra*”¹⁵

Es aquí donde interviene la implementación de la tecnología sustentable para alcanzar la eficiencia energética en estos inmuebles que, por supuesto, debe respetar respetando el valor

14 DÍAZ-BERRIO, Salvador y ORIVE, Olga. *Terminología general en materia de Conservación del Patrimonio cultural Prehispánico* en Cuadernos de arquitectura Mesoamericana. N°13. México. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. 1984. p. 7.

15 VELÁZQUEZ THIERRY, Luz de Lourdes. *Terminología en Restauración de bienes culturales* en Boletín de Monumentos Históricos, N° 14. México. INAH. Julio septiembre 1991. pp. 41.

patrimonial del monumento. Se considera pertinente que los dispositivos tecnológicos insertados sean ubicados en puntos donde no sean visibles fácilmente.

Reconstrucción

*“Es la intervención que tiene por objeto volver a construir partes desaparecidas o perdidas [de un monumento]. En la reintegración hablamos de elementos deteriorados o mutilados, en la reconstrucción, de partes perdidas [...] La reconstrucción supone el empleo de materiales nuevos y no la reutilización de elementos pertenecientes a la construcción original ya perdida.”*¹⁶

3.1.2. Criterios de restauración

La restauración busca devolver la integridad y originalidad arquitectónica del edificio perdida en pasadas intervenciones. La originalidad es un término totalmente subjetivo, por lo que el primer acercamiento del restaurador con el monumento es a través de la revisión histórica. Como menciona Jaume Fresquet Folch:

“Tanto la valoración de la elaboración de la aproximación histórica como la de la intervención arquitectónica han sido el resultado del desarrollo que cada una de las disciplinas implicadas -la historia y la arquitectura- han tenido por separado y, a la vez, de la forma de diálogo que en cada momento han adoptado.”

Es así que los criterios de restauración son una serie de recomendaciones producto de la observación y la experiencia. Lamentablemente algunos criterios no están exentos de caer en la subjetividad, por lo que su aplicación esta sujeta a la apreciación de quien restaura.

El autentico uso del criterio¹⁷, dentro de la disciplina de la restauración arquitectónica, reúne (o debería reunir) las dos acepciones de la palabra; primero tendrá que profundizar lo más posible en el conocimiento de aquello sobre lo que va a trabajar y, sólo después, deberá discernir la opción que juzgue más adecuada.

*“..... decidir a priori de una disposición, sin haber conseguido antes todos los datos que deben fundamentarla, es caer en la hipótesis, y nada es tan peligroso como la hipótesis en los trabajos de restauración.”*¹⁸

El criterio como sistema de investigación y deducción permite abordar la restauración con rigor científico. En este punto el restaurador debe comprender la evolución del edificio a través de la revisión documental, donde se podrá encontrar la evidencia necesaria que apoye al proyecto de restauración y definir el grado y tipo de intervención. Con esto se pretende evitar las interpretaciones subjetivas y los aportes no científicos.

*“Después de los anterior, debemos enumerar dos conclusiones, las de ésta última incursión que hemos dejada asentada: la subjetividad de toda restauración, o sea que es creación subjetiva y que el monumento se nos incorpora al calificarlo de histórico y a valorarlo estéticamente; a la vez que por mediación de la cultura en que hunde su origen, y empalma con el tiempo y la cultura de hoy a que pertenecemos. Sin duda este aspecto es de trascendencia e invita a su mayor comprensión.”*¹⁹

17 Norma para conocer la verdad. / Juicio o discernimiento.

18 VIOLLET-LE-DUC, E. *Dictionnaire Raisoné de L'Architecture Française du XIe au XVIe siècle*. Tome Huitième, Morel editor, París. p. 34.

19 VILLAGRÁN G., José. *Arquitectura y restauración de monumentos*. El Colegio Nacional, México, XCM-LXVI, Memoria de El Colegio Nacional, Tomo IV, N°1, Año de 1966, p.110.

16 CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Problemas Teóricos..op.cit.* p. 5 y 6.

Para la incorporación de la sustentabilidad en la restauración, los criterios más representativos que se consideran son los siguientes:

- **Respeto a la autenticidad.** Se refiere a la conservación de las etapas constructivas del edificio y las adecuaciones que no alteren la capacidad estructural, la lectura del inmueble o el valor patrimonial. Todas estas intervenciones, forman parte del monumento, por lo que eliminar alguna de ellas supone una transgresión a su historicidad.

De acuerdo a los requerimientos térmicos del edificio, podrá ser necesario liberar tapias en vanos, o reintegrar muros, marquesinas y otros elementos que ayuden a mejorar el comportamiento bioclimático de los espacios, por lo que en algunos casos esto representará un problema al eliminar parcialmente alguna etapa histórica. Pero con una investigación profunda y un estudio bioclimático que lo respalde, se podrá justificar las adecuaciones necesarias, pues como se mencionó anteriormente, representan afectaciones que van en detrimento del bien inmueble.

- **Eliminar productos y materiales ajenos** que afecten el comportamiento térmico y lumínico de los edificios históricos como cubiertas en patios, tapias en vanos, losas, recubrimientos, etc.
- **Recuperar la unidad formal** hasta el punto en que se facilite el reconocimiento de la arquitectura y del funcionamiento bioclimático.

“En caso que las condiciones de la obra de arte sean tales que exijan el sacrificio de una parte de su consistencia material, el sacrificio-cualquiera que sea el tipo

de la intervención- deberá ser ejecutado de acuerdo a la exigencia estética.”²⁰

- **Realizar una mínima intervención.** Solo se integrarán los elementos arquitectónicos que recuperen la forma y el bioclimatismo, que por supuesto, se evitarán los falsos históricos. Aquí se debe aplicar el principio de **No Falsificación** como Paul Philippot menciona:

“cada monumento es un documento histórico único y no puede ser repetido sin falsificarlo. Si por alguna razón la conservación del edificio requiere la sustitución o integración de una parte, forma o elemento arquitectónico determinado, así como el uso de materiales tradicionales similares a los que constituyen al inmueble, esta intervención debe ser reconocible.”²¹

Hay diferentes maneras de lograrlo, pero hay que considerar que en la reintegración de elementos es preferible el uso de los mismos materiales constructivos para no alterar la capacidad estructural ni el comportamiento térmico. Siendo así, se puede denotar la intervención dándoles un acabado o tratamiento distinto al original sin resaltar demasiado, como la textura de los acabados, detalles sencillos en marcos de cantera, manufactura de la madera, entre otros.

Asimismo, la recuperación de los elementos bioclimáticos implica una mínima intervención sobre el monumento, pues

20 BRANDI, Cesare. *Teoría de la Restauración*. Madrid, 1989, p.34.

21 PHILIPPOT, Paul. *“Restauración: Filosofía, Criterios y Pautas”* en Documentos de Trabajo, 1er SERLACOR, Seminario Regional Latinoamericano de Conservación y Restauración. México. Centro Regional Latinoamericano de Estudios para la Conservación y Restauración de los Bienes Culturales, Convento de Churubusco. 1973. p. 3-4.

con los mismos elementos arquitectónicos se controlarán las temperaturas interiores sin alterar la historicidad del mismo. Solo será necesario integrar tecnología en los casos donde el primero se vea limitado.

- **Reversibilidad.** Se refiere a:
“... aquellas técnicas, instrumentos y materiales que permitan la fácil anulación de sus efectos, para recuperar el estado del monumento previo a la intervención, si con una nueva aportación de datos, enfoques o criterios, ésta se juzga inútil, inadecuada o nociva al monumento.”²²

Este criterio será aplicable para la implementación de tecnología sustentable en un edificio histórico, por lo que deben facilitar su retiro en caso de que así se requiera.

3.1.3. Normatividad

a. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas

En México, Ley Federal Sobre Monumentos Y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas fue decretada por el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos para asegurar la salvaguarda del patrimonio cultural de la Nación. “El objeto de esta ley es de interés social y nacional y sus disposiciones de orden público.”²³

Esta ley expresa con claridad en los artículos 6o., 7o., 8o., 9o., 10,11 y 12; que sólo el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH, por sus siglas)²⁴ puede otorgar los permisos de

excavaciones y dirigir las labores de restauración y conservación de los edificios arqueológicos e históricos, pero desgraciadamente, en muchas ocasiones algunos propietarios de edificios históricos llevan a cabo obras de infraestructura y/o remodelación de espacios sin avisar oportunamente al Instituto, ocasionando deterioro, e incluso, destrucción del patrimonio arquitectónico.

Esta ley no establece directamente lo que se debe realizar en la conservación y restauración del patrimonio cultural arquitectónico, así que en el artículo 19 expresa que:

“A falta de disposición expresa en esta Ley, se aplicarán supletoriamente:

I.- Los tratados internacionales y las leyes federales; y

*II.- Los códigos civil y penal vigentes para el Distrito Federal en materia común y para toda la República en materia federal.”*²⁵

Conforme señala la sección I de este artículo, se analizaron las cartas de restauración internacionales para determinar los lineamientos que infieren en este proyecto de investigación.

b. Tratados internacionales de restauración

Debido a la diversidad de criterios para la restauración arquitectónica, se han reunido especialistas durante varias décadas para tratar de fijar estos criterios y asegurar la salvaguarda del patrimonio. Lamentablemente la subjetividad y diversidad de la restauración no admite normas generales, por lo que su aplicación depende de las características

22 CHANFÓN OLMOS, Carlos. *op. cit.*

23 Artículo 1º. Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Diario Oficial de la Federación, México, 1972 (Última Reforma DOF 13-01-1986) p.1.

24 El INAH es responsable de la explotación de zonas arqueológicas e históricas del país, así como de su vigilancia, protección, conservación y restauración, de acuerdo con su

ley orgánica, expedida el 19 de diciembre de 1985, y la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, promulgada el 6 de mayo de 1972.

25 Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas. Diario Oficial de la Federación, México, 1972 (Última Reforma DOF 13-01-1986) p.4.

particulares del monumento y del grado de deterioro.

Estos tratados o cartas aún no han logrado resolver todos los problemas que atañen a la restauración y en la práctica, algunos han resultado erróneos. Pese a ello, las cartas de restauración son un referente importante en la conservación e intervención del patrimonio cultural.

La carta más destacada, que ha servido de base para otros tratados realizados principalmente por el **ICOMOS**,²⁶ es **La Carta de Venecia**. A continuación se enlistan los artículos de la misma que tienen inferencia en esta investigación.

Art. 5. La conservación de los monumentos se ve siempre favorecida por su utilización en funciones útiles a la sociedad: tal finalidad es deseable, pero no debe alterar la distribución y el aspecto del edificio. Las adaptaciones realizadas en función de la evolución de los usos y costumbres deben, pues, contenerse dentro de estos límites.

Art. 6. La conservación de un monumento implica la de sus condiciones ambientales. Cuando subsista un ambiente tradicional, éste será conservado; por el contrario, deberá rechazarse cualquier nueva construcción, destrucción y utilización que pueda alterar las relaciones de los volúmenes y los colores.

Art. 7. El monumento no puede ser separado de la historia de la que es testimonio, ni del ambiente en el que se encuentra. Por lo tanto, el cambio de una parte o de todo el monumento no puede ser tolerado más que cuando la salvaguardia de un monumento lo

exija, o cuando esté justificado por causas de relevante interés nacional o internacional.

Art. 9. La restauración es un proceso que debe tener un carácter excepcional. Su finalidad es la de conservar y poner de relieve los valores formales e históricos del monumento y se fundamenta en el respeto a los elementos antiguos y a las partes auténticas. La restauración debe detenerse allí donde comienzan las hipótesis: cualquier trabajo encaminado a completar, considerado como indispensable por razones estéticas y teóricas, debe distinguirse del conjunto arquitectónico y deberá llevar el sello de nuestra época. La restauración estará siempre precedida y acompañada de un estudio arqueológico e histórico del monumento.

Art. 10. Cuando las técnicas tradicionales se manifiesten inadecuadas, la consolidación de un monumento puede ser asegurada mediante el auxilio de todos los medios más modernos de construcción y de conservación, cuya eficacia haya sido demostrada por datos científicos y garantizada por la experiencia.

Art. 13. Las adiciones no pueden ser toleradas si no respetan todas las partes que afectan al edificio, su ambiente tradicional, el equilibrio de su conjunto y sus relaciones con el ambiente circundante.

3.1.4. El papel actual de la restauración

Los puntos más importantes dentro de la restauración es la comprensión histórica, arquitectónica y estructural del monumento histórico. Muchos de los daños que presentan

²⁶ Por sus siglas en inglés: *International Council of Monuments and Sites* (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios).

actualmente los edificios, son frutos de las primeras intervenciones (principalmente en las primeras décadas del siglo XX), donde la suma del deseo continuo por borrar el pasado, la nueva moda que llega para predominar sobre lo existente sin valorar las riquezas de las propuestas plasmadas y la falta de criterios establecidos (como ahora lo pretenden hacer las cartas de restauración) detonaron la degradación del patrimonio arquitectónico.

En las primeras intervenciones, el restaurador o arquitecto; dejó de pensar en la envolvente para solo resolver la “comodidad” o las nuevas necesidades espaciales siguiendo su concepción de belleza o funcionalidad. En unas décadas se borraron siglos de conocimientos sobre el entorno y del porqué de la forma y ubicación de ciertos elementos en las edificaciones. Las intervenciones, se hicieron sin estudiar las causas y efectos de las mismas; sin “leer” y comprender la razón de ser de los componentes del edificio.

El problema de estas intervenciones es, que al no considerar nada más que las nuevas necesidades; se modificaron substancialmente o se eliminaron elementos de suma importancia, tanto desde el punto de vista arquitectónico- estructural. Esto ocasionó alteraciones severas; se perdió la lectura arquitectónica y en cierto sentido su tipología.

Para adecuar los espacios conforme al nuevo uso, requirieron la demolición de diversos muros, pisos, la ampliación de vanos e integración de pisos superiores. Todas estas modificaciones se hicieron sin conocer el comportamiento estructural de los inmuebles, el cual había funcionado y respondido perfectamente ante los eventos naturales, como sismos o huracanes. Se introdujeron trabes, losas, y columnas de concreto y/o acero, que alteraron completamente el comportamiento del edificio comprometiendo

la estabilidad estructural de los mismos.

El resultado son daños desde moderados a severos en los inmuebles, ocasionando la modificación radical de su forma y uso hasta el abandono del monumento. Al eliminar ciertas características bioclimáticas de los inmuebles, los espacios se tornaron incómodos, desde el punto de vista térmico y visual. Para citar algunos ejemplos, muchas casas a sus patios se les agregaron pisos de vitrolite lo cual bloqueó el paso de la luz y la ventilación natural; por lo que los espacios interiores se convirtieron en cuevas.

Al no comprender estos edificios poco a poco se volvieron, oscuros, insalubres e inseguros. Algunos se devaluaron a tal grado, que se demolieron en su totalidad o solo se conservaron sus fachadas.

Actualmente, gracias a las aportaciones de diversos expertos tanto en la materia de restauración arquitectónica como estructural; los procedimientos actuales de restauración consideran la tipología arquitectónica y los sistemas estructurales con las cuales fueron diseñados los edificios. Las intervenciones ahora son más afortunadas aunque todavía hay aspectos que no hemos considerados como la sustentabilidad.

“El siglo XXI, que trae consigo otros referentes, otras necesidades; y por lo tanto otros retos, llevan a la necesidad y desafío de implementar tecnologías sustentables en las edificaciones antiguas, generar proyectos integrales en la restauración de un monumento histórico (urbano o rural), y obtener a través de su planeación una adecuada administración de los recursos no renovables.”²⁷

²⁷ SÁNCHEZ HERNÁNDEZ. Andrés Armando. *Los retos de la conservación del patrimonio edificado en el siglo XXI*. Ponencia. México. 2005

3.2. La restauración sustentable en edificios históricos, una visión integral

Las condiciones socioculturales del entorno cuando se construyeron los edificios históricos han cambiado. Para devolverlos como elementos activos dentro de las ciudades, hay que adecuarlos a las necesidades que marca la sociedad contemporánea, desde el punto de vista funcional como el sustentable.

“La sociedad ha marcado los principios fundamentales de la modernidad arquitectónica, que consisten en una serie de ecuaciones de las cuales nunca han sido verificadas a excepción de pequeños e insignificantes ejemplos. Estas son las ecuaciones: utilidad-belleza, estructura- prestigio estético y las aseveraciones dogmáticas de los estatutos funcionalistas.... la sociedad post- industrial es una sociedad en la cual la nueva tecnología ha volteado a nuestra era en una era de información y comunicación. Como consecuencia,” la arquitectura se ha vuelto un instrumento de la producción y transmisión de modelos comunicativos, que tienen para una sociedad en particular un valor análogo a aquellas leyes y otras reglas civiles, modelos cuyas sus raíces mienten en la apropiación y transformación de los lugares de la tierra, y las cuales han formado por siglos parte de conformación y desarrollo de identidad de los sitios (o ciudades) y de las comunidades.”²⁸

Se está superando el problema arquitectónico y estructural en los edificios históricos, pero los criterios de restauración actuales no consideran los factores ambientales. El restaurador sólo

se concentra en la recuperación espacial y estructural del inmueble, dejando a un lado aspectos de igual importancia como es la funcionalidad y comodidad de los espacios, la optimización de los recursos naturales y la probabilidad de autosustentabilidad de los mismos. Sólo se concretan a resolver el pasado y el presente pero dejan a un lado el futuro.

Al igual que se hizo con la comprensión del lenguaje arquitectónico y los sistemas estructurales, en un proyecto de restauración debemos estudiar el edificio para comprender las adecuaciones y estrategias que tienen para adaptarse al ambiente.

Como se evidenció en los primeros capítulos, un edificio histórico se construyó altamente tecnológico, respetando y adaptándose al entorno donde era insertado. Éstas tecnologías consideradas en su tipología constructiva son ahora las que denominados como bioclimáticas, y finalmente son un antecedente a la tecnología sustentable que ahora manejamos en las construcciones contemporáneas.

“Es importante que las acciones de mantenimiento y conservación de monumentos y sitios incluyan la recuperación de tecnologías tradicionales Un ejemplo de ello es el rescate de procedimientos para lechadas, enlucidos y capas pictóricas, que protegen eficazmente a elementos pétreos y pueden aplicarse con una alta proporción de mano de obra de fácil adiestramiento.”²⁹

²⁸ PORTOGHESI, Paolo. *op. cit.* p. 11.

²⁹ X Symposium Interamericano de Conservación del Patrimonio Monumental. El patrimonio cultural en la vida cotidiana y su conservación con el apoyo de la comunidad. Declaración de Oaxaca” en Conservación del Patrimonio Monumental. Quince

Considerando los cuatro componentes de la arquitectura sustentable mostrados en el capítulo uno, el edificio histórico contiene en su tipología constructiva estrategias bioclimáticas para adaptarse a las condiciones climáticas del sitio; integra elementos vegetales en patios y acequias, así como la reutilización de la arquitectura (ecología), sus espacios buscaban ofrecer el confort necesario a los usuarios (salud y confort), todo esto con la tecnología disponible. Al comparar estos principios se comprueba que los edificios históricos consideraron al ambiente y al usuario, por lo que se podría afirmar que eran una arquitectura sustentable de acuerdo a la época de su construcción.

Estos principios forman parte de los valores intangibles de los edificios históricos, de ahí nace la importancia en respetarlos y rescatarlos para efectuar una restauración respetuosa del patrimonio. Como señala Paolo Portoghesi:

*“...un tipo de nuevo renacimiento comienza siendo esbozado, el cual intenta recobrar ciertos aspectos del pasado, no interrumpir la historia, pero para detener su parálisis, y continua añadiendo sobre los argumentos que su texto acusa... y singulariza el gran error de la arquitectura moderna no en su uso post-industrial pero en el rompimiento de la continuidad histórica.”*³⁰

Si un edificio histórico, su origen fue el respeto al ambiente, ¿porque al restaurarlo olvidamos ese antecedente y lo ignoramos completamente?

“Las edificaciones requieren restauración que responda a los valores

años de experiencias. Conclusiones de los simposios del Comité Mexicano del ICOMOS 1978-1994. México. INAH. 1996. p. 77.

30 PORTOGHESI, Paolo. *Postmodern*, N.York, Rizzoli, 1982.

*de la arquitectura, con aportaciones tecnológicas contemporáneas.”*³¹

Tomando como base el objetivo principal de la restauración, que busca devolver todas las características cualitativas y cuantitativas de un edificio histórico, se deben recuperar las estrategias bioclimáticas existentes (valor intangible) complementada con tecnología sustentable y así aplicarse los principios de sustentabilidad reinterpretados a las necesidades actuales de la sociedad. Con esto se ofrecerá el máximo confort y desarrollo tecnológico posible sin dañar los elementos que forman parte de su historia.

Finalmente la arquitectura posmoderna es el

*“reconocimiento de validez parcial y relativa de todos los sistemas convencionales, donde se acepte que pertenecemos a una red policéntrica de experiencias, todas con derecho a ser oídas.”*³²

El argumento de algunos restauradores para no colocar tecnología a un edificio histórico, es la idea de preservarlo en su estado original y evitar falsificaciones pero **“la falsedad radica en el juicio no en el objeto.”**³³

La mayoría de los “nuevos conservadores son, más o menos, no aquellos que retornan a las tradiciones artísticas del pasado para contar los efectos de la modernización que se dejan perder en el modernismo, sino aquellos quienes actúan como los guardianes de la

31 COVARRUBIAS GAITAN, Francisco. *Los centros históricos y la ciudad actual: instrumentos de ordenamiento, conservación, revitalización y uso*. VII Encuentro internacional de revitalización de centros históricos, la arquitectura de hoy, entre la ciudad histórica y la actual. México, 2008

32 PORTOGHESI, Paolo. *Postmodern*, N.York, Rizzoli, 1982, p. 26.

33 BRANDI, Cesare. *Teoría de la restauración, op.cit.* Madrid. 1989 p, ...

modernidad a cualquier costo. Incapaz de refutar las críticas radicales de la tradición de lo nuevo, ellos hablan de un incompleto proyecto de modernidad que debe ser continuado: ellos pretenden ignorar el hecho en el orden del cambio real, las premisas esenciales del proyecto contemporáneo, y no sus últimas consecuencias, que deben ser debatidas una vez más. Ellos se resisten en admitir que la continuidad con la gran tradición del arte moderno, actualmente engaña más en el valor de romper con el pasado (el cual en este caso es precisamente lo que ayer fue moderno).³⁴

Como menciona Paolo Portoghesi: **“lo que hoy es pasado ayer fue moderno”**, y muchas de las características que contienen los edificios históricos, en su temporalidad fueron tecnología de punta. Si en un edificio antiguo, encontramos evidencia de la sucesiva incorporación de los avances tecnológicos durante varios siglos, ¿porqué no continuar con la implementación de tecnología en la medida que la morfología del edificio lo permita sin destruir la otra historia que prevalece?.

El edificio Reichstag, es un digno ejemplo de una solución exitosa sobre la difícil tarea de conciliar la historia con el presente donde se rompe con la tradición historicista, que promueve la imitación de modelos del pasado.

Esto supone rechazar la idea de que el edificio sea un simple documento del pasado, por lo que se debe buscar que tengan una dimensión viva con su uso y ambiente trasladados a la actualidad, aunque sin olvidar su historicidad.

“La restauración, para llegar a ser una operación legítima, no deberá presumir

³⁴ PORTOGHESI, Paolo. *Postmodern*, N.York, Rizzoli, 1982.

de reversibilidad del tiempo ni de la abolición de la historia.”³⁵

En el momento en que decidimos que un edificio histórico, solo puede conservar su morfología “original”, lo condenamos a un destino incierto.

Un inmueble histórico al ser restaurado debe recuperar su funcionalidad de acuerdo a la época en que nos situamos, ofrecer comodidad y salud como solía hacerlo, tener la capacidad de albergar diferentes actividades para que la mayoría de los inmuebles que se restauren no se conviertan exclusivamente en museos (como ha sucedido en los últimos años). Algunos podrán recuperar su función original o adquirirán otro uso con mayor facilidad, lo cual acelerará la reactivación del edificio y consigo de su entorno.

Otra consecuencia positiva, es la reducción del consumo energético y por lo tanto, de la huella ambiental del monumento. Esta reducción, se traduce directamente en ahorro económico, el cual se podría invertir en el mantenimiento del inmueble y con ello retardar su deterioro, siguiendo los principios de la conservación.

Por medio de la restauración sustentable se busca la preservación de monumento contribuyendo a la preservación del planeta, y

“En suma, hemos podido hasta aquí percatarnos de que los valores propios a toda obra de arquitectura que lo se auténticamente, perduran aun en el monumento, con algunas importantes modalidades que orientan el criterio del arquitecto que restaura...”³⁶

³⁵ BRANDI, Cesare. *Principios de la teoría de la restauración*, UNAM, México 1071. p, 112

³⁶ VILLAGRÁN G., José. *Arquitectura y restauración de monumentos*. El Colegio Nacional, México, XCM-LXVI, Memoria de El Colegio Nacional, Tomo IV, N°1, Año de 1966, p.111.

¿Cómo lograr una restauración sustentable?

Primero, hay que enlistar los objetivos de la restauración arquitectónica respetuosa del ambiente que son:

- a. Reducir el impacto ambiental que producen la construcción, uso y demolición de la arquitectura en su conjunto.
- b. Relacionar al hombre física y metafísicamente con su entorno natural y cultural.
- c. Aprovechar las consideraciones bioclimáticas y ecológicas de los edificios históricos novohispanos mediante el diseño, la adecuación de los espacios interiores y enriquecerlos añadiendo las tecnologías sustentables.

Por lo tanto, los pasos propuestos para reincorporar exitosamente los principios

de sustentabilidad a un edificio histórico, adicionales al procedimiento convencional de restauración son:

1. Análisis climático. Hay que estudiar los datos sobre temperatura, humedad, radiación y efectos del viento anuales para determinar el tipo de clima y los requisitos necesarios para mitigar los efectos adversos de ese clima.

2. Características bioclimáticas. En el capítulo anterior, quedó evidenciado la estrecha relación entre la arquitectura novohispana y el clima del sitio.

La intención de la restauración sustentable es, además la preservación de la arquitectura patrimonial y el rescate de la riqueza



Figura 2. Restauración sustentable: calvanguardia del patrimonio cultural reduciendo el impacto ambiental.
Imagen izquierda: Cúpula del Palacio de Bellas Artes, Archivo personal. Imagen derecha: US Green Building Council.

bioclimática inmersa en sus muros. Así que es obligación del restaurador, al igual que la arquitectura, respetar y/o reintegrar las tecnologías bioclimáticas inmersas en el monumento.

Para tal efecto se debe realizar un estudio bioclimático a fin de detectar las características de adaptación del inmueble al bioclima del sitio. Adicionalmente con ayuda del levantamiento de fábricas y la investigación histórica (planos, fotografías, litografías, etc.), se detectarán los vanos, muros y otros dispositivos que hayan sido alterados cuya reintegración ayude a mejorar el confort.

3. Tecnología sustentable y criterios de intervención. Una vez determinadas las características bioclimáticas del monumento histórico, se establecerán las estrategias más adecuadas, en las que se incluye la recuperación de elementos bioclimáticos del inmueble e insertar la tecnología sustentable adecuada al problema para reducir el consumo energético y mejorar el confort del usuario.

Es primordial que las tecnologías integradas respeten la autenticidad del edificio histórico y no alteren su unidad formal, por lo que en el próximo capítulo se establecen las estrategias sustentables adecuadas para estos edificios.

CUN
UN
a
rt
O

4. Estrategias sustentables para edificios históricos

“La opción totalizadora de la tecnología y la capacidad de transformación del hombre han de conjugarse con la reflexión histórica, la conciencia del valor de los símbolos y el respeto por el entorno. Ahí estriba el gran reto de la arquitectura actual, saber progresar utilizando todas la disponibilidades de la tecnociencia sin olvidar la memoria”

José María Montaner

Para la reducción del impacto ambiental de un edificio, existen muchas alternativas que nos permiten lograrlo, pero no todas ellas pueden aplicarse a un edificio histórico. Es así que en las siguientes páginas, se exponen aquellas estrategias y herramientas tecnológicas que pueden ser insertadas en un monumento histórico cumpliendo los criterios de restauración.

La pretensión de este capítulo es servir de guía mostrando las consideraciones básicas que deben tomarse dentro del proyecto de intervención de un monumento histórico.

La tecnología, combinada con estrategias bioclimáticas (en su mayoría existentes en el monumento¹), se presenta clasificada en ocho aspectos o puntos que deberán tomarse para la restauración de los edificios históricos; los cuales se enlistan continuación:

- Eficiencia energética
- Protección térmica de la envolvente.
- Elementos vegetales.
- Iluminación.
- Energía Renovable.
- Gestión del agua.
- Selección de materiales.
- Residuos.

Para seleccionar la tecnología más adecuada, se hizo énfasis en la aplicación de tecnología pasiva (ecotecnias) y en segunda instancia la tecnología activa para resolver aquellos problemas en donde la primera se vea limitada. Esta decisión se debe a que la tecnología pasiva es de menor impacto ambiental y más económica que la tecnología activa, por lo cual facilitará su integración en las futuras restauraciones a razón de los presupuestos limitados.

1 En el capítulo dos quedó demostrada la adaptación de los monumentos a su bioclima.

Sobre la selección de la tecnología activa, se consideró aquella de mayor aplicación en la actualidad, que puede ser insertada con facilidad en un monumento histórico y cuya adquisición es relativamente accesible.

La decisión de cuales tecnologías son aplicables a un proyecto de intervención dado, dependerán de las características del entorno y del inmueble; pero principalmente de la pericia del restaurador.

Asimismo, tanto la tecnología como las estrategias seleccionadas, deberán ser tratadas de manera equilibrada en el edificio, así los aspectos tecnológicos que se incorporen, adoptarán posiciones específicas respetando la arquitectura patrimonial, pero altamente efectiva en el bioclima del sitio.

La incorporación de tecnología en los edificios históricos, sigue las teorías de la arquitectura postmoderna que:

“es evolucionista más que revolucionario; no niega la tradición moderna, pero la interpreta libremente, la integra, recorre críticamente sus glorias y sus errores. Contra los dogmas de la univalencia, de la coherencia estilística personal. Del equilibrio estático o dinámico, contra la pureza y la ausencia de todo elemento vulgar, la arquitectura postmoderna revaloriza la ambigüedad y la ironía, la pluralidad de estilos, el doble código que le permite dirigirse por una parte al gusto popular, por medio de la claridad del método compositivo y por lo que definimos como el juego de ajedrez aplicado a la composición del objeto arquitectónico”²

2 PORTOGHESI, Paolo. *Después de la arquitectura moderna*. Colección Punto y línea. Editorial, Gustavo Gili. Barcelona. 1981.

4.1. Eficiencia energética

Una de las formas de minimizar el impacto ambiental, es reduciendo el consumo energético. Es aquí donde interviene la eficiencia energética. La eficiencia energética hace referencia a toda estrategia y herramienta tecnológica que ayude a reducir los consumos energéticos conservando los mismos servicios. En otro sentido, el ahorro de energía permite aumentar los servicios sin incrementar los consumos actuales.

Un indicador de eficiencia energética es la relación entre un cantidad de energía, de servicio o valor y la energía consumida para proveerlo.

Los edificios construidos antes de 1975 representan el 75% del potencial de ahorro energético³ porque estos edificios, con equipos e instalaciones obsoletas, son los que derrochan más energía.

Al usar técnicas de eficiencia energética, inclusive en las restauraciones, sería posible obtener disminuciones cercanas al 90% en su actual demanda energética.

Las recomendaciones que se presentan están ordenadas de acuerdo a las dos formas en que se puede conseguir la Eficiencia Energética en un monumento histórico.

a. Eficiencia Pasiva

Se reduce el consumo a través de estrategias y cambios de hábitos. Es tan simple como utilizar equipos e instalaciones con tecnología de bajo consumo, aislamientos, apagar luminarias y computadoras cuando no se requieren, etc.

³ Datos obtenidos por la empresa europea de investigación Ecofys.

Algunas estrategias pasivas, dependerán de la voluntad de los usuarios y otras de la toma de decisiones por parte del arquitecto que interviene en el proyecto.

El usuario deberá ser consciente de la repercusión de sus acciones y hábitos. Si el usuario no lo hace, no se podrá obtener la reducción del consumo energético deseado a pesar de tener equipos de alta eficiencia.

En el caso del proyecto de restauración y/o adecuación arquitectónica, hay dos pasos fundamentales que deben seguirse:

Primero: Realizar una auditoría energética del edificio junto con una evaluación del rendimiento energético. Esto permitirá establecer las deficiencias energéticas a fin de establecer un plan de acción para mejorar la eficiencia. Con esto se mostrarán los indicativos sobre el potencial de mejora.

Las auditorías energéticas se deben realizar en todas las subestaciones, áreas y/o sistemas principalmente en aquellas de alto consumo de energía (como el aire acondicionado) para optimizar los procesos.

Segundo: estudiar los factores que intervienen directamente en el consumo energético para que sean corregidos o respetados desde la etapa proyectual. Estos factores son:

- a. Envoltente del edificio.
- b. Aire acondicionado.
- c. Iluminación natural.

a. Envoltente del edificio (carga térmica).

La mayor parte de las ganancias de calor por radiación solar, se dan a través de los muros y techos de las edificaciones (envoltente).

Por lo tanto, los tipos de envolvente afectarán directamente la carga térmica. Si no se consideran elementos que bloqueen los rayos solares, aumentará el calor dentro de los espacios, aumentando la capacidad de los equipos de aire acondicionado.

Los elementos que determinan el comportamiento de la envolvente del edificio son:

- o Aislantes térmicos
- o Barreras vegetales
- o Relación vanos/macizos
- o Tipos de vidrios
- o Fabricas (materiales y espesores de los sistemas constructivos)

Las formas para solucionar este tema, se desarrollan ampliamente en el subcapítulo 4.2. *Protección térmica de la envolvente.*

b. Sistemas de aire acondicionado.

Los sistemas de ventilación en particular de aire acondicionado, son proporcionales a la carga térmica y consumen mucha energía eléctrica.

Asimismo, requieren de un mantenimiento periódico para prevenir el crecimiento de microorganismos dañinos para la salud.

Se estima que el aire acondicionado (afectado por la carga térmica) constituye el 51% del consumo eléctrico y la iluminación un 20%.⁴

⁴ Fuente: *Union des Villes et Communes de Wallonie asbl, Fiche 4 - L'utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments* Bélgica, 2008. P 1.

En México, el mayor consumo de energía en las edificaciones es por concepto de acondicionamiento de aire, durante las épocas de mayor calor. Las estrategias de diseño deberían tratar de eliminar, en primer lugar, la necesidad de aire acondicionado. Aquí se puede recurrir al rescate de la tecnología bioclimática.

En caso de que el sistema de aire acondicionado sea imprescindible, actualmente existen equipos que permiten ahorrar energía.

c. Sistemas de iluminación.

Depende de la cantidad de iluminación natural que entra en los espacios.

La iluminación natural es preferible a la iluminación artificial porque reduce considerablemente el consumo energético, pero hay que cuidar muy bien el manejo de la iluminación natural porque si no se consideran barreras vegetales, parasoles, tipos de vidrio, y películas de aislantes aumentará la carga térmica en los espacios. En ese caso se reducirá el consumo eléctrico en iluminación pero aumentará el consumo por los equipos de aire acondicionado.

Para conseguir una alta eficiencia energética en un edificio histórico, éstas estrategias son importantes pero no suficientes por sí solas, por lo que hay que recurrir a las activas.

b. Eficiencia Activa

Para alcanzar la eficiencia con medios activos, se requiere de herramientas tecnológicas avanzadas (y alguna de ellas costosas).

Es importante evaluar las características de los sistemas y equipos de alta eficiencia para obtener un mayor rendimiento con un menor consumo de electricidad con base a las necesidades específicas de cada proyecto.

El aspecto más importante en este punto, es la selección adecuada de los equipos, la cual será con base a la economía, las condiciones ambientales y a las características de la edificación.

Los objetivos principales que deberán tener los sistemas y equipos serán: máxima economía, flexibilidad, eficiencia y seguridad para el usuario y el inmueble (guardando el carácter de reversibilidad).

Desafortunadamente un gran porcentaje de personas, entiende por economía la adquisición de los equipos más baratos del mercado, lo cual trae consigo severas repercusiones en el funcionamiento y desempeño energético del inmueble. Por lo tanto al hablar de economía, se deben buscar aquellos equipos cuya eficiencia en su operación, permita ahorros considerables por consumo de energía de fuentes no renovables principalmente.

Otro aspecto importante es la centralización, automatización y monitoreo de los sistemas del inmueble histórico. *“El sistema de control energético es la estrategia principal para el ahorro de energía en edificios de alta tecnología.”*⁵

⁵ VACIO, Manuel de Jesús. *Estimación y Análisis de los principales índices energéticos de los edificios de alta tecnología contra convencionales*. México 2002

Al implementar sistemas de control y automatización, se pueden programar los equipos para que operen en situaciones de máximo rendimiento, logrando reducciones en el consumo energético. Como ejemplo, se pueden programar y automatizar los arranques y paros óptimos, ciclos de funcionamiento, y reajuste de cargas en todos los equipos como: bombas, hidroneumáticos, subestaciones eléctricas, manejadoras de aire, chillers, etc. El monitoreo permite analizar el comportamiento de cada sistema instalado en el edificio, detectar deficiencias y corregirlas para optimizar su funcionamiento e igualmente reducir el consumo energético.

Probablemente sea difícil implementar estrategias activas por el alto costo de inversión, pero irónicamente, muchas instalaciones que contiene un edificio de alta tecnología también están presentes en un edificio histórico con una gran diferencia: éstos últimos no poseen un sistema de control que permita la optimización de la energía para reducir la demanda innecesaria y las pérdidas.

En este sentido sería muy fácil poder reducir los consumos eléctricos en los edificios históricos si desde la etapa proyectual se diseñan con precisión todas las instalaciones y se incluyen sistemas de control para aumentar la eficiencia.

A pesar de que la reducción del consumo energético, también son necesarias las estrategias para disminuir el impacto ambiental en otros ámbitos en la fase de restauración y durante el uso de los edificios, que incluyen la producción de residuos, los materiales, sistemas constructivos y el consumo de agua. La envolvente de un edificio está formada por los techos, paredes, vanos, piso y superficies interiores, que conforman el espacio interior de una edificación.



Fig. 1. Fachada de Palacio Nacional, México. Archivo personal.

4.2. Protección Térmica de la Envolvente

El objetivo es lograr un uso eficiente de la energía a través de una envolvente térmicamente adecuada, sin sacrificar el confort de los ocupantes.

“La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envolvente.”⁶

Queda claro que la envolvente del edificio juega un factor determinante en el consumo energético, por lo que se deben tomar acciones para disminuir su impacto.

Como estrategia inicial, se recomienda hacer un análisis térmico y lumínico de los espacios, con ayuda de gráficas solares⁷, para determinar con mayor precisión la cantidad de asoleamiento que recibe cada espacio durante el año y con ello establecer los espacios más cálidos y fríos del inmueble histórico.

De esta forma, se podrá asignar a cada espacio

el uso más apropiado y se podrán optimizar las aberturas y diseñar adecuadamente los dispositivos de control solar. Con ello, se lograrán efectos directos de calentamiento y/o enfriamiento con niveles de iluminación natural adecuados, traducibles en términos de confort humano y de bajo impacto ambiental.

El tipo de actividades que albergará cada espacio, tendrá la temperatura más adecuada y en caso de que se requiera un sistema mecánico para lograr la temperatura deseada, éste consumirá menos energía.

El siguiente paso será la evaluación de la envolvente del edificio histórico, para determinar aquellos puntos críticos que deberán atenderse.

Para analizar la envolvente, la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía) establece que los propietarios de los edificios no residenciales, deben evaluar la envolvente utilizando la metodología de cálculo en la NOM-008-ENER-2001, sobre eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.⁸

⁸ La normalización para la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes

⁶ NOM-008-ENER-2001, Diario Oficial de la Federación, 25 de Abril de 2001 página 61.

⁷ La geometría solar es uno de los elementos más importantes dentro del proceso de diseño arquitectónico, representa las trayectorias solares sobre el plano del horizonte, para un punto de observación localizado en la superficie de la tierra, aplicando los principios de proyecciones cónicas.

Si el resultado de la evaluación es desfavorable, se deben analizar las mejoras que se pueden implementar en la envolvente del edificio, a fin de cumplir con lo establecido en la NOM-008-ENER-2001.

Para proteger térmicamente la envolvente existen diferentes recursos como: aislantes térmicos de fibra de vidrio o poliuretano, vidrios dobles y triples (con capacidad de reflejar, absorber, filtrar, etc), láminas de control solar, toldos, marquesinas, contraventanas (oscuros) y elementos vegetales (incluyendo azoteas verdes y jardines verticales) que generen superficies sombreadas.

Al seleccionar los dispositivos que se adapten adecuadamente a un edificio histórico, se deben analizar los siguientes aspectos: características arquitectónicas del monumento, emplazamiento, orientación, estudio de sombras, forma de la edificación, movimientos de aire y balance de temperatura interior.

En los siguientes párrafos se muestran los dispositivos adecuados para un monumento histórico y cómo pueden beneficiarlo.

a. Aislamiento térmico

El aislamiento térmico dificulta el paso de calor por conducción del interior al exterior de la edificación y viceversa. Por ello es eficaz tanto en invierno como en verano.

En ciertos tipos de climas es indispensable el aislamiento térmico para evitar el flujo de calor desde el exterior hacia el interior o viceversa, y con ello hacer los espacios mas confortables, evitando en lo posible, el uso de sistemas mecánicos.

con el mínimo consumo de energía. Esta norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes..

La eficiencia de la protección térmica está determinada por su ubicación, que puede ser al interior o al exterior de los elementos constructivos.

El aislamiento exterior produce la mayor capacidad térmica, reduciendo las fluctuaciones en la temperatura del aire, pero el espacio tardará más tiempo en calentarse o enfriarse. Al colocarlo al exterior, se utiliza la masa térmica del edificio, la cual estabiliza las temperaturas durante el día y contribuye a la refrigeración nocturna, pero puede incrementar el costo de la calefacción.

El aislamiento interior separa la masa térmica de los muros y techos del espacio habitado y reduce tanto el tiempo de respuesta como la energía que se requiere para el que espacio alcance el confort. Por lo que es recomendable para espacios que se calientan intermitentemente. Su desventaja es que tiende a producir puentes térmicos y condensación.

Por lo tanto, en climas cálidos es importante impedir que los espacios ganen calor por lo que los aislantes deberán ir al exterior, para impedir la conducción del calor hacia el interior. En climas fríos, es necesario colocar el aislante al interior de la edificación para impedir que el calor de las habitaciones sea cedido hacia el exterior.

“El aislamiento interior debería utilizarse sólo cuando las fachadas no pueden alterarse. Normalmente resulta más económico el aislamiento exterior, pero se pierde espacio y supone la sustitución de acabados, instalaciones y cualquier otro elemento fijo; además impide el uso de la masa térmica del edificio para almacenar el calor.”⁹

Para hacer eficaz el aislamiento, también

⁹ Vitruvio Ecológico... op. cit. p. 77.

Tipo de entrepiso	Tipo aislamiento térmico	
	Poliestireno extrudido	Fibra de vidrio
1. Bóveda catalana	si	no
2. Bóveda escarzana	si	no
3. Bóveda cañón cdo.	si	no
4. Cúpula	no	no
5. Teja	si	si
6. Entablado	no	no
7. Terrado	no	no
8. Losas c/cielo raso	no	si
9. Losa concreto, losa cero sin plafón	si	no
10. Losa concreto, losa cero con plafón	si	si

Tabla 1. Aplicaciones del aislante térmico recomendadas de acuerdo al sistema de entrepiso.

es necesario reducir al máximo los puentes térmicos.¹⁰

Los aislantes térmicos, de acuerdo a las normas NOM-009-ENER-1995 y NOM-018-ENER-1997 deben presentar etiquetas con las siguientes características para establecer su comportamiento: Densidad, Propiedades de transferencia de calor, Máximas temperaturas de uso, Análisis químicos, Resistencia al fuego, Absorción de agua, etc.

El tipo de aislamiento térmico más recomendado para un edificio histórico es el poliestireno extruido, por su fácil aplicación, bajo peso y alta resistencia a la compresión, lo que permite colocarlo encima una capa de enladrillado como acabado final.

¹⁰ Un puente térmico es una zona donde se transmite más fácilmente el calor, por ser de diferente material o espesor.

Costo beneficio del aislante térmico: poliestireno extruido¹¹

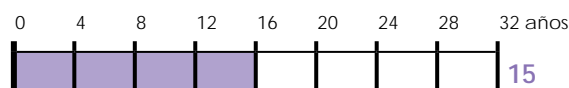
costo



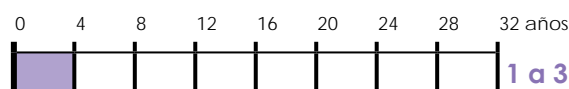
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Resistente a la humedad y no favorece la condensación.
- Gran resistencia a la compresión (puede colocarse enladrillado encima como acabado final).
- Ligero y de fácil instalación.
- Retardante de flama, no propaga el fuego.

Desventajas:

- En climas húmedos requieren barrera de vapor.
- Mantener la superficie de la azotea sin filtración de agua.

b. Láminas de control solar

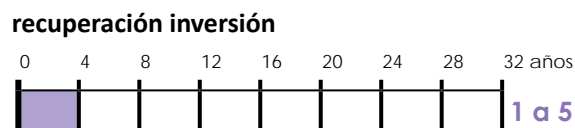
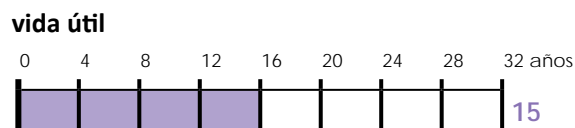
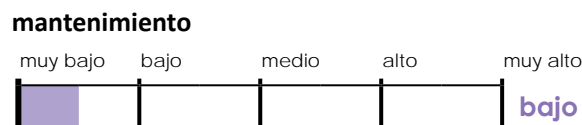
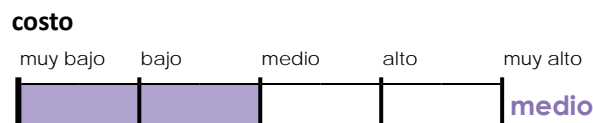
Las ventanas son los puntos “débiles” de la envolvente. Esta película aplicada en los cristales de los vanos, durante el día actúa eficazmente evitando captar la radiación solar y bloquea hasta en un 99% los rayos UV, aunque también reduce algo la transparencia durante el día.

¹¹ Fuente: Ficha técnica Foamular® y Danopren®.

La lámina refleja un gran porcentaje de radiación solar, reduciendo la emitancia solar a través del cristal hasta en un 76%.

Las láminas con tecnología de nanocerámica, son las más recomendables para edificios históricos, dado que mantiene la claridad óptica, no altera el color del vidrio y requiere poco mantenimiento. Es importante que la lámina no contenga partículas de metal, dado que en climas con humedad elevada, ocasiona corrosión en la misma.

Costo beneficio de las láminas de control solar con partículas de nanocerámica.¹²



Ventajas:

- Rechaza hasta el 68% de la energía solar.
- Bloquea el 99% de rayos UV, evitando la pérdida de pigmentación de los bienes.
- 100% libre de tintes y de metales, por lo que no se corroe, no se oxida, no cambia de color, y es libre de reflexiones.
- Fácil instalación.

Desventajas:

- Sin protección acústica.
- Reducción de la iluminación natural.

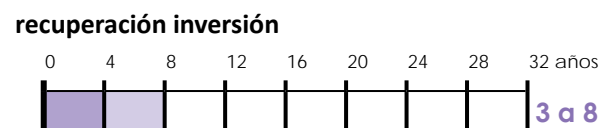
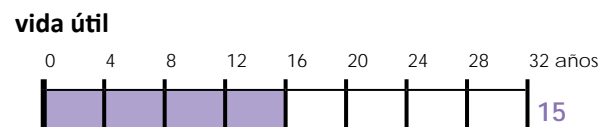
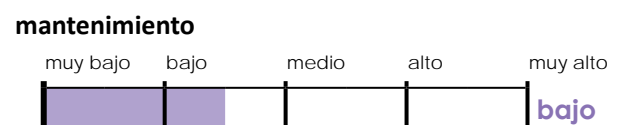
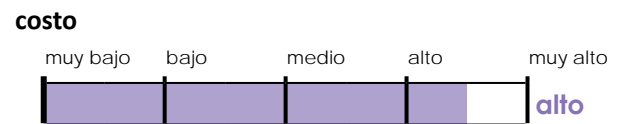
¹² Fuente: Ficha técnica Hüper Optik®

c. Ventanas con doble vidrio

Este sistema reduce las pérdidas y ganancias de calor y adicionalmente brindan protección acústica impidiendo la entrada del ruido exterior. **(2)**

Para que funcione adecuadamente, es necesario dejar un espacio entre cada vidrio de un centímetro como mínimo. Esta cámara de aire u otro gas (argón) entre ambos cristales de la ventana actúa como el mejor aislante para impedir la entrada del calor. Esto se debe a que el aire es un buen aislante por conducción y un buen conductor por convección; es decir, como el aire de la cámara no se mezcla con el aire frío de fuera, la conducción por convección queda frenada, lo que evita el enfriamiento. Adicionalmente, es imprescindible que la puerta contenga sellos de poliuretano o fieltro en todo su perímetro.

Costo beneficio de las ventanas con doble vidrio y cámara de gas argón.¹³



¹³ Vitruvio Ecológico... op. cit. p. 81.

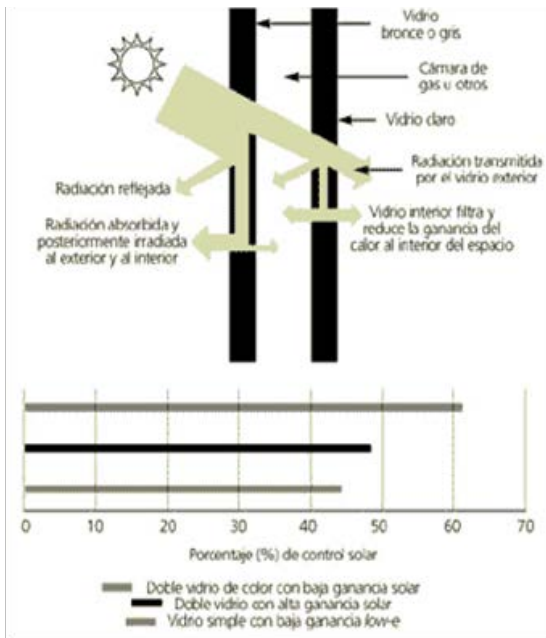


Figura 2. Porcentaje de control solar con ventanas de doble vidrio. Fuente: <http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualventanas.html>.

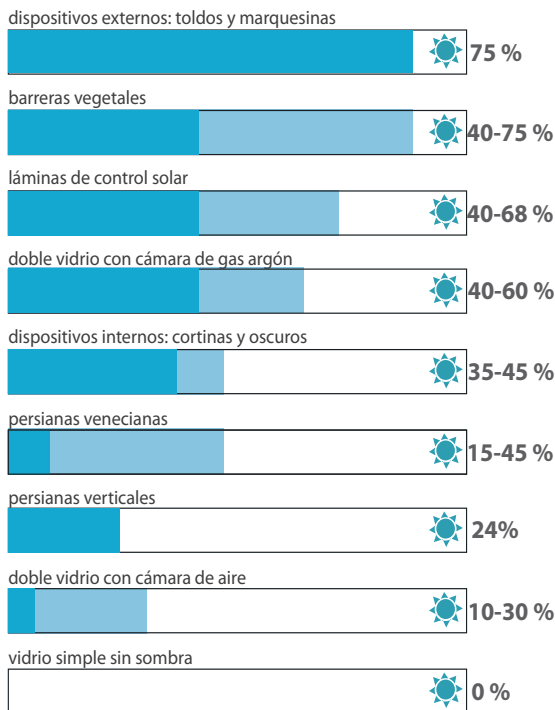


Figura 3. Porcentaje de protección solar de diversos elementos. Fuente: Department of sustainability, Environment, Water, Population and Communities.

Ventajas:

- Rechaza hasta el 60 % de la energía solar.
- Protección acústica.
- No cambia de color, y es libre de reflexiones.

Desventajas:

- Alto costo
- Requiere modificaciones en el marco de la puerta y revisión anual de sellos.
- No ofrece protección ante los rayos UV.
- Instalación compleja.

d. Otros dispositivos

Toldos y marquesinas. y otros dispositivos externos, cuya ventaja es que son ajustables a las condiciones requeridas. Habrá que analizar las implicaciones estéticas al colocarlos y determinar el tamaño adecuado para brindar la protección necesaria contra los rayos solares, sin convertirse en un elemento protagónico de la fachada.

Contraventanas u oscuros. Son los elementos de madera maciza que están generalmente detrás de las ventanas. Se pueden colocar fácilmente, pues son dispositivos utilizados desde hace siglos, que no alteran la composición de la fachada. Son más efectivas que las láminas de filtro solar, pero bloquean casi el 100% de la iluminación natural, por lo que su utilización, dependerá de la función que desempeñe el espacio.

La inserción de estos dispositivos en un edificio histórico, ayudaría a cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001.

A manera de resumen, en la figura 3, se muestra un comparativo sobre la eficiencia de los dispositivos de protección solar para las puertas y ventanas de un edificio histórico.



Fig.4. Baluarte del Fuerte de San Juan de Ulúa, Veracruz. Archivo personal.

4.3. Elementos vegetales

La vegetación es un elemento importante en la arquitectura colonial para generar microclimas. Los elementos vegetales mejoran la calidad espacial en ciertos puntos, proporcionan humedad y generan sensación de frescura.

La inserción de elementos vegetales en los monumentos históricos se dirige a ciertos objetivos, como son:

- Mejoramiento de la calidad de vida del hombre (tanto física, como psicológicamente).
- Reducción del impacto ambiental al coadyuvar de forma pasiva, al confort térmico.

Además de la presencia de vegetación dentro de los patios y huertas en los edificios históricos de acuerdo al clima (ver *Elementos de la arquitectura novohispana*, del capítulo 2), se señalan las azoteas verdes y jardines verticales como elementos pasivos que pueden usarse en la tarea de mitigar los efectos ambientales.

a. Azoteas Verdes

La azotea verde es una técnica de naturación antigua, cuyo uso se remonta desde hace siglos e inclusive, en civilizaciones prehispánicas se ha encontrado su aplicación.

La naturación en cubiertas tiene como misión la integración de elementos vegetales a los edificios (principalmente a aquellos que no cuentan con áreas libres), trayendo consigo ciudades mas “verdes”.

Con esto se podrá dar otro uso a la azotea, como lo planteó Le Corbusier¹⁴, además de brindar una protección ecológica al inmueble frente a la radiación solar (aislamiento térmico).

La implementación de azoteas verdes en los edificios históricos, además del beneficio visual que representan, mejoran el comportamiento térmico de los espacios interiores (enfrian

14. Con la *terraza-jardín*, Le Corbusier plantea la devolución a la naturaleza de la superficie ocupada por la vivienda utilizando la cubierta del edificio y con ello obtener un espacio funcional.

en verano, retienen el calor en invierno) reduciendo las oscilaciones térmicas exteriores. Por lo tanto, esta ecotecnia se recomienda para todos los bioclimas del país.

La aplicación en los edificios históricos dependerá principalmente de la capacidad estructural y del estado de conservación del mismo, pues la naturación de las azoteas implica una carga adicional que deberá soportar el inmueble sin poner en riesgo su estabilidad estructural.

Afortunadamente existen diferentes soluciones de naturación en la azotea, que permiten mayor flexibilidad para su integración en estos edificios de valor patrimonial. Los tipos de naturación expuestos, se clasifican con base a las formas de plantación, por lo que se divide en dos grupos: naturación indirecta y directa.

Naturación indirecta

La plantación se realiza de forma superpuesta, es decir, en macetas que pueden ser movidas y/o retiradas con facilidad.

Este tipo de naturación, es el sistema más sencillo y económico al requerir únicamente de una impermeabilización convencional. Además del bajo costo, representa otras ventajas respecto a la naturación directa.

Generalmente, los límites de carga en los edificios históricos (sin reestructurarse) restringen el uso de esta ecotecnia, pero con la naturación indirecta se permite la integración de elementos vegetales en ciertos puntos donde no implican un riesgo para la estructura.

Asimismo, en un sistema combinado (naturación directa e indirecta) se podrá considerar vegetación de mayor altura sin tener que aumentar el espesor del sustrato en toda la superficie de la losa (5).



Figura 5. Ejemplo de naturación indirecta en un edificio histórico. Azotea verde del Antiguo Palacio del Ayuntamiento, México. © Eloy Valtierra / EIKON.

Naturación directa

Este tipo de naturación consiste en la plantación directa de la vegetación sobre la superficie de un techo, la cual puede tener tres tipos de soluciones: intensivas, semi-intensivas y extensivas.

En el sistema extensivo, la vegetación es de bajo crecimiento y solo se requiere una capa de tierra de entre 5 y 20 cm.

En el sistema intensivo, la altura de la vegetación es superior a 100 cm por lo que es necesario un sustrato mínimo de 40 cm.

La solución óptima para la naturación directa en estos edificios, dependerá de las condiciones del inmueble, el grado de intervención y de los recursos económicos disponibles. La naturación directa implica un sistema más complejo, que además de incrementar los costos, requiere de un análisis estático-estructural del techo para determinar si la estructura existente soportará adecuadamente el peso o si será necesario reforzarla.

Para el análisis y el cálculo estructural, es necesario considerar el peso del sistema completo (vegetación, sustrato o capa de tierra y porcentaje de retención de agua) en estado saturado y tomarlo como carga muerta. Los valores del peso propio de cada solución del

sistema (extensivo, semi-intensivo e intensivo) están señalados en la tabla 2.

Es por ello que solo se recomienda la naturación directa cuando la losa de azotea original haya sido sustituida por sistemas contemporáneos como concreto o losacero, cuya evaluación estructural haya resultado favorable. Asimismo, se recomienda solo el uso de sistemas extensivos o semi-intensivos porque requieren bajos espesores de tierra.

Para la salvaguarda del monumento histórico, no basta con la elección adecuada del tipo de naturación, pues su correcto funcionamiento depende también de la calidad y aplicación de cada componente del sistema. Por tal motivo, se hacen una serie de recomendaciones breves de cada componente (ilustrados en la figura 6).

Vegetación: Las especies serán nativas, lo cual asegurará su resistencia a las condiciones climáticas de la región (sequías, vientos), requerirán menor mantenimiento. Su elección esta condicionada por el peso que la losa de azotea puede soportar, es decir; serán las plantas que se puedan desarrollar en el espesor del sustrato determinado. (tabla 2)

Sustrato: Como se mencionó en el punto anterior, el sustrato determinará el sistema que se utilizara por las limitantes en el peso y por tanto, la altura de la capa vegetal. La proporción del sustrato será del 75% de suelo mineral y 25% de suelo orgánico.

Filtro: Ayuda a retener los nutrientes y las partículas de menor tamaño de la capa de tierra (sustrato) evitando la erosión y el bloqueo de la capa drenante.

Drenaje tipo aljibe: Esta capa garantiza el correcto drenaje del agua de lluvia excedente y en caso de estiaje, retiene el agua en unos pequeños depósitos (como aljibes).

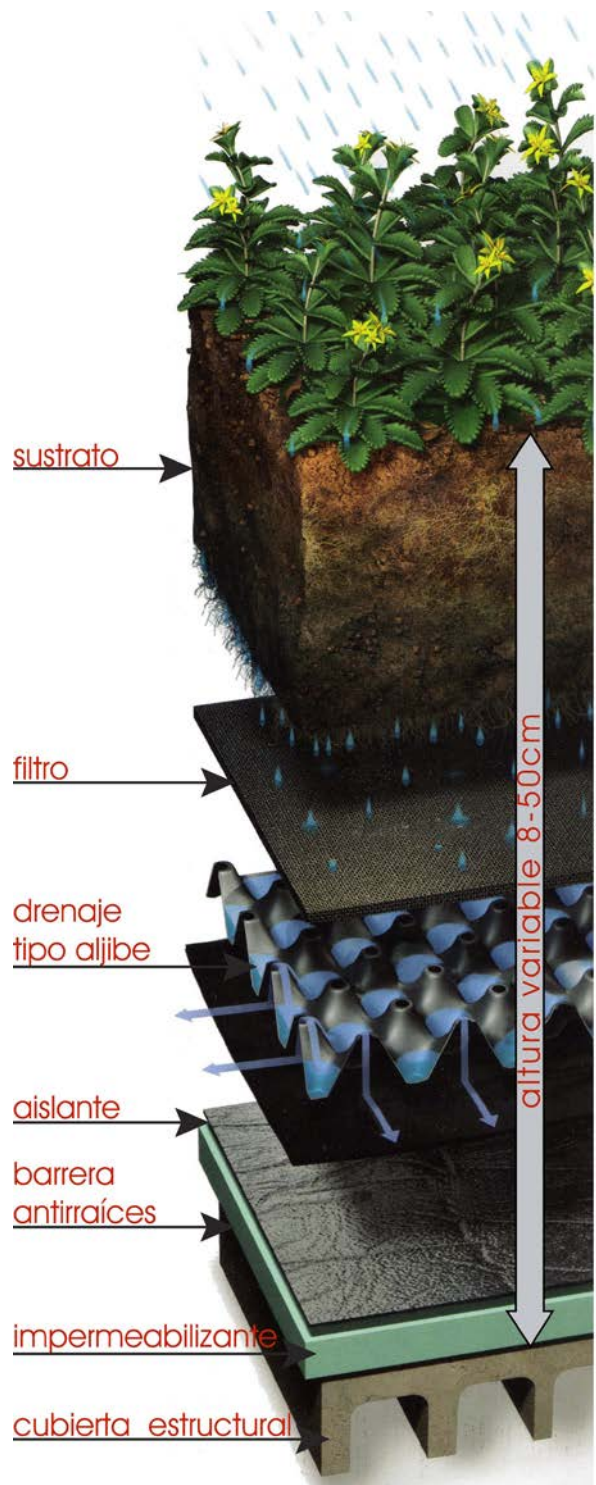


Figura 6. Componentes en la naturación directa. Imagen tomada y editada de la Revista de National Geographic. © National Geographic Magazine.

Barrera antiraíces: Su función es evitar las agresiones mecánicas de las raíces sobre la estructura del inmueble. Podrá ser una membrana de polietileno de alta densidad (PEAD) o asfalto reforzado. La propiedad antiraíces de la membrana impermeable deberá estar certificada.

Impermeabilizante: Aquí se puede recurrir a un sistema de impermeabilización convencional, pues su única función es la protección del agua.

Existe cierto escepticismo sobre el funcionamiento de esta ecotecnia en un edificio histórico, pero los problemas presentados (humedad generalmente) en edificios con azoteas verdes, se deben a errores de colocación. En algunos casos, por “economía” eliminaron alguno de los componentes, o fueron de baja calidad. En otros, olvidaron crear pendientes hacia las bajadas pluviales para desalojar el agua excedente.

A fin de evitar una mala colocación, deberán seguirse los detalles constructivos y parámetros establecidos en la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT-2007, que contiene las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación directa.

Tipo de naturación	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Altura crecimiento plantas	5-50 cm	5 - 100 cm	5 -400 cm
Diámetro de copa	No aplica	No aplica	No aplica
Substrato	10 - 15 cm	15 - 30 cm	> 40 cm
Carga adicional	110- 140 kg/m ²	250 kg/m ²	> 250 kg/m ²
Cobertura vegetal	Crasuláceas	Crasuláceas, pastos, arbustos	Crasuláceas, pastos, arbustos

Tabla 2. Parámetros para cada tipo de Naturación. Fuente: Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT-2007.

Costo beneficio de la naturación indirecta en azoteas

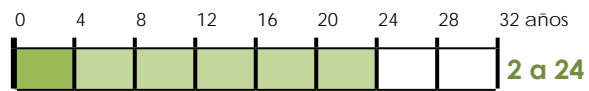
costo



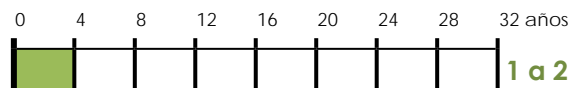
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Bajo Costo.
- La carga adicional a la estructura se puede concentrar en puntos estratégicos.
- Se reduce el riesgo de traspasar humedad al interior.
- Reducen el efecto de isla de calor de las grandes ciudades. (*Profesor Hiroyuki Yamada*)
- Reducen la temperatura interior de un edificio en verano por el sombreado de la vegetación.
- Habilitan espacios no usados.
- 1 m² de cobertura vegetal genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año y atrapa 130 gramos de polvo. (*Darlington, 2001*).

Desventajas:

- Menor flexibilidad para diseñar.
- El tipo de vegetación está limitado al tamaño del contenedor (maceta/jardinera)
- No aumenta la vida útil del impermeabilizante.
- La protección térmica dependerá de la altura de la vegetación y la superficie de sombreado.

Costo beneficio de la naturación directa en azoteas

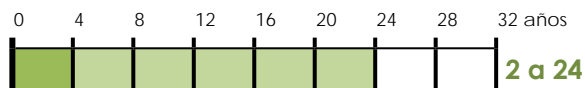
costo



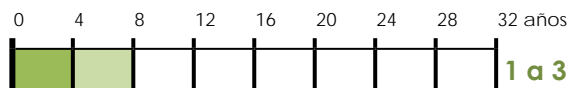
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Mayor flexibilidad para diseñar.
- Reducen el efecto de isla de calor de las grandes ciudades. (*Profesor Hiroyuki Yamada*)
- Reducen hasta 5 grados la temperatura interior de un edificio en verano así como la mantienen en invierno. (*Akira Hoyano, Tokyo Institute of Technology*).
- Habilitan espacios no usados.
- 1 m² de cobertura vegetal genera el oxígeno requerido por una persona en todo el año y atrapa 130 gramos de polvo. (*Darlington, 2001*).
- Aumenta de 5-10 años la vida útil del impermeabilizante.

Desventajas:

- Costo.
- Carga adicional a la estructura (110-250 kg/m²).
- El tipo de vegetación está limitado al espesor del sustrato que la estructura puede soportar.
- Un mal diseño y/o colocación puede trasminar agua al interior.

b. Jardines verticales

Otro método de naturación en los edificios son los jardines verticales que implican la creación de un panel vertical con una serie de pequeños contenedores o sacos, que permiten almacenar la tierra suficiente para sostener una planta.

El suministro de agua se hace por medio de goteo y el excedente se recolecta en la parte baja del panel para que recircule.

En esta ecotecnia se encontraron dos problemas para su inserción en un edificio histórico:

1. Posibilidad de traspasar humedad al monumento. Los jardines verticales instalados en el Museo de arte oriental en París generaron problemas considerables de humedad a tal grado que debieron ser retirados. Este problema se puede solucionar creando una estructura independiente de la fachada que soporte el sistema.

2. Alto costo. En México la mayoría de los sistemas son importados y muy costosos.

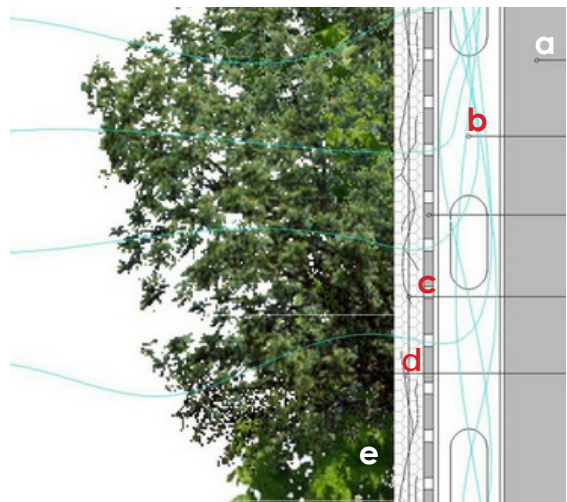


Figura 7. Jardín vertical independiente de la fachada del edificio. a) Muro del edificio, b) Perfil metálico independiente, c) Panel perforado, d) Membrana con sustrato, e) vegetación.

Imagen tomada y editada de Urbanarbolismo.



Figura 8. Jardines verticales en edificios históricos creados con enredaderas. Cartagena de Indias, Colombia. Archivo personal.

Como alternativa, se pueden emplear plantas trepadoras plantadas en la banqueta o maceteros y que se pueden adherir fácilmente a las fachadas, manteniendo alejado el agua. Existen ejemplos exitosos de jardines verticales que pueden ser una enredadera desde piso o en maceteros en la azotea, los cuales han sido utilizados desde hace siglos y representan una solución práctica y estética (8).

Costo beneficio de los jardines verticales

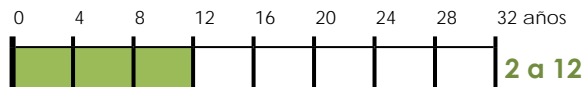
costo



mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Reducen hasta 5 grados la temperatura interior de un edificio en verano así como la mantienen en invierno. (Akira Hoyano)
- Ideal para ocultar estructuras o fachadas indeseables (como estacionamientos).
- Un edificio de 4 niveles (60 m²) con una fachada portadora de este sistema filtra al año 40 toneladas de gases tóxicos. (Wolverton et al. 1989)
- El aislante vegetal reduce hasta 10 decibelios la contaminación sonora. (Akira Hoyano)

Desventajas:

- Alto costo.
- Un mal diseño puede transmitir humedad al interior.

4.4. Iluminación

a. Iluminación natural

El aprovechamiento de la iluminación natural es esencial para optimizar el consumo energético. El propósito es reducir el uso de luminarias creando ambientes bien iluminados naturalmente sin sacrificar el confort visual.

Para adecuar arquitectónicamente los espacios de un edificio histórico con niveles de iluminación naturales óptimos, bajos costos y ahorros energéticos; es necesario tomar en cuenta varios factores. La importancia de estas consideraciones depende asimismo de la función o tarea visual que se vaya a desarrollar en el espacio. Por lo tanto, para determinar adecuadamente la distribución de espacios de un edificio histórico, es primordial estudiar la relación con el entorno inmediato y la geometría de los vanos apoyados con las gráficas solares. Así se asignarán funciones que requieren más iluminación, a aquellos espacios que puedan garantizarla. Con ello, los espacios aprovecharán la mayor cantidad de iluminación natural.

A pesar que la iluminación natural ofrece numerosas ventajas, principalmente en el ahorro energético, presenta las siguientes desventajas que deben ser consideradas en la propuesta de intervención.

Radiación solar. El ingreso de la luz natural deberá evitarse cuando esta aumenta la temperatura sobre el rango de confort.

Radiación ultravioleta. La luz natural además de aportar rayos infrarrojos, presenta rayos ultravioleta que son altamente perjudiciales para la conservación del mobiliario y/o pinturas. Por tal motivo, en las puertas y ventanas de aquellos espacios que contengan objetos patrimoniales, se recomienda colocar en los cristales laminas de protección UV.

Deslumbramientos. Altos lúmenes en el interior pueden causar molestias al usuario. Se recomiendan cortinas o dispositivos de control solar como toldos.

Control de iluminación. En determinados espacios es necesario controlar la cantidad de iluminación para modular la intensidad y generar efectos. Se recomiendan cerramientos opacos (contraventanas u oscuros).

Existen herramientas tecnológicas que permiten aprovechar al máximo la iluminación natural para casos de recintos ciegos o con poca intensidad luminosa. El difusor solar es un sistema compuesto por un captador (exterior), un conducto super reflejante, y un difusor (interior). Los difusores pueden instalarse en un monumento histórico cuando sea difícil proveerlo de iluminación natural a través de una ventana. La ventaja que ofrece, es que con una poca apertura aumenta la iluminación natural si ser agresivo para el monumento.

b. Iluminación artificial

A los inmuebles públicos se les recomienda realizar la evaluación del sistema de iluminación utilizando la metodología de cálculo que establece la NOM-007-ENER-2004.¹⁵

Selección de luminarias

La CONUEE recomienda utilizar la tecnología de lámparas fluorescente T12 en sustitución de las lámparas incandescentes en los sistemas de iluminación para interiores.

En la iluminación exterior del inmueble se recomienda utilizar tecnología que cumpla

¹⁵ NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

con una eficacia mínima de 60 lm/W. Por lo anterior, no se deberán utilizar las siguientes tecnologías: lámparas incandescentes, halógenas, luz mixta y vapor de mercurio. Las tecnologías a utilizar podrán ser: LED's, aditivos metálicos, inducción magnética y vapor de sodio de baja y alta presión.

Los diodos emisores de luz (*light-emitting diodes*, LEDs) es el sistema más reciente de iluminación. La alta eficiencia de los LEDs de luz blanca actuales indica que existe la posibilidad de lograr ahorros en consumo de energía muy importantes. Los beneficios potenciales del LED son enormes. Se estima que podría reducir la cantidad global de electricidad que se usa en iluminación en más un 50%, con lo que el consumo total de electricidad disminuiría en más de un 10%.

Costo beneficio de los luminarios LED¹⁶

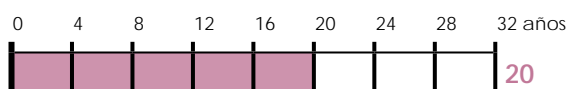
costo



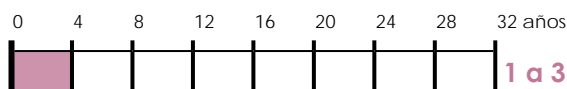
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Excelente rendimiento fotométrico y de irradiación.
- Eficiencia energética promedio de 85%.

¹⁶ Fuente: *Illuminating Engineering Society of North America* / Ficha técnica lámparas Phillips©

- No emiten calor ni rayos UV.
- Muy bajo consumo eléctrico.
- Larga vida útil (50,000 hrs promedio).
- Casi no requiere mantenimiento.
- Resistencia a golpes y vibraciones.
- Temperatura de color ideal.

Desventajas:

- Alto costo.
- Algunas requieren instalar regulador de voltaje y transformador.

Distribución de las luminarias

En la mayoría de los espacios, los cálculos de iluminación se realizan para dar los luxes necesarios a toda el área. En oficinas, solo el 50 % de la superficie es ocupada por mesas de trabajo, por lo que las áreas secundarias (pasillos, archiveros, etc) tienen mayor cantidad de luxes que los necesarios. Es por ello que en los cálculos de iluminación, se deben combinar la iluminación ambiental (100 a 150 luxes) y la iluminación dirigida a los escritorios (300 a 400 luxes). Con esto se optimizará la iluminación artificial.

Sistemas de control y separación de circuitos

Los temporizadores, el sistema más común de control, pueden utilizarse para apagar las luces automáticamente cuando el edificio esté desocupado. Si los circuitos de las luminarias están agrupados con base a la proximidad de las fuentes de iluminación natural, entonces cada circuito se podrá encender de acuerdo a la progresiva pérdida de iluminación natural dentro de los espacios. El encendido de cada circuito se podrá hacer manual o mediante sensores lumínicos.

Como complemento, en la tabla 3 se indican una serie de medidas y acciones establecidas por la CONUEE para que sean implementadas en los edificios no residenciales. Algunas de ellas pueden ser tomadas de manera inmediata y otras planeadas, a corto y largo plazo.

Acción	Recomendación
Apagar la Iluminación artificial cuando no se requiera	En las áreas donde existan apagadores y se tenga suficiente aportación de luz natural, así como en las áreas de trabajo donde no haya personal laborando, hacer uso de los apagadores.
Luz diurna / Redistribuir luminarios	Es conveniente redistribuir los circuitos de alumbrado de tal manera que las lámparas ubicadas cerca de las ventanas se puedan encender y apagar por medio de un interruptor sencillo (o a través de una fotocelda), a fin de aprovechar la luz solar. En caso de que los luminarios se encuentren en las áreas donde no se requiera iluminación directa, se recomienda reducir al menor número de lámparas por luminario, siempre y cuando no se vean reducidos los niveles de iluminación y se mantengan dentro de norma.
Luminarios obsoletos	El luminario es la caja de lámina en donde se alojan las lámparas y el balastro. La parte superior está cubierta con una pintura reflejante, que es necesario revisar periódicamente para cerciorarse de que no esté deteriorada. Actualmente existen reflectores de aluminio que se sobreponen al luminario, con lo cual se logra mayor reflexión, que puede llegar hasta el 95%, por lo cual, dependiendo del estado en que se encuentre la pintura, se puede ganar entre 25% y 50% de nivel de iluminación, lo que permitirá retirar la mitad de las lámparas ahorrándose el 50% de la energía eléctrica por concepto de iluminación.
Alumbrado de seguridad	Las áreas que no necesitan nitidez de color, como estacionamientos, jardines, plazas, etc., pueden ser iluminadas con lámparas eficientes y que cumplan con la eficacia establecida en la NOM-013-ENER-2004.
Altura de montaje excesiva	En muchos edificios las lámparas se encuentran instaladas a alturas considerables, que si se bajaría la altura de montaje, no se afectaría el nivel de iluminación al contrario, mejoraría. Esto se debe a que sólo son elementos decorativos. Se recomienda reducir la altura de montaje y rediseñar el sistema de iluminación para colocar menor número de luminarios.
Iluminación en elevadores	También en los elevadores se debe verificar y ajustar el nivel de iluminación, tomando en cuenta que dentro de ellos no se realiza ninguna actividad específica.
Balastos ociosos	Es común encontrar lámparas quemadas o desconectadas intencionalmente, pero unidas al balastro. Esto debe evitarse, pues el balastro sigue consumiendo energía eléctrica, del orden del 20% de la potencia de la lámpara. Por otra parte, si un balastro está conectado a dos lámparas y una de ellas fue desconectada, la lámpara en funcionamiento reducirá su vida útil.
Balastos de alta eficiencia	Normalmente los balastos son construidos con circuitos magnéticos, y su consumo es de aproximadamente el 20% de la potencia de la lámpara. Actualmente existen en el mercado balastos electrónicos que son los más eficientes, siendo que estos últimos trabajan a altas frecuencias.

Tabla 3. Recomendaciones generales para el uso de la iluminación artificial. Fuente: *Recomendaciones de Eficiencia Energética para Estados y Municipios. Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)*. México, 2010.



Figura 9. Aerogenerador. Imagen obtenida de ecologia.verde.com

4.5. Energía renovable

De acuerdo a la *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*, las energías renovables se definen como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica.

Un 90% de la energía que se consume en México, tiene su origen en la quema de recursos no renovables.¹⁷ De ahí deriva la importancia en la obtención de energía renovable para reducir las emisiones de carbono.

Existen diversas formas de obtener energía renovable, pero no todas pueden ser aplicadas a un edificio histórico por factores estéticos y/o económicos. Por tal motivo, a continuación se exponen las fuentes de energía renovable para los edificios de carácter patrimonial.

¹⁷ Fuente: Instituto de Ingeniería, UNAM. 2008.

a. Energía solar

Es la energía que proviene del sol y que se transforma en otros tipo de energía para su uso. Desde la perspectiva de esta investigación, es **la fuente de energía renovable con mayor potencial de aplicación en un edificio histórico.**

Existen dos formas para su aprovechamiento: energía eléctrica y energía térmica.

Energía eléctrica (energía fotovoltaica)

Se denomina energía solar fotovoltaica a la obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.¹⁸

La corriente eléctrica que generan los paneles fotovoltaicos es continua y debe transformarse en corriente alterna antes de usarse en el edificio.

¹⁸ Los paneles fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

La electricidad generada que no sea consumida en el momento, puede almacenarse en un banco de baterías para su uso posterior (sistema aislado) o puede inyectarse directamente en la red eléctrica del municipio y mediante un medidor bidireccional, la energía excedente es vendida a la empresa proveedora del servicio eléctrico (sistema interconectado a la red).

En este último caso, la energía que fue enviada a la red, es descontada de la factura del consumo total; por lo que la energía excedente que se envió a la red puede ser tomada de la red cuando sea requerida generalmente sin costo adicional (dependerá del costo de compra y venta del kilowatt estipulado en el contrato de interconexión de la Comisión Federal de Electricidad).

Las ventajas del sistema interconectado a la red superan a las del sistema aislado, pues al eliminar el banco de baterías, se reduce el espacio necesario para el sistema fotovoltaico y el monto de la inversión inicial disminuye considerablemente dado que la batería es uno de los componentes más costosos y que requieren mayor mantenimiento. Adicionalmente, el corto ciclo de vida de una batería implica un problema ecológico con el manejo de los componentes tóxicos de la misma.

Por estos motivos, queda claro que el sistema interconectado a la red es idóneo para un edificio histórico al resultar menos invasivo y más económico que el sistema aislado.

En cuanto a la instalación del sistema fotovoltaico interconectado a la red o “*grid connected*”, los principales componentes son:

- Paneles fotovoltaicos.
- Inversor para la conexión a red.
- Dispositivo de intercambio con la red eléctrica.
- Contador o medidor de energía bidireccional.

El tipo de panel fotovoltaico (monocristalino, policristalino y amorfo) dependerá las características del clima del sitio¹⁹, pues algunos son más eficientes para ciertas condiciones climáticas siendo el panel monocristalino, el más eficiente para la mayor parte del país.

Los módulos fotovoltaicos deberán ir en el sitio más elevado del monumento, pero con una barrera para evitar que sean visibles fácilmente por los usuarios y evitar que un cuerpo más alto proyecte sombra sobre los paneles.

Es altamente recomendable, instalar los paneles y/o módulos separados del piso a fin de permitir el paso del viento debajo de los mismos y con ello mantenerlos a una temperatura baja. Este punto es muy importante pues, al aumentar la temperatura de las celdas fotovoltaicas disminuye proporcionalmente su eficiencia. Aunque los paneles sean instalados en la parte más alta del inmueble, se deberá evitar la visibilidad de los paneles desde el alineamiento del inmueble de frente.

El inversor es uno de los componentes más importantes, pues transforma la energía continua generada (12, 24, 48 V) en energía alterna (220 V). Se recomienda que este dispositivo esté ubicado en la subestación o cuarto eléctrico general.

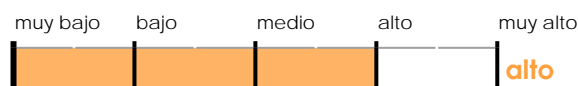
El dispositivo de intercambio con la red sirve para que la energía eléctrica introducida en la red tenga todas las características requeridas por la misma.

El medidor debe ser bidireccional para medir tanto la energía enviada por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento así como aquella que es suministrada desde la red.

¹⁹ En ninguno de los tres tipos de células fotovoltaicas, el rendimiento no rebasa el 20%.

Costo beneficio de la energía solar fotovoltaica (FV) interconectada a la red²⁰

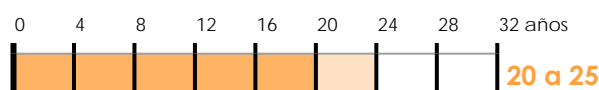
costo



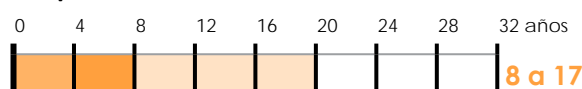
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Muy bajo mantenimiento y sencillo (limpieza de paneles, inspección visual anual).
- Fácil instalación.
- Bajo peso (aproximadamente 24 kg por panel con sistema de fijación).
- Larga vida útil (25 años o más).

Desventajas:

- Eficiencia inferior al 20% (condicionada a las condiciones climáticas).
- Alto costo inicial.
- Recuperación de la inversión a partir de los 2 años a pequeña escala.
- Largo proceso para el contrato con CFE.

Energía térmica (Termosolar)

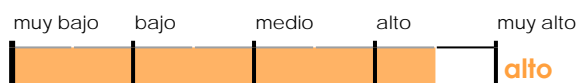
La radiación solar incidente, es transformada en energía térmica mediante una serie de dispositivos o colectores diseñados para absorber radiación solar y transferir la energía térmica producida a un fluido de trabajo.

²⁰ Fuente: Wild-Scholten (ECN) Sustainability: Keeping the Thin Film Industry green, 2nd EPIA International Thin Film Conference Munich, 2009.

En algunos dispositivos (concentradores solares) se pueden obtener tan altas temperaturas en el fluido de trabajo, que se transforma en vapor y este a su vez puede utilizarse para mover turbinas y generar electricidad. Debido a la complejidad y magnitud del sistema, no puede ser utilizado en edificios históricos, salvo en aquellos casos que cuenten con el espacio disponible para hacerlo y que no alteren substancialmente la imagen del monumento.

Costo beneficio de la energía solar con concentradores solares y turbinas²¹

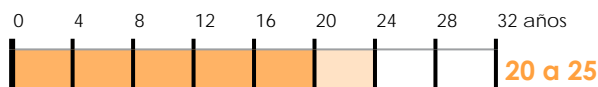
costo



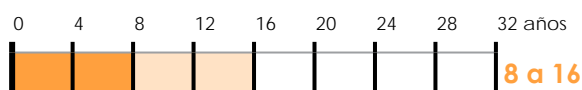
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Bajo mantenimiento.
- Larga vida útil (25 años o más).
- Mayor eficiencia que el sistema fotovoltaico (casi 30 %).
- Costo de producción Kw más económico.

Desventajas:

- Requiere turbinas y más espacio.
- Elevado costo de materiales
- Uso de fluidos especiales (glicol) y aislamiento térmico en tuberías.

²¹ Fuente: International Energy Agency.(IEA).

Es por ello que, sólo en aquellos edificios que tengan el espacio suficiente para la instalación de las turbinas, se podrá optar por los concentradores solares. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, la aplicación de la energía térmica en un edificio histórico, queda restringida al uso de colectores solares de baja temperatura para suministrar agua caliente a aquellos espacios que así lo requieran, como baños y/o cocinas.

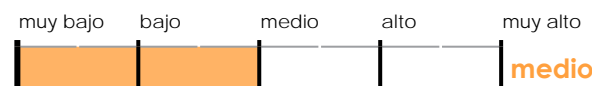
Se recomienda el uso de los colectores solares de tubos al vacío por tener la relación costo-eficiencia mas favorable, aunque no deben descartarse los colectores planos.

Costo beneficio de los calentadores solares (tubos al vacío)²²

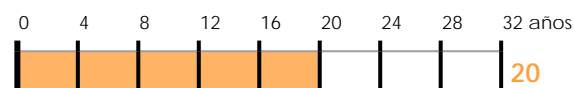
costo



mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



Ventajas:

- Bajo costo.
- Larga vida útil (20 años).
- Alta eficiencia (70 a 80%).
- No requieren protección anticongelante.

Desventajas:

- Cambio periódico de empaques y sellos.
- Riesgo de ruptura del vidrio por choque

²² Fuente: Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

térmico si se llena con los tubos calientes y por granizada si el espesor del vidrio es inferior a 1.5 mm.

El emplazamiento de los colectores solares estará próximo a las zonas que serán abastecidas de agua caliente, evitando largos recorridos que disminuyan la eficiencia del sistema. Al igual que los paneles fotovoltaicos, no deberán ser visibles desde la banqueta de enfrente.

A fin de asegurar la eficiencia del sistema, la tubería deberá ser aislada con poliuretano en su totalidad para reducir la pérdida de calor del fluido.

b. Energía eólica

Es aquella energía generada por el viento. Para conseguirlo, las corrientes de aire mueven las aspas de una turbina que a su vez transforman la energía cinética en energía eléctrica. Se estima que México tiene un potencial superior a los 40 mil MW (actualmente hay una capacidad instalada de 185 MW).²³

El problema de esta fuente renovable para suministrar energía eléctrica a un edificio, es que requiere de ciertas condiciones para funcionar adecuadamente, entre las cuales:

1. El viento debe alcanzar velocidades mínimas de acuerdo al tipo de generador eólico (generalmente 3 m/s) y no debe superar 65 km/hr. Por lo tanto, hay que analizar los datos históricos de la frecuencia e intensidad de los vientos en el sitio, para determinar su factibilidad.
2. Requiere de turbinas eólicas de gran tamaño y colocadas a una altura tal, que garanticen el libre paso de las corrientes de aire sin obstrucciones.

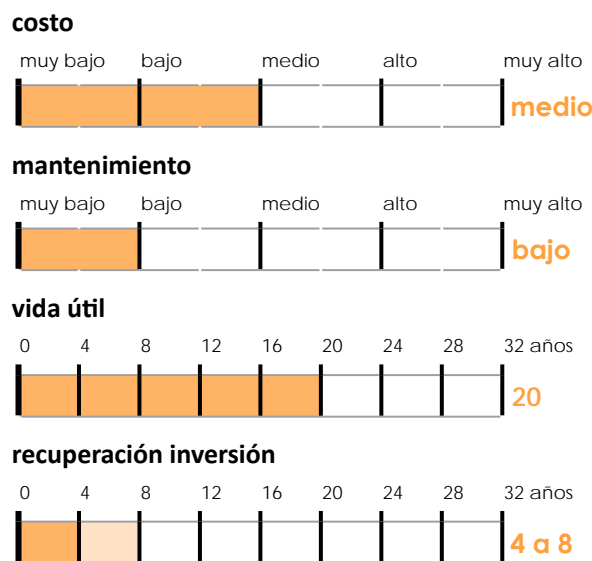
²³ Fuente: *National Renewable Energy Laboratory of USA.*

Por obvias razones, queda restringido el uso de grandes generadores eólicos dentro de las ciudades y peor aun, dentro de los cascos históricos. Salvo en algunos casos que se puedan instalar, el gran costo inicial de la inversión, es un obstáculo que limitará su uso.

Pese a ello, se puede utilizar la energía minieólica para suministrar electricidad a ciertos circuitos y/o servicios como la iluminación artificial que, de hecho, existen en el mercado luminarias que combinan paneles solares y pequeños generadores eólicos instalados discretamente para obtener su propia energía.

Están disponibles pequeños generadores eólicos pero, debido a su tamaño, la cantidad de energía generada (1 a 10 kW) es inferior a la demanda promedio de un edificio histórico. Al instalar generadores eólicos, es importante cuidar su ubicación para asegurar su integración al monumento histórico sin sacrificar la eficiencia del mismo.

Costo beneficio de la energía eólica (minigeneradores)²⁴



²⁴ *Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad.* Departamento de Energía, EE.UU. 2007.

Ventajas:

- Mayor eficiencia respecto a la energía solar (20 a 40%)
- Bajo mantenimiento.

Desventajas:

- Generan energía con vientos a partir de 3 m/s y máximo 11 m/s.
- Solo en zonas con vientos constantes.
- Ubicación que garantice el paso del viento sin obstáculos.

c. Energía geotérmica (climatización)

Es aquella energía que se obtiene aprovechando una fuente de calor activa en la tierra y con una serie de perforaciones, se inyecta agua en el subsuelo que, al regresar a la superficie transformada en vapor, se usa para mover las turbinas. A pequeña escala (residencial y comercial), se recurre a la climatización geotérmica donde se aprovechan las diferencias de temperatura entre la tierra y el aire a pocos metros de profundidad.

La aplicación directa en viviendas y edificios públicos es la calefacción, refrigeración y generación de agua caliente. Esta tecnología se basa en la instalación de una serie de serpentines en el subsuelo conectados a una intercambiador de calor que aprovecha las variaciones de temperatura que se registran entre el interior del espacio y el subsuelo. Generalmente, el sistema se combina con los suelos radiantes (serpentines ahogados en los pisos) para mejorar su eficiencia.

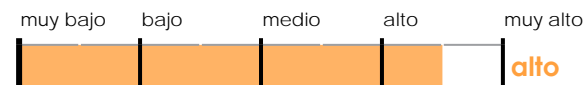
Este tipo de instalación es más eficiente en climas extremos, por lo que la refrigeración funcionara mejor en climas muy calurosos, mientras que la calefacción será mas efectiva en climas muy fríos.

Los inconvenientes para esta tecnología en los edificios históricos superan a los beneficios que se pueden obtener. En primera instancia, el

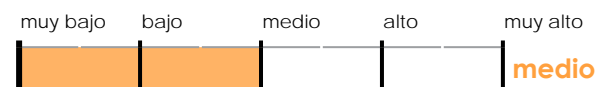
sistema esta sujeto a las condiciones climáticas (recomendado en climas extremos), en segundo lugar; requiere de estudios precisos sobre el terreno para determinar la capacidad térmica del mismo, y por ultimo; su elevado costo inicial y posibles complicaciones en su instalación (posibilidad de encontrar vestigios arqueológicos).

Costo beneficio climatización geotérmica²⁵

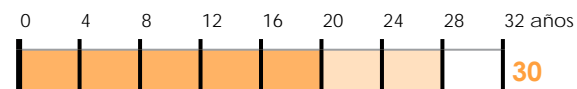
costo



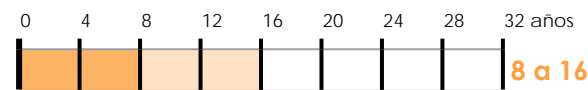
mantenimiento



vida útil



recuperación inversión



25 Fuente: *European Geothermal Energy Council*.

Ventajas:

- Puede utilizarse para generar calefacción, aire acondicionado y agua caliente.
- Requiere menor temperatura del agua que los radiadores convencionales (30-40°C).
- Distribución uniforme del calor.
- Se puede combinar con colectores solares.
- Mayor eficiencia energética al combinar la bomba de calor (produce cinco veces más de la energía que consume).
- Larga duración (30 hasta 50 años).

Desventajas:

- Alto costo inicial
- Mantenimiento mensual.
- Requiere demolición y construcción de losa de concreto o firme.
- Excavaciones mayores a 60 cm (profundidad máxima que la Ley de Monumentos permite excavaciones sin la supervisión de arqueólogos del INAH).
- Funciona mejor en climas extremos.

En la actualidad, la mayoría de las fuentes de obtención de energía renovable son costosas y con baja eficiencia. Afortunadamente, el avance tecnológico en los últimos años muestra que este tipo de energía será más accesible y rentable **(10)**.

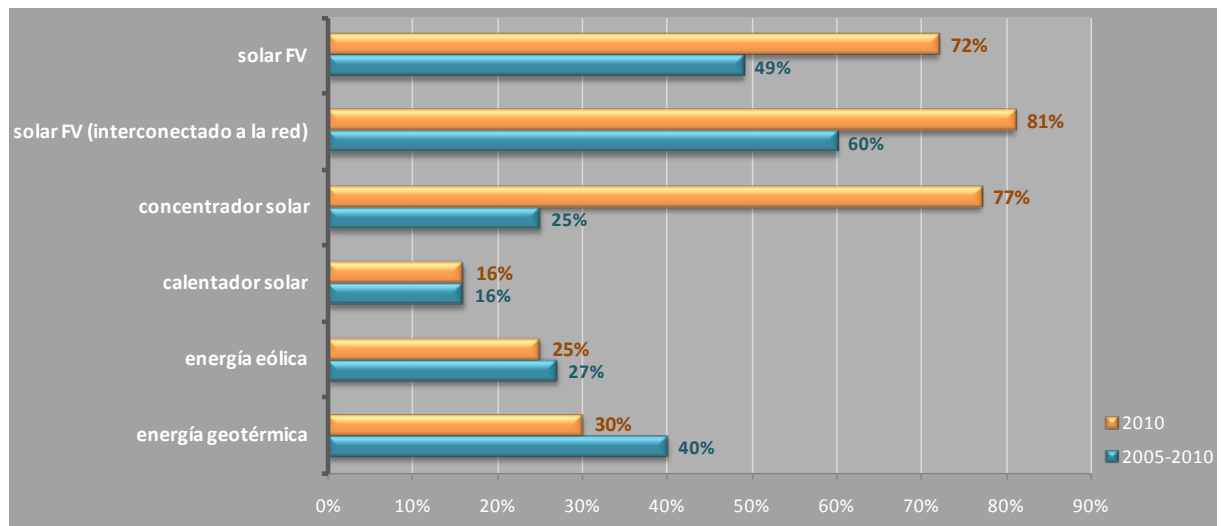


Figura 10. Crecimiento mundial en la capacidad de producción de energía renovable periodo 2005-2010.

Fuente: *Renewables 2011, Global status report*. Ren21 Secretariat. París, 2011. P.18.



Figura 11. Centro histórico Taxco, Guerrero.
Archivo personal.

4.6. Gestión del Agua

Para manejar adecuadamente el agua, es necesario clasificarla y separarla de acuerdo a su uso. Esto se ha realizado desde la época prehispánica, donde los mexicas separaban y conducían el agua en canales independientes.²⁶

Dado que en la época virreinal, era de igual importancia el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos, hay que rescatar los dispositivos implementados por los alarifes novohispanos. Por lo tanto, antes de definir la trayectoria de cada tubería, se debe analizar el monumento para detectar alguna canalización antigua, aljibes, sistemas de captación de agua, etc., que puedan ser aprovechados y sean considerados dentro del proyecto ejecutivo.

Para rehabilitar y/o adecuar las instalaciones hidrosanitarias en los edificios históricos, hay que considerar la separación del agua de acuerdo a su tipo, es decir; agua potable, pluvial, y aguas residuales (grises y negras).

²⁶ CARBALLAL, M. y FLORES, M. *Elementos hidráulicos en el Lago de México-Texcoco en el posclásico*. Arqueología Mexicana, 68 "Lagos del Valle de México", jul-ago México, 2004.

a. Agua potable

Para reducir el consumo de agua potable, hay que instalar dispositivos economizadores a todas las salidas de agua.

Tomas ahorradoras. Adaptaciones a las llaves del lavamanos y otras tomas de agua, en donde se agrega aire para aumentar la presión del agua o mediante la aspersion del flujo para dar la sensación de un mayor caudal. Puede tener un ahorro de agua de hasta un 40% comparadas con las tomas tradicionales.

Fluxómetros. Los inodoros nuevos con descarga continua, deberán equiparse con temporizadores o sensores para regular el volumen de agua por descarga.

b. Agua pluvial

La captación de agua de lluvia es un sistema relativamente fácil de obtener agua para el consumo humano. Esta agua puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto representa un ahorro económico al reducir los consumos de agua potable de la red pública.

Como se menciona al inicio del tema, es necesario estudiar las pendientes de las cubiertas, métodos de recolección/conducción y dispositivos de almacenamiento existentes en el edificio histórico para su rehabilitación. Una vez realizado este levantamiento, se deberá analizar con los factores del sitio.

Los factores que se deben tomar en cuenta en un sistema de captación de aguas pluviales son:

- Precipitación mínima y media por año
- Precipitación máxima por día
- Consumo diario
- Superficies recolectoras
- Superficie de riego disponible
- Consistencia del suelo
- Existencia de drenaje pluvial
- Espacio disponible para el almacenamiento

Los componentes del sistema son: superficie de captación (techo), conducción (tuberías), rompedores de presión (en su caso) filtros y área de almacenamiento (aljibes y cisternas).

Es importante que, a pesar que se trata de agua de lluvia, se debe cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002 referente al *agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua.*

c. Agua residual

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales. Se pueden clasificar en dos tipos: aguas negras y aguas grises. Las aguas negras son producto de los desechos biológicos de humanos o animales, mientras que las aguas grises son aquellas que resultan del lavado o limpieza (contienen jabón y grasa).

Las aguas residuales son un grave problema para el ambiente. Por tal motivo, es importante

que estas aguas residuales reciban tratamiento para reducir el impacto ambiental.

Para facilitar el tratamiento y reutilización de las aguas residuales, se recomienda realizar adaptaciones a la red de drenaje de los edificios históricos para separar las aguas negras (excusados) de las aguas grises (lavamanos, tarjas). Es vital realizar esta separación, aunque las redes municipales no lo estén, permitirá darles un segundo uso antes de desalojarse.

Desafortunadamente, en este tipo de edificaciones es más fácil tratar las aguas grises dado que los procesos de descontaminación y tratamiento de aguas negras son muy costosos, consumen mucha energía y comprenden una serie de reacciones complejas de digestión y fermentación. Asimismo, las plantas de tratamiento para grandes volúmenes de aguas negras requieren de mucho espacio, el cual generalmente, no se dispone en un monumento histórico.

Aun así, en viviendas u oficinas pequeñas, se pueden utilizar mini plantas de tratamiento de aguas negras que por el volumen de agua que tratan, no ocupan demasiado espacio. El agua tratada podrá utilizarse para riego.

Las aguas grises se deben tratar antes de darles un segundo uso. La ventaja es que solo requerirán de trampas de grasa y un tratamiento menor. El agua tratada se puede reutilizar de dos formas:

1. Recirculándolas hacia los inodoros. Para lograrlo, se tiene que crear un sistema de abastecimiento a los inodoros, independiente del agua potable.

2. Riego de plantas y jardines. Las plantas pueden prosperar con agua previamente utilizada, que contiene pequeñas cantidades de composta, grasa y minerales. El agua solo requiere de una trampa de grasas antes de vertirse sobre los jardines.



Fig. 12. Centro histórico de Taxco, Guerrero. Archivo personal.

4.7. Selección de materiales

Los materiales producen impactos ambientales muy diferentes. Compuestos aparentemente similares pueden tener impactos ambientales completamente diferentes durante su fabricación y transporte hasta la obra. Asimismo, cada material ejerce un impacto diferente sobre la calidad del entorno interior. Los acabados que desprenden compuestos orgánicos volátiles (plásticos) o que retienen el polvo y la suciedad, empeoran la calidad del aire y pueden afectar a la salud de los usuarios.

El color, la textura y el espesor de los acabados condiciona el comportamiento térmico y lumínico al interior del inmueble. Hay materiales cuyas propiedades térmicas almacenan el calor y otras por el contrario, retardan la transmisión del calor.

La incorporación de los materiales en una obra de Arquitectura requiere de una selección cuidadosamente analizada. Como ejemplo, Vitruvio en Los Diez Libros de la Arquitectura, señala la atención que se debe tener para seleccionar el material del sitio para reducir los costos de construcción y asegurar la permanencia de los materiales empleados en las edificaciones ante las condiciones climáticas del sitio.²⁷

²⁷ Para mayor detalle, ver el capítulo 2: *La arquitectura colonial*

En cada intervención dentro del monumento, hay que tener en cuenta aspectos relacionados con el material y con su aplicación (adecuación y compatibilidad).

Hay que considerar los siguientes puntos para seleccionar adecuadamente los materiales, de acuerdo a los fines que se persiguen.

- Propiedades mecánicas (rigidez, resistencia, ductilidad)
- Propiedades físicas: Térmicas, Hídricas, acústicas, ópticas
- Seguridad de uso
- Compatibilidad: física, química y mecánica.
- Durabilidad: Comportamiento frente al agua y los agentes atmosféricos.
- Resistencia a ataques químicos y biológicos
- Mantenimiento de sus propiedades mecánicas
- Resistencia a las acciones de uso (desgaste)
- Comportamiento frente al fuego.
- Ciclo de vida²⁸

y su respuesta al ambiente.

²⁸ Un análisis de ciclo de vida es un método para estimar el impacto ambiental de un producto durante toda su vida. El estudio de este Ciclo tiene en cuenta las etapas de: extracción y transformación de materias primas; producción, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento, y reciclado y disposición final. *ISO 14042 Lyfe Cycle Assesment - Life Cycle impact assesment*

4.8. Manejo de residuos

Los residuos generados por el sector de la construcción deben procesarse adecuadamente. Los residuos de la construcción son un problema cada vez más urgente, basta ver los tiraderos en donde una porción considerable de los residuos, son escombros procedentes de la construcción y la demolición de edificios.

La composición de los residuos generados por la industria de la construcción varía mucho dependiendo del tipo de actividad ya sea demolición o construcción, además de los métodos utilizados para ello.

Los residuos generados durante estas actividades consisten generalmente en pedacería de materiales utilizados para construir tales como madera, tabla roca, residuos de albañilería, metales, vidrio, plásticos, asfalto, concretos, ladrillos, bloques, cerámicos entre otros.

Demoliciones

Aproximadamente el 95% de los residuos procedentes de la demolición son materiales inertes, como ladrillo, piedra y concreto.

Las antiguas prácticas, consistían en reutilizar los escombros de la demolición en el mismo lugar. Actualmente, con la utilización de materiales modernos, ha cambiado este patrón, por lo que la reutilización del escombro cada vez es más completo.

Durante una demolición, es importante extraer enteros aquellos elementos que pueden ser reutilizados, como el ladrillo y la piedra en la nueva construcción. En el caso de la madera, ésta puede ser reutilizada como cimbra.

Los residuos o escombros que no puedan reusarse en la rehabilitación del inmueble, se debe asegurar que serán depositados en vertederos especiales.

Construcción/restauración

Este tipo de residuos también pueden ser reutilizados en otras etapas de la misma construcción.

Se recomienda diseñar, de manera que se utilicen materiales de medidas estándar para reducir los desperdicios. Es importante que durante la ejecución de las obras, se tenga precaución para evitar que otras áreas no intervenidas resulten dañadas.

De especial cuidado, son los residuos tóxicos, como pinturas, solventes, ácidos, que tienen que ser manipulados con cuidados y enviados a depósitos especiales.

La clave para reciclar con éxito los residuos de demolición y de la construcción, reside en la clasificación de los diferentes tipos de residuo desde el inicio. El manejo de residuos se debe apegar a la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal.

Orlando

5. Aplicación de estrategias sustentables en un edificio histórico

Caso de estudio: Fuerte de San Juan de Ulúa

“La nueva arquitectura que es verdaderamente cercana a la mayoría de la gente..... por la constante incorporación de un patrimonio común, y continua para relatarlo como una nueva serie de valores universales: es inalienable y marcado en las mentes de todos a través de la experiencia común del espacio histórico, porque hace una apelación de convenciones de valores universales correspondiendo no a superestructuras ideológicas, pero a características permanentes de la percepción y apropiación del espacio. Todas las características de percepción y apropiación del espacio pueden ser consideradas como permanentes, mientras todavía se permita para algunas variaciones entre los agentes individuales involucrados y esa misma percepción y apropiación puede, por supuesto, ser cuestionada.”

Paolo Portoghesi



Figura 1. Vista aérea del Fuerte de San Juan de Ulúa.

Una vez analizadas las estrategias y herramientas sustentables para un edificio histórico, se aplicaron en un inmueble de estas características a fin de analizar su desempeño térmico y energético. Se seleccionó como caso de estudio, el fuerte de San Juan de Ulúa ubicado en la ciudad de Veracruz en el cual se concretó con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) la asesoría en el proyecto de restauración que actualmente están desarrollando. Por lo tanto, la mayoría de las estrategias sustentables mostradas en este documento se aplicarán en el fuerte.

Los objetivos de este capítulo son dos: el primero es demostrar la facilidad con la cual se pueden recuperar las estrategias bioclimáticas existentes e insertar dispositivos tecnológicos a un edificio histórico sin alterar la originalidad

del mismo. El segundo es contrastar la hipótesis de esta investigación, por lo tanto, determinar el potencial de ahorro energético en la restauración sustentable (propuesta de esta investigación). Con ello, se demuestran los beneficios al implementar la sustentabilidad en los edificios históricos.

Por tal motivo, en este capítulo solo se toman las estrategias que intervienen en el consumo energético y se comparan los consumos entre un edificio con una restauración convencional (referencia) y la restauración sustentable. En cuanto a los proyectos, el primero (referencia) fue tomado del proyecto realizado por el INAH sin ninguna estrategia y el segundo (sustentable) se formula como respuesta a los objetivos ambientales, históricos y estéticos siguiendo las teorías de restauración.

5.1. Descripción del caso de estudio

El fuerte de San Juan de Ulúa de 48,500 m², se localiza en el Puerto de Veracruz a 8 kilómetros del centro de la ciudad. Este monumento fue la primera fortificación mexicana, que en su origen solo sirvió de muelle para los galeones de España, pero debido a la vulnerabilidad de la ciudad fueron necesarias modificaciones para defenderse de los ataques piratas.

Fue el último inmueble de ocupación española después de la consumación de la independencia. Años más tarde, ya siendo parte del gobierno mexicano, en este fuerte se dieron combates contra la armada francesa en la llamada Guerra de los Pasteles y durante la invasión norteamericana en defensa del territorio nacional.

El fuerte también sirvió como presidio y fue uno de los más temidos en el país hasta el 2 de julio de 1915 cuando Venustiano Carranza lo declaró como monumento colonial.

En dos ocasiones se convirtió en residencia presidencial a causa de los conflictos internos. El primero fue en 1858 en la Guerra de Reforma durante el periodo de Benito Juárez, y el segundo fue en 1915 con Venustiano Carranza.

En 1962 el presidente Adolfo Ruíz Cortines lo declaró monumento histórico quedando bajo resguardo del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ahora es un museo con excepción de uno de los Baluartes, que es ocupado por la Armada de México.

Debido al deterioro que presenta actualmente el fuerte, el INAH inició la obra de restauración a partir del enero de 2010 para salvaguardar este magnífico monumento. El fuerte seguirá siendo museo pero con una organización espacial mejor estructurada.



Figura 2. Ubicación del fuerte de San Juan de Ulúa. Fuente: Gasp.

5.2. Metodología

Un proyecto de restauración sustentable sin alterar la originalidad del monumento histórico, requiere el seguimiento y estudio preciso de una serie de puntos, por lo cual se desarrolló una metodología específica que se describe a continuación.

a. Análisis arquitectónico

Se estudió la tipología del inmueble, necesidades, etapas y sistemas constructivos, materiales, colores, tamaño, forma y disposición de los componentes.

b. Investigación histórica

Se realizó una investigación en archivos históricos para localizar documentos, planos y/o fotografías que pudieran dar información de aquellos elementos del fuerte que hayan sido eliminados y con esto mejorar el comportamiento térmico, lumínico y energético.

c. Análisis bioclimático

El primer paso hacia la sustentabilidad de un edificio histórico, como se estableció en el capítulo tres, es el análisis de los elementos bioclimáticos del fuerte y su respuesta a los

factores climáticos, en este caso, del puerto de Veracruz. Para ello, se analizaron los datos anuales de temperatura, humedad, radiación y viento; se establecieron los rangos de confort hidrotérmico y se determinaron las estrategias pasivas de climatización para el fuerte con base en el bioclima del puerto.

Se establecieron los materiales y elementos arquitectónicos que tienen efecto sobre las condiciones microclimáticas del fuerte para rescatarlos.

d. Aplicación de estrategias sustentables.

Una vez mostradas las características bioclimáticas del fuerte y después de establecer los requerimientos hidrotérmicos para lograr el confort de los usuarios, se determinaron los puntos críticos que requieren intervenir para mejorar su comportamiento térmico y energético (herramientas tecnológicas). Para ello se tomaron las consideraciones mostradas en el capítulo cuatro: *Estrategias sustentables para edificios históricos*.

e. Resultados.

Al aplicar las estrategias sustentables en el fuerte de San Juan de Ulúa, se analizó su comportamiento para establecer el potencial de ahorro energético.

g. Costo - beneficio.

Dado que la mayoría de los inmuebles son propiedad del gobierno, al realizar un análisis del costo-beneficio en la inversión en tecnología sustentable, se podría indicar en cuanto tiempo el costo de la inversión sería recuperada y revertir la tendencia actual de solo instalar lo mínimo para el desarrollo de actividades.

Así mismo se demuestra que los ahorros en energía se pueden invertir en mantenimiento, conduciendo al monumento histórico a cierta autosustentabilidad.

5.3. Proyecto de restauración sustentable

5.3.1. Análisis arquitectónico

La forma, distribución y los sistemas constructivos del fuerte de San Juan de Ulúa representan las ideas modernas sobre la fortificación en Europa que nacieron en el renacimiento, pero con algunas características propias, fruto de las específicas necesidades defensivas.

Se realiza una breve descripción física del fuerte para ayudar al lector en la comprensión de los nombres de los espacios y posteriormente se exponen las características cuantitativas del fuerte para su evaluación bioclimática.

Descripción física

Este fuerte de 48,500 m² está compuesto por tres áreas principales:¹

- 1) Cuerpo principal de 14,570 m² formado por cuatro cortinas flanqueadas con cuatro baluartes en sus esquinas.
- 2) Obras exteriores de las que forman parte el revellín doble de San José, las lunetas de Santa Catarina y Nuestra Señora del Pilar, las baterías de Guadalupe y San Miguel.
- 3) Obras de avanzada que son el camino cubierto, glacis y batería de glacis.

Desde el siglo XVII, el acceso principal es a través de la cortina norte que, al cruzarlo se llega a la plaza de armas. Al este de esta plaza, está el único edificio de dos cuerpos llamado casa del gobernador o castellano con cuatro habitaciones en planta baja, una escalera central que comunica hacia la planta alta con nueve habitaciones y una terraza (ver Anexo 2).

¹ Fuente: Fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz. Guías por México y su patrimonio, número 3. INAH. México, 2009.

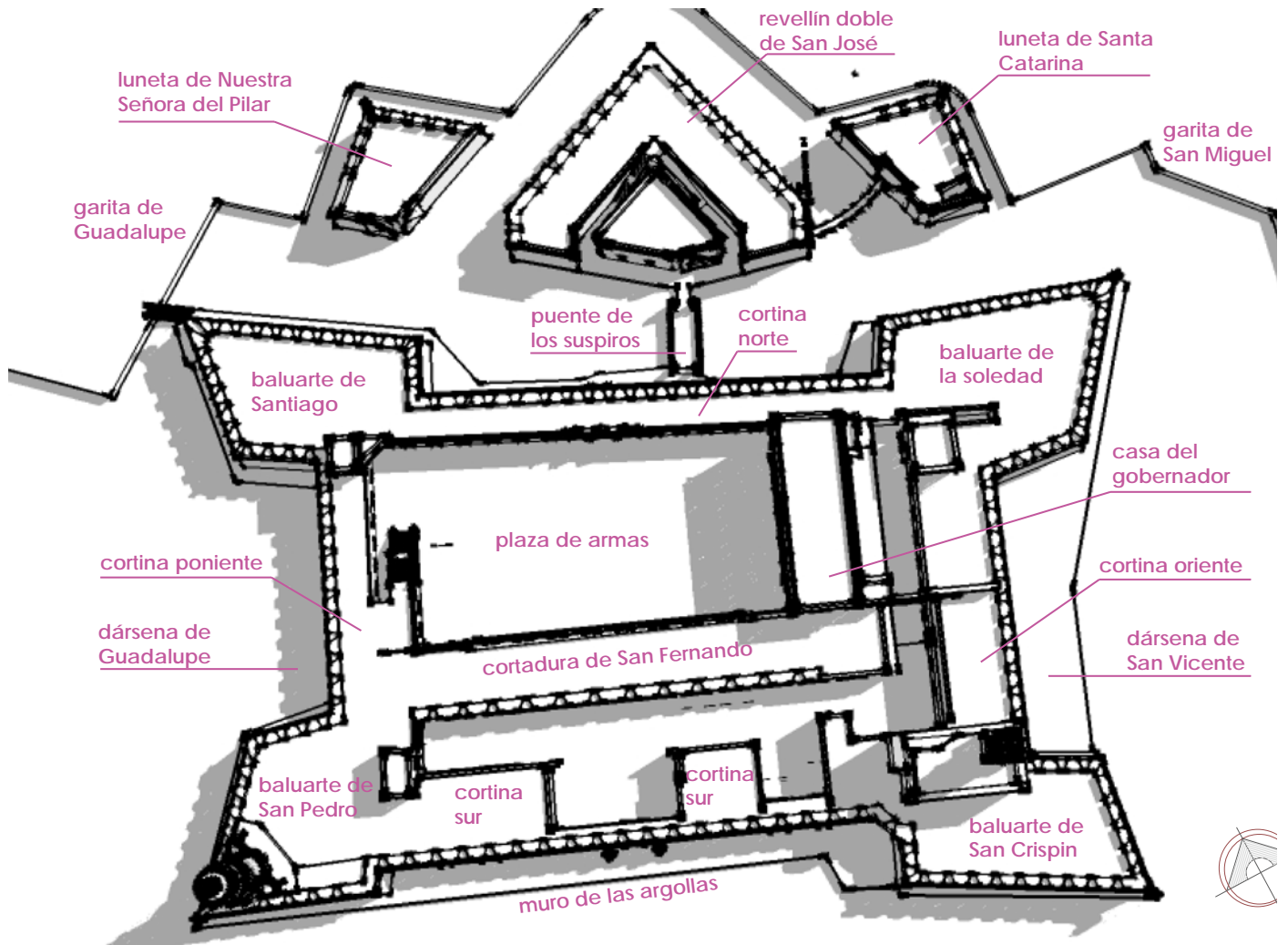


Figura 3. Planta arquitectónica del fuerte de San Juan de Ulúa. Archivo personal. Plano base: Coordinación Nacional de Monumentos Históricos, INAH.

En la esquina suroeste de la plaza, están los baños que dan servicio al museo de sitio y una escalera que lleva a las baterías altas, mientras que los espacios de la cortina norte estaban los cuarteles y el pabellón de ingenieros que daban albergue a los oficiales.

El revellín de San José de influencia francesa, se conecta con el cuerpo principal a través del puente de los suspiros, llamado así durante la época que fungió como presidio pues era su último contacto de los presos con el exterior. Dentro de este revellín están tres calabozos

y varias celdas que eran destinados para los presos del alta seguridad.

Mediante puentes levadizos, se conectaba el revellín de San José a las lunetas de Santa Catarina y de Nuestra Señora del Pilar.

Orientación

El emplazamiento del cuerpo principal en el sentido longitudinal es noroeste – sureste y la casa del gobernador de sección rectangular, su orientación es norte - sur.

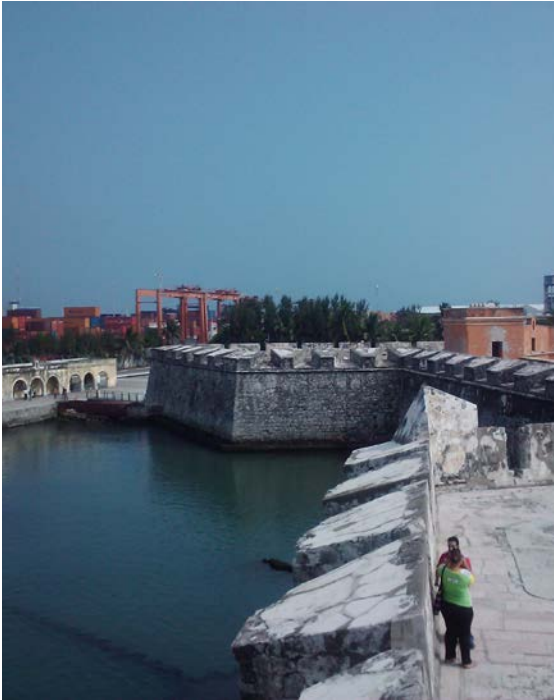


Figura 4. Vista del fuerte desde el caballero alto. *Archivo personal.*

Relación Superficie de desplante y construcción

La superficie del “terreno” del cuerpo principal es de 22,835 m² con una superficie de desplante (construcción en planta baja) de 13,925 m² (total 14,570 m²), por lo que la construcción solo ocupa el 61.4 % del terreno.

Niveles construidos y alturas

El fuerte es de un solo nivel con una altura promedio de 7.10 m. La casa del gobernador, en etapas posteriores; le fue añadido un segundo nivel alcanzando una altura total de 13.80 m.

Relación con espacios adyacentes

El fuerte está rodeado en sus cuatro caras por el mar. En el lado noroeste se localiza la placa continental y hacia el lado oeste está el astillero del puerto (ver figura 4).

Sistemas constructivos y materiales

Fuerte

Los muros son mampostería de piedra coralina o mucara asentada con cal arena en un espesor promedio de 2 metros en el perímetro exterior, mientras que en el perímetro interior es de 0.60 a 1 metro. La cubierta es a base de bóvedas de cañón corrido de dos y hasta tres metros de espesor, hechas con ladrillo de barro rellenas de tierra y/o mampostería de piedra.

Casa del Gobernador

En la planta baja de la casa del Gobernador los muros son de mampostería de piedra coralina asentada con cal arena de 0.80 metros de espesor y el entrepiso es bóvedas de cañón corrido de 2.20 m, de espesor. En la planta alta los muros son de tabique de barro asentados con argamasa cal-arena de 0.60 m de espesor y la cubierta es de concreto armado de 10 cm de espesor.



Figura 5. Piedra coralina (múcara) como material de construcción. *Archivo personal.*

5.3.1. Investigación histórica

Etapas constructivas

El fuerte que prevalece en nuestros días no fue planeado desde su origen, sino las circunstancias fueron las que dieron su forma actual. Pese a ello, San Juan de Ulúa se convirtió en la fortaleza más formidable de su tiempo en el territorio nacional.

El proceso de transformación que ha sufrido este monumento obliga a separarlo en etapas para comprender con mayor claridad los sistemas constructivos utilizados y su morfología actual. Las etapas constructivas fueron tomadas de la clasificación realizada por el INAH.

Etapa I

En los primeros años de ocupación española, solo se requirió de un muelle para desembarcar los galeones provenientes de España y que ofreciera protección ante los fuertes vientos y mareas. El islote de San Juan de Ulúa cumplía con estos requisitos por su posición estratégica, la profundidad del lecho marino y los arrecifes.

Es por ello que en el año de 1537 se dio la orden para construir una muralla sobre el islote y en 1544 un torreón en el extremo suroeste con mampuestos de piedra coralina de la altura de un hombre.

Etapa II

Debido a los ataques piratas, principalmente después de la toma de la ciudad en el año de 1568 por el corsario John Hawkins, se impuso la necesidad de la defensa del muelle y de la ciudad. Los primeros trabajos se ejecutaron en 1570 con base a las características establecidas por el Virrey Martín Enriquez fueron: completar el muro, colocar argollas en el mismo, construcción del baluarte de San Crispin con capacidad para 300 soldados, mazmorras, sala de armas y un aljibe.

En 1587 el rey otorgo la cedula real a Batista Antonelli, un reconocido arquitecto militar, para fortificar la construcción existente. Baptista realizo los primeros estudios para convertir esta muralla en una fortaleza abaluartada de acuerdo a los cañones europeos. El proyecto no fue ejecutado pero sirvió de guía para los siguientes ingenieros militares que intervinieron el fuerte.

Hacia el año 1615 se construyeron los baluartes de Santiago y Concepción bajo la dirección del ingeniero Adrián Boot y en 1663 se colocó una estacada en donde no había cortinas construidas.

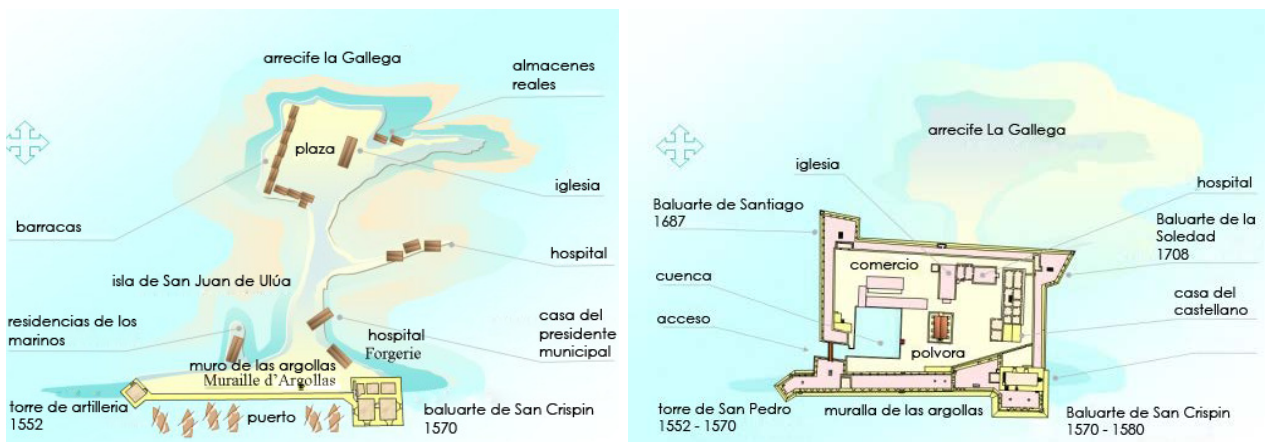


Figura 6. Etapa dos (izquierda) y etapa tres (derecha) del fuerte de San Juan de Ulúa. Fuente: MUÑOZ, Francisco, "Influence de Vauban dans la forteresse de San Juan de Ulúa", Les Oisivetés de l'Association Vauban, No. 16. Paris, 1999.

Un gran porcentaje de los materiales empleados en esta etapa fueron tomados de los arrecifes de la región (piedra coralina).

Etapa III

A pesar de estos trabajos, la invasión pirata en 1683 evidencio la fragilidad del fuerte ante los ataques y la urgente necesidad de terminar su construcción.

Es así que Jaime Frank, capitán de infantería de alemanes al servicio de Cataluña se encarga determinar la construcción del fuerte en solo cinco años. En estos años se construyeron los semibaluartes de Santiago y Soledad, la plaza de armas, la casa del castellano o gobernador (un nivel), se calculo y reforzó la cimentación utilizando cañones viejos como anclas.

Etapa IV

A cargo del ingeniero Félix Proserpi, se edificó entre los años de 1740 a 1743, las obras exteriores de las baterías rasantes de Guadalupe y San Miguel, el parapeto con banquetta, escollera y la calzada entre estas dos baterías.

Dentro del cuerpo principal, en la cortina norte se aumento 4 varas (3.40 m aproximadamente)

hacia el interior, se construyo un aljibe sobre los existentes entre el baluarte de la Soledad y la cortina norte, y se cambio el acceso principal del oeste al este.

En 1762, el ingeniero Lorenzo de Solis edifico el revellín de San José con 16 cañones y se amplio el baluarte de San Pedro.

Etapa V

Entre los años de 1765 a 1777, se agrego un revellín sobre el baluarte de San José, los medios baluartes o lunetas de Santa Catarina y Nuestra Señora del Pilar, el revellín de glacis frente al arrecife la gallega, cortadura de San Fernando, se reforzó nuevamente la cimentación sobre pilotaje profundo y se ampliaron los baluartes de la Soledad y Santiago.

Etapa VI

En 1850 se aumentaron las defensas mediante una batería artillada con 35 cañones, y se amplio el revellín de Glacis.

Con estos trabajos, el conjunto finalmente adquirió la configuración actual, salvo algunas modificaciones que se muestran en la siguiente pagina.

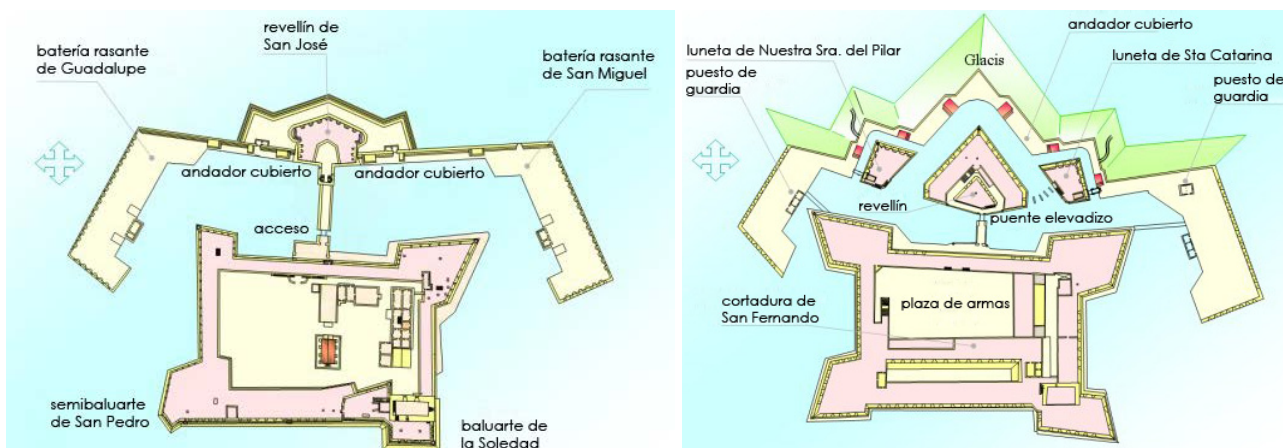


Figura 7. Etapa cuatro (izquierda) y etapa cinco (derecha) del fuerte de San Juan de Ulúa. Fuente: MUÑOZ, Francisco, "Influence de Vauban dans la forteresse de San Juan de Ulúa", Les Oisivetés de l'Association Vauban, No. 16. Paris, 1999.

Modificaciones

Las defensas exteriores y el glacis fueron destruidos y solo se rescató una parte en la intervención realizada en el año de 1997. Parte de la cortina sur también fue destruida y solo quedan algunos vestigios de los muros.

Dentro de la investigación histórica, se detectaron tres modificaciones en el fuerte que pudieron alterar las condiciones térmicas en los espacios.

1. *Vanos de la plaza de armas.* Las fachadas que rodean esta plaza, en archivos fotográficos se encontró que cada espacio o celda, poseía una puerta y cinco ventanas las cuales fueron sustituidas por un solo vano de mayores dimensiones (8).

2. *Marquesina.* En la casa del gobernador, existía una marquesina sobre los vanos en la fachada poniente. Esta fue eliminada y actualmente no hay ningún dispositivo que brinde protección solar (9).

3. *Vegetación.* En la fachada este de la casa del gobernador, sobre la terraza existían elementos vegetales que además de dar sombra, generaban un espacio agradable (10). En la plaza de armas, se encontró en algunas fotografías la existencia de árboles que daban sombra a la fachada norte y sur de la plaza de armas (11).

4. *Losa de azotea en casa del Gobernador.* Se eliminó el sistema constructivo original (que con base a la investigación realizada, se trataba de un sistema de terrado) y se sustituyó por una losa de concreto armado.

5. *Tapiado de tragaluces.* En las baterías altas del cuerpo principal, se observan algunos tragaluces descubiertos que actualmente están tapiados, como es el caso de las celdas donde se localizan los sanitarios para el museo de sitio.



Figura 8. Plaza de armas en 1914. Archivo INAH.



Figura 9. Fachada casa del Gobernador en 1920. Archivo INAH.



Figura 10. Terraza en la planta alta de la casa del Gobernador en 1920. Archivo INAH.



Figura 11. Plaza de armas en los años 40. Archivo INAH.

5.3.3. Análisis bioclimático del fuerte

El objetivo del análisis bioclimático sobre el fuerte de San Juan de Ulúa es determinar su comportamiento hidrotérmico y adoptar las estrategias más adecuadas para alcanzar el confort de los usuarios.

a. Recopilación y procesamiento de la información

Análisis del bioclima

Descripción del sitio

El estado de Veracruz se localiza al este de la República Mexicana y presenta una gran diversidad climática, debido a su posición geográfica intertropical, donde intervienen los cinco factores del clima principalmente la altitud y el relieve con grandes contrastes.

La Ciudad y Puerto de Veracruz, esta al centro del Estado en la llanura costera del Golfo de México; se encuentra dentro de la zona tropical del Estado con latitud 19° 12' 00" N, longitud 96° 07' 59" O con una altitud de 10 msnm.

En cuanto a la clasificación para el clima de la Ciudad de Veracruz le corresponde el tipo Aw2 que es cálido sub-húmedo con lluvias en verano. El subíndice No. 2 (índice de Lang) indica el gradiente de Humedad que resulta de dividir la precipitación total anual expresada en mm entre la temperatura media anual en grados centígrados (P/T). Por lo tanto la clasificación aw2 considera la humedad mayor a 55.3 por lo que la ciudad de Veracruz es una de las regiones más húmedas del estado.

La condición climática se obtuvo de la estación meteorológica local No. 30192 cuya normal climatológica comprende un periodo de 30 años desde 1971 al 2000.

Temperatura

La temperatura promedio anual oscila entre 19.6°C y 30.4°C con una temperatura media anual de 25.0°C. Para analizar el comportamiento climático con mayor precisión, se graficaron los datos promedios mensuales utilizando cuatro parámetros relacionados con temperatura: temperatura media, máxima y mínima mensual.

A partir de la medición de las temperaturas, se determinó el rango de confort para un habitante de la región, utilizando la fórmula de termopreferendum (Steve Szokolay, 1998) que se describe a continuación:

$$T_n = 17.6 + 0.31 (t_{ma})$$

$$Z_c = T_n \pm 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde: T_n = temperatura neutra.

Z_c = zona o rango de confort.

T_{ma} = Temperatura media anual.

Se interpolaron los datos de temperatura de la ciudad con los rangos de confort para determinar los meses críticos. (Ver anexo tres donde se muestran las temperaturas confort obtenidas).

En la gráfica 1 se observa que en los meses de diciembre y enero las temperaturas máximas del sitio no rebasan el rango de confort.

Por el contrario, en los meses de abril a septiembre las temperaturas máximas superan considerablemente los rangos de confort, principalmente en el mes de mayo donde la diferencia de temperaturas es 5.26 °C.

Con los datos anteriores, se seleccionaron los meses de enero y mayo para el estudio para tener una muestra del comportamiento climático del sitio durante todo el año.

Precipitaciones y humedad

Para la obtención de humedad se consideraron la precipitación total anual e índice de humedad de Lang. La precipitación normal anual es de 1672.1mm. La temporada de lluvias principia a fines del mes de mayo y termina a principios de octubre, con máximos en los meses de julio y agosto como indica la gráfica 2.

La humedad relativa media es de 79.08%, la cual es constante en los meses de enero a septiembre. El mes con menor humedad relativa es en octubre con 75% (gráfica 3).

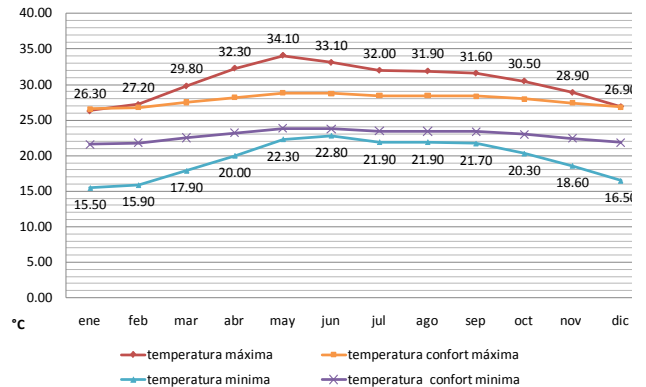
Vientos

Los vientos máximos mensuales o máximos absolutos dominantes proceden del norte. De septiembre a mayo los vientos dominantes son del Norte y de junio hasta agosto son del Noreste. En los vientos dominantes procedentes del norte, el intervalo de rapidez con mayor frecuencia relativa es de 25 a 30 m/s presentándose con frecuencia en el mes de abril (gráfica 4).

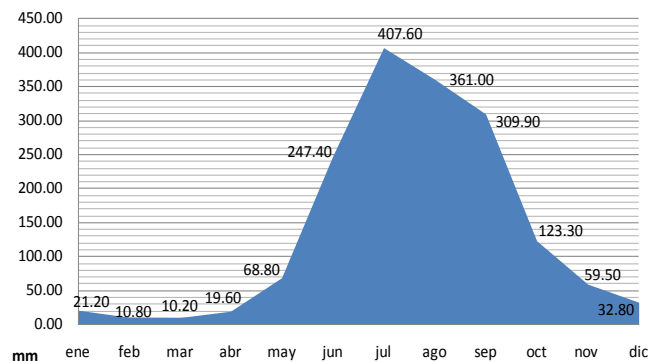
La época de ciclones se inicia en el golfo de México con sistema depresionario en junio creciendo en intensidad con huracanes bien desarrollados, en agosto, septiembre y octubre. La temporada de Nortes cubre a mediados de octubre principios de mayo aproximadamente.

Radiación Solar

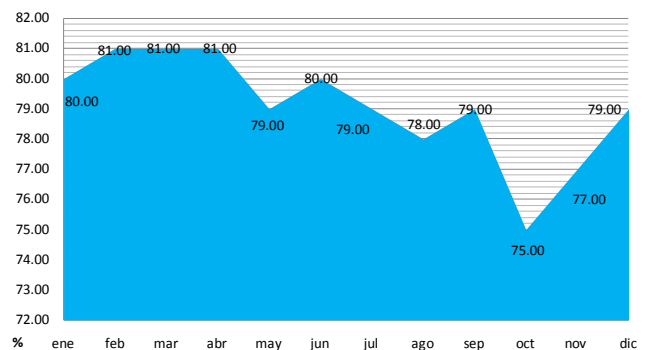
El promedio de radiación solar que recibe la ciudad durante el año es de 4.6 kW/día. En el mes de mayo se recibe la mayor cantidad de radiación con 5.6 kW/día mientras que en diciembre y enero se reciben los índices más bajos 3.70 kW/día y 3.60 kW/día respectivamente (gráfica 5).



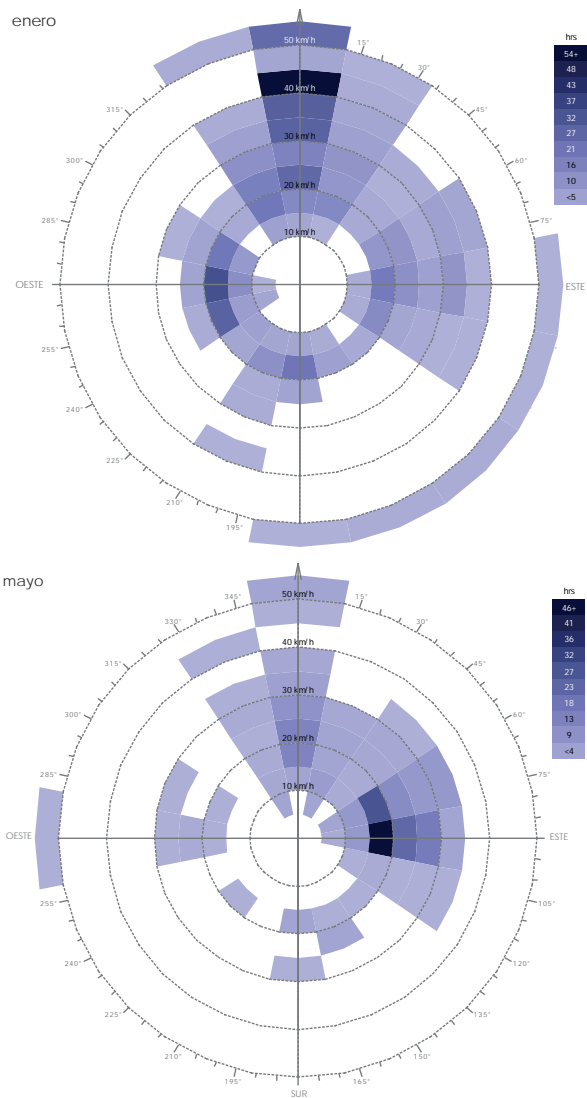
Gráfica 1. Temperaturas máximas y mínimas del puerto comparadas con las temperaturas confort.



Gráfica 2. Niveles de precipitación de la ciudad de Veracruz. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional.



Gráfica 3. Humedad relativa media de la ciudad de Veracruz. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional.



Gráfica 4. Frecuencia relativa de las direcciones dominantes de los vientos máximos. Superior mes de enero, inferior mes de mayo. Fuente: *Wheather Tool*.

Isotermas

Las grandes masas continentales tienen gran influencia en el clima produciendo un efecto conocido con el nombre de continentalidad. En la continentalización el mar absorbe calor, y lo desprende, más despacio que la tierra, por lo que puede calentar o enfriar el ambiente gracias a la circulación de las brisas marinas

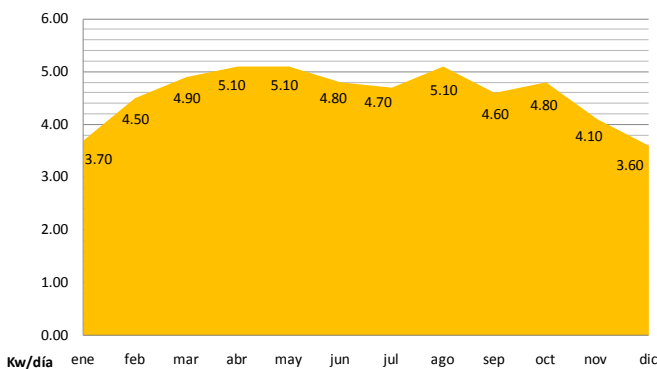
En el Puerto de Veracruz su influencia marítima repercute en condiciones más isotermas. El clima de esta región se vuelve así más templado y más húmedo. Este efecto se refleja en las variaciones anuales de la temperatura y en las oscilaciones diarias entre la temperatura diurna y nocturna.

b. Estrategias de climatización pasiva para el Puerto de Veracruz

El puerto de Veracruz se caracteriza por las altas temperaturas diurnas entre los meses de abril a septiembre y por su elevada humedad. Con la ayuda de un diagrama psicrométrico (ver anexo 4) se determinaron las estrategias pasivas para este bioclima que son principalmente **protección solar, ventilación natural y alta masa térmica con ventilación nocturna.**

c. Diagnóstico general y comportamiento bioclimático del fuerte

El análisis bioclimático sobre el fuerte de San Juan de Ulúa demuestra como el edificio modifica el entorno natural exterior, modera el clima y proporciona protección y abrigo; situación que como proyectistas y restauradores debemos entender esta interacción para lograr una intervención sustentable. La recopilación de información sobre el clima forma parte de cualquier estrategia para crear un edificio saludable y permite evaluar las estrategias óptimas a fin de lograr un equilibrio térmico en el interior. Así dependerá del proyecto de



Gráfica 5. Niveles de radiación solar de la ciudad de Veracruz medidos en kilowatts por día. Fuente: *SMN*.

restauración y adecuación arquitectónica, si el inmueble debe ser climatizado artificialmente o naturalmente.

En relación al clima del puerto, se encontraron elementos bioclimáticos en el inmueble que mitigan los efectos adversos del clima. Para mejorar la comprensión de estos resultados, se decidió dividir en dos secciones el estudio del inmueble histórico. En el primero se describen las características generales del fuerte (cuerpo principal) y en el segundo las características de la casa del Gobernador, cuyo uso será de oficina y museo (donde se concentrarán los usuarios).

Orientación y forma

La disposición del cuerpo principal este-oeste en el sentido longitudinal es la ideal para el clima del puerto.

La forma y la orientación del edificio afectan totalmente en la temperatura interior del edificio. La forma del edificio determina la relación del volumen con la superficie perimetral (fachada), que en el fuerte, tiene un menor intercambio de energía entre el interior y el exterior del volumen, con esto se reducen las ganancias energéticas por medio de las fachadas. La forma determina el grado de iluminación y ventilación natural, esto es de la siguiente manera: la orientación del fuerte responde a las necesidades de protección solar, mientras que la configuración extendida (ocupa el 61.4% del terreno) y la distribución de espacios, ayuda a distribuir correctamente la ventilación.

Muros

El espesor de los muros y bóvedas además de cumplir una función defensiva, provoca un desfase entre los aportes de calor y el incremento de la temperatura interior. Esta “resistencia” a reaccionar inmediatamente a los aportes de calor se llama inercia térmica.

En general, los materiales de construcción del fuerte actúan como una eficaz masa térmica: la piedra en muros, suelos de tierra o techos gruesos son buenos en este sentido. Por lo tanto, la edificación posee una alta masa térmica que, en combinación con la ventilación constante, se comporta manteniendo una temperatura sin variaciones bruscas y relativamente estable frente a las condiciones externas.

Durante el invierno, la masa térmica almacena el calor solar durante el día para liberarlo por la noche, y durante el verano, realiza la misma función, sólo que el calor que almacena durante el día es el del inmueble (manteniéndola, por tanto, fresca), y lo libera por la noche mediante la ventilación natural. En ciclo anual, se guarda el calor del verano para el invierno y el fresco del invierno.

Altura de los espacios

Las grandes alturas en los espacios interiores (superiores a 5 m) permiten la estratificación del aire caliente, por lo que el aire más fresco queda abajo, al nivel de los usuarios.

Tragaluces

Los corredores y bóvedas poseen aberturas en el lecho superior, que además de ofrecer iluminación natural a los mismos; mejora el confort térmico al dejar salir al aire caliente y humedad acumulada en el intradós de las bóvedas. En la mayor parte del fuerte, los niveles de ventilación son adecuados, salvo en algunos sitios donde los tragaluces están tapiados.

En los meses comprendidos entre mayo y septiembre, es importante que la ventilación se mantenga sobretodo en las noches para que el viento disipe rápidamente el calor acumulado durante el día. Por lo tanto, los pasos que permiten el paso del viento no deben ser bloqueados u obstruidos totalmente.

Vanos

Tomando en cuenta el promedio de radiación solar anual de 4.6 kW/día, el espesor de las bóvedas protege los espacios interiores de la radiación. A pesar de esto, es importante analizar la incidencia de los rayos solares al interior de los espacios.

Se tomó como muestra, la celda 50 de la cortina norte, con fachada hacia el sur (Plaza de Armas), por lo que supondría que esta orientación favorecería el ingreso de los rayos solares a la celda, ocasionando sobrecalentamiento.

Como primer paso, fue necesario trazar las gráficas de proyección solar para el puerto de Veracruz los días 1 de enero y 10 de mayo. Al obtener la gráfica del 10 de mayo, se observa que los rayos solares en el día provienen del norte. Así que se determinó trazar la gráfica del 10 de abril y observar el comportamiento dentro de la celda (anexo 5).

En el estudio de sombras, se observa que la radiación solar en enero incide más ortogonalmente a las superficies verticales que en mayo. Las azoteas reciben 4.5 veces más radiación en mayo que en enero y la orientación del fuerte permite que en enero, el mes más frío, ingresen los rayos solares, mientras que en mayo (el mes más caluroso) no ingresan los rayos solares.

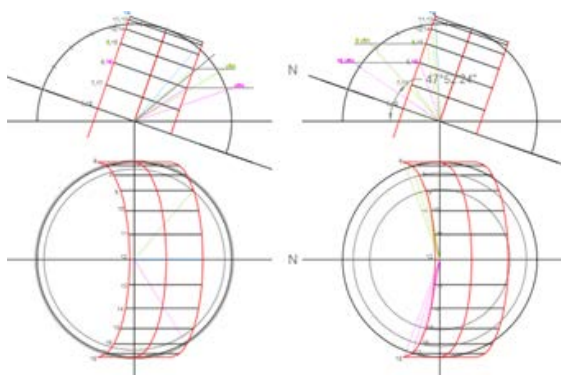


Figura 12. Gráficas solares para el Puerto de Veracruz del 1 de enero y el 10 de mayo.

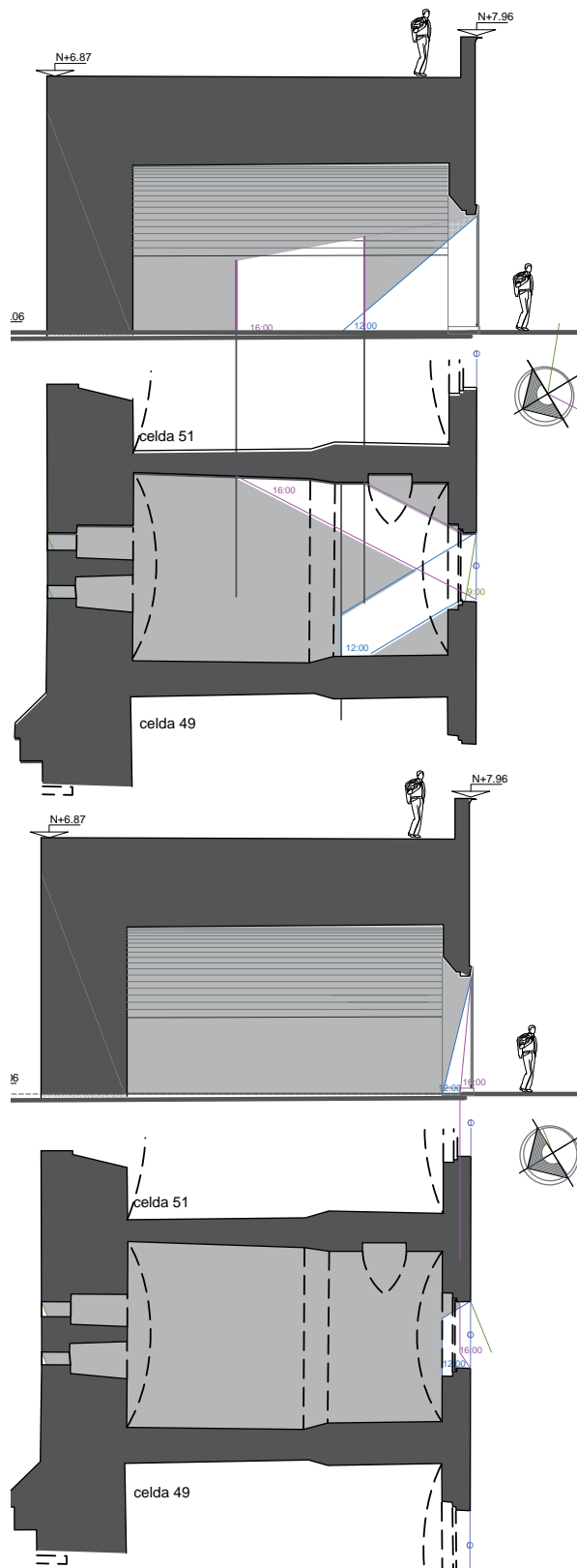


Figura 13. Penetración de los rayos solares en la celda 50 (cortina norte) el 1 de enero (arriba) y el 10 de abril (abajo).

Casa del Gobernador

Orientación y forma

La planta de la casa de sección rectangular (40m x 18 m), está orientada en el eje norte sur, situación no recomendable porque favorece la incidencia directa de los rayos solares en los espacios. Habrá que analizar con más detalle si esto se determinó por motivos estratégicos o para evitar el ingreso de los vientos fuertes del norte.

Cubierta

La losa de azotea en la casa del Gobernador recibe radiación solar directa durante todo el día aunado al espesor tan pequeño de la losa (10 cm) **no ofrece la protección necesaria**. En este punto existe poca protección a la radiación solar y elevada ganancia de calor por conducción durante el día.

Ventanas y puertas

Son los **elementos más débiles del edificio** en su interacción con la temperatura exterior, por lo que es trascendental que sean intervenidos para mejorar la temperatura interior. Todas las puertas y ventanas están fabricadas con madera de cedro y tanto en la fachada este como en la oeste, las puertas de la planta baja (en las hojas centrales) poseen unas rejillas tipo louvers de madera que permiten el paso del viento pero bloquean los rayos solares.

En el estudio de sombras (fig. 16,17,18 y 19), se detectó que la marquesina de la fachada este en casa del Gobernador, durante el mes de enero (invierno) ofrece poca protección solar. Afortunadamente, en el mes de mayo (verano) el sol está más alto que en invierno bloqueando los rayos solares en los vanos orientados al este, mientras que en invierno permiten el ingreso de los rayos solares por la mañana para calentar los espacios. Las propiedades físicas del vidrio ayuda a reducir la ganancia de calor por radiación cuando los ángulos de incidencia

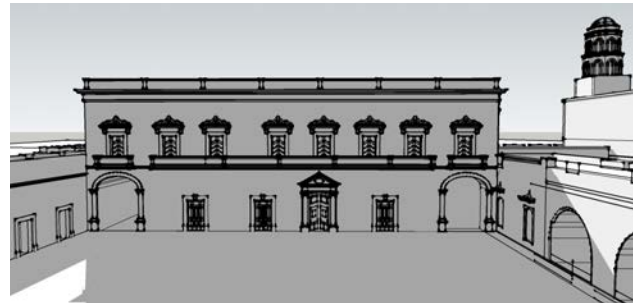


Figura 14. Fachada oeste de la casa del Gobernador, vista desde la plaza de armas. *Archivo personal*

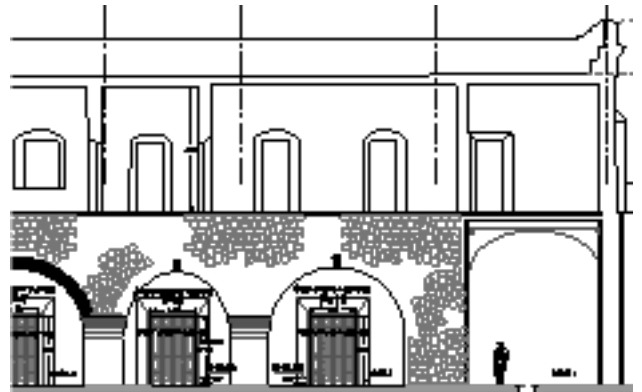


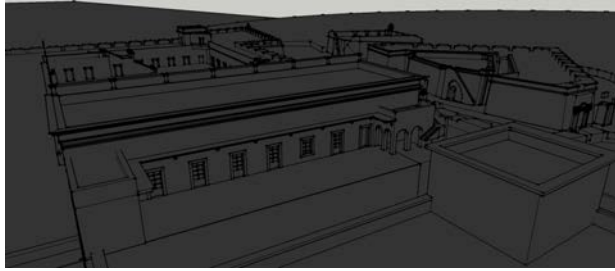
Figura 15. Diferencia de espesores en las losas de la casa del Gobernador. *Levantamiento y dibujo: INAH*

de los rayos solares son más oblicuos, el coeficiente de transmisión es menor. A pesar de estos beneficios, hay algunos inconvenientes:

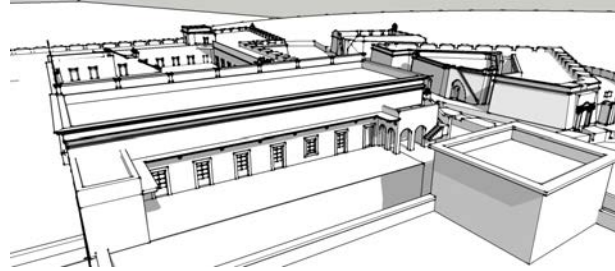
El solsticio de verano (21 de junio) no coincide exactamente con el mes más caluroso (mayo). Esto significa que en el mes de mayo, el sol está algo más bajo en el cielo e ingresa mayor cantidad de rayos solares por los vanos en el este. El día tiene mayor duración (hay más horas de sol) y los días son más despejados que en el invierno.

En la fachada oeste, recibe la mayor cantidad de radiación además de la azotea, por lo que es importante reducir la ganancia de calor a través de las ventanas. Aunque se evite la llegada de la radiación directa, hay que considerar también la radiación difusa y reflejada, lo que puede suponer ganancias caloríficas apreciables.

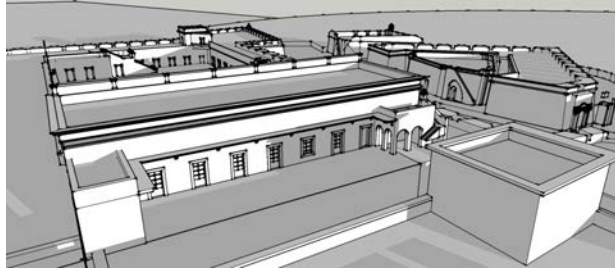
fachada este / enero



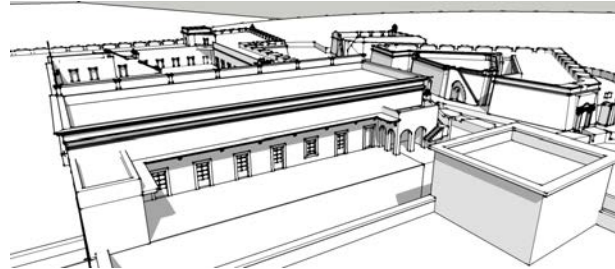
06:30



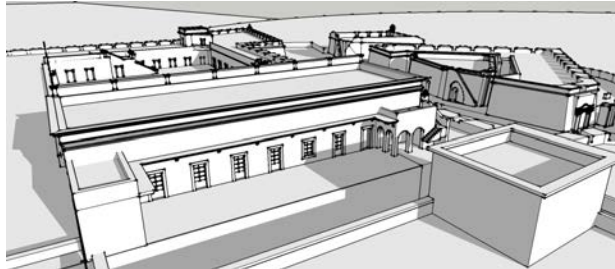
10:30



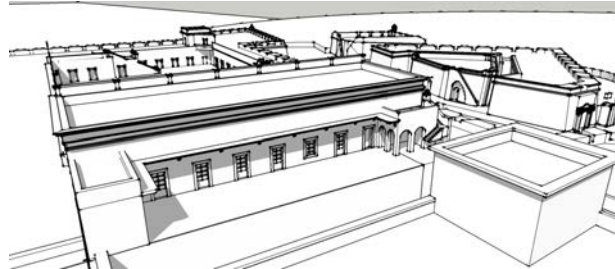
07:30



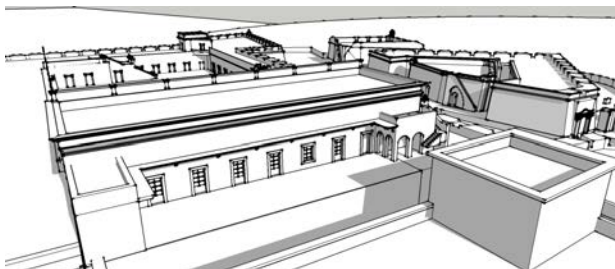
11:30



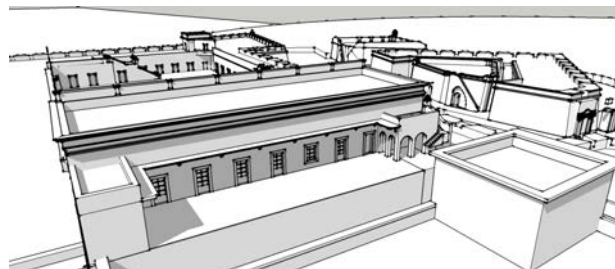
08:30



12:30



09:30



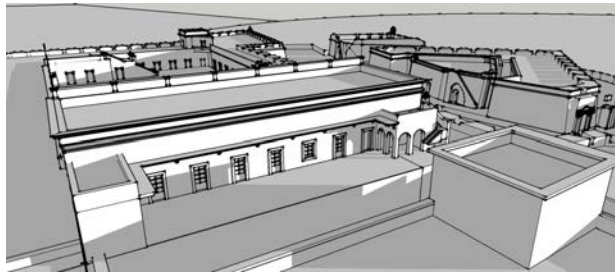
13:30

Figura 16. Sombras proyectadas en la fachada este de la casa del Gobernador el 1 de enero desde las 7:30 hasta las 13:30. *Archivo personal.*

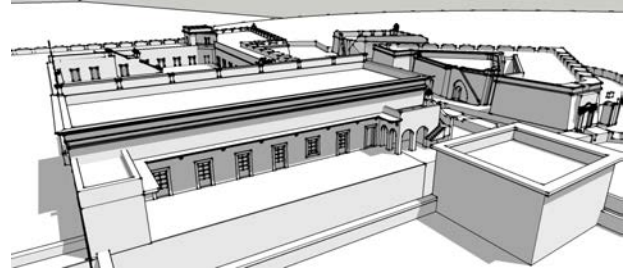
La fachada este en el mes de enero, recibe radiación solar directa desde las 6:30 hasta las 12:30 que es cuando la marquesina bloquea los rayos solares (aunque por solo una hora) debido a la inclinación de los rayos solares.

En este mes, la temperatura máxima del puerto no rebasa el rango de confort por lo que esta situación no representa problema y ayudaría a ganar calor en las mañanas cuando la temperatura exterior está debajo del rango.

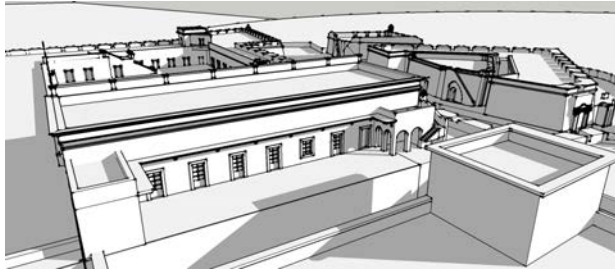
fachada este / mayo



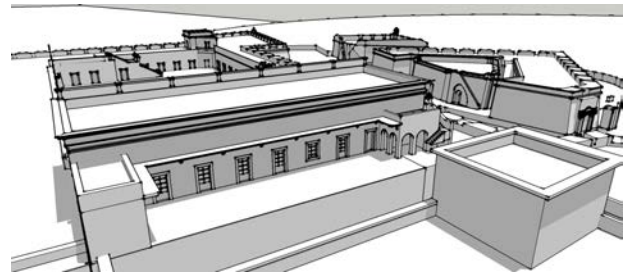
06:30



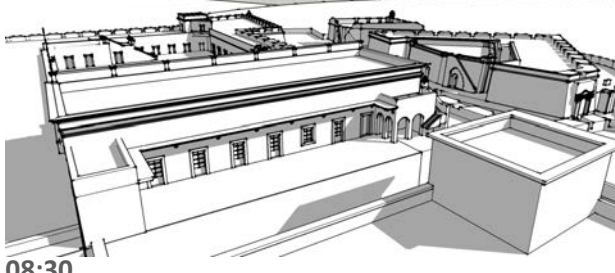
10:30



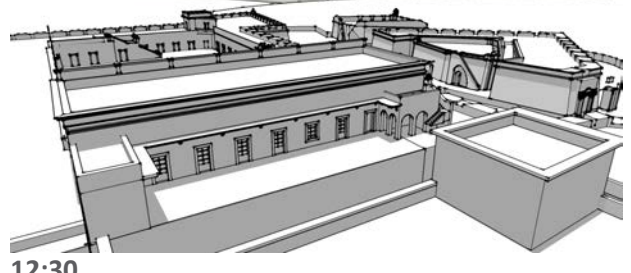
07:30



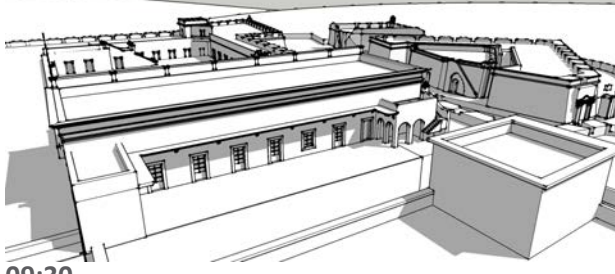
11:30



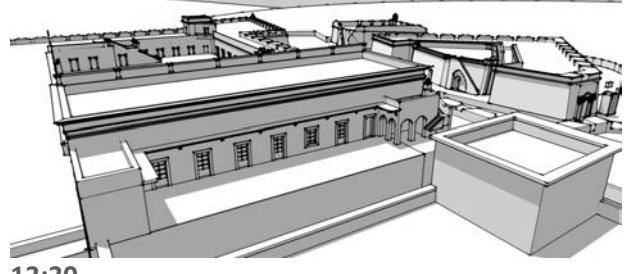
08:30



12:30



09:30



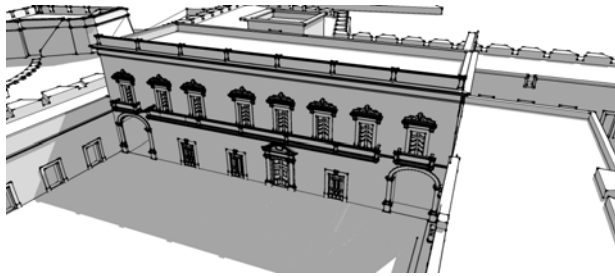
13:30

Figura 17. Sombras proyectadas en la fachada este de la casa del Gobernador el 10 de mayo desde las 7:30 hasta las 14:30. *Archivo personal.*

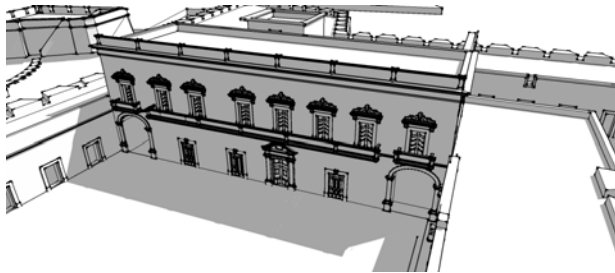
En el mes de mayo se registran las temperaturas más altas del puerto. La fachada este recibe radiación solar directa desde las 6:30 hasta las 10:30 (menos horas que en enero) cuando la marquesina bloquea los rayos solares. A

diferencia de enero, la incidencia de los rayos solares en mayo son más perpendiculares a la superficie del suelo por lo que la marquesina cumple su objetivo: evitar la ganancia de calor por radiación directa.

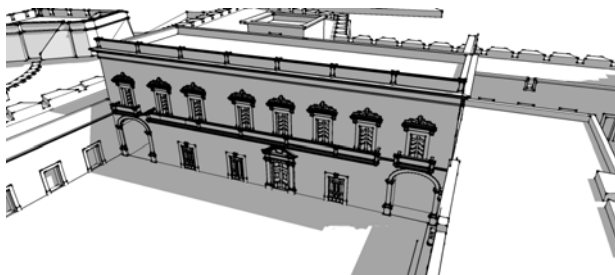
fachada oeste / enero



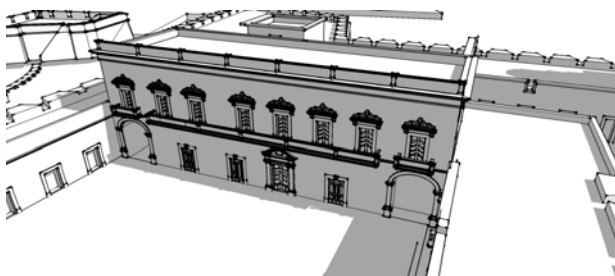
11:30



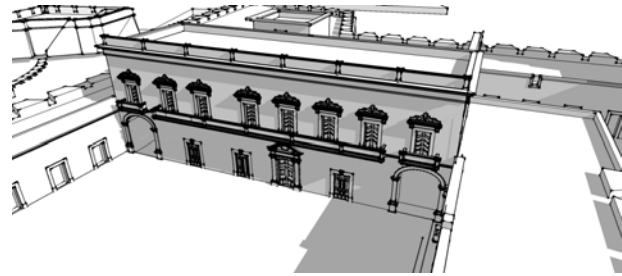
12:30



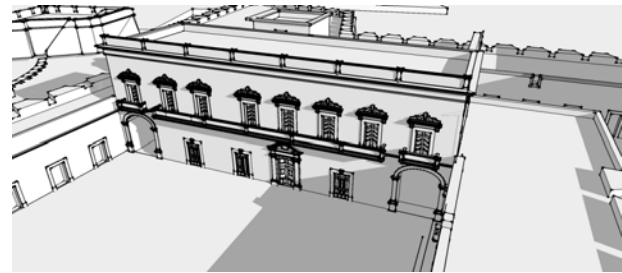
13:30



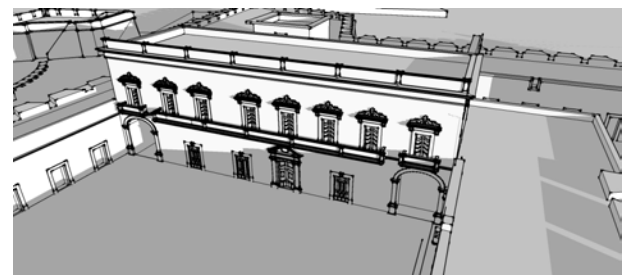
14:30



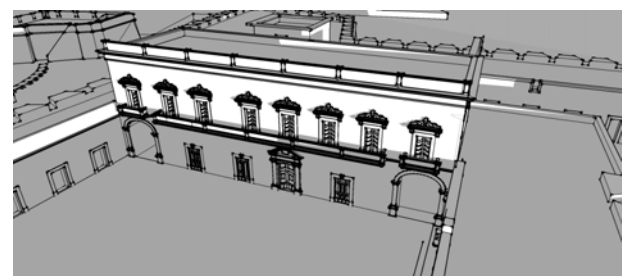
15:30



16:30



17:30



18:00

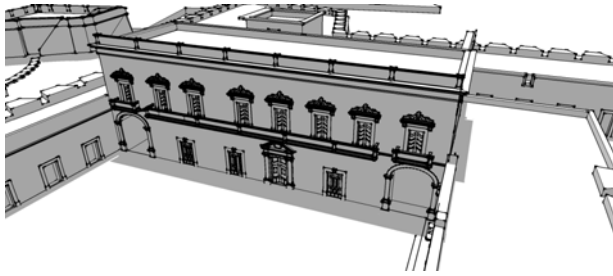
Figura 18. Sombras proyectadas en la fachada oeste de la casa del Gobernador el 21 de enero desde las 11:30 hasta las 18:00. *Archivo personal.*

Para el estudio de sombras de la fachada oeste, se seleccionaron los horarios vespertinos que es cuando los rayos solares inciden sobre la fachada. En este punto, no hay elementos arquitectónicos como parasoles, toldos y/o marquesinas que bloqueen los rayos solares,

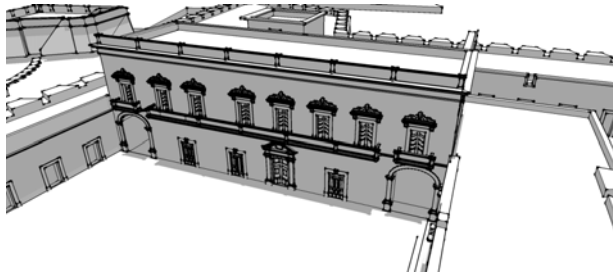
por lo que los vanos están expuestos a la radiación solar directa.

En enero no representa mayor problema porque como se ve en el estudio de sombras, solo recibe asoleamiento durante casi 2 horas.

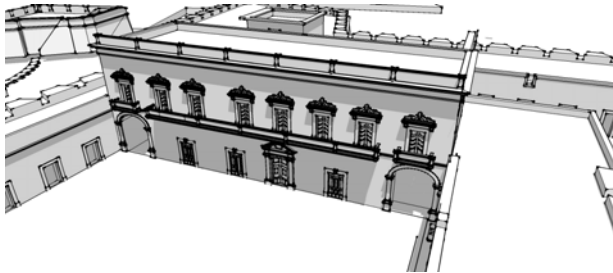
fachada oeste / mayo



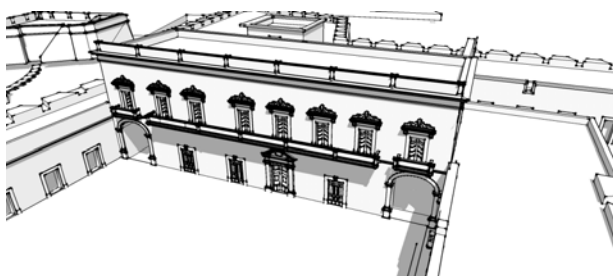
11:30



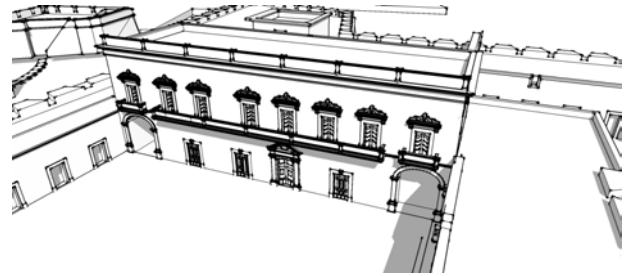
12:30



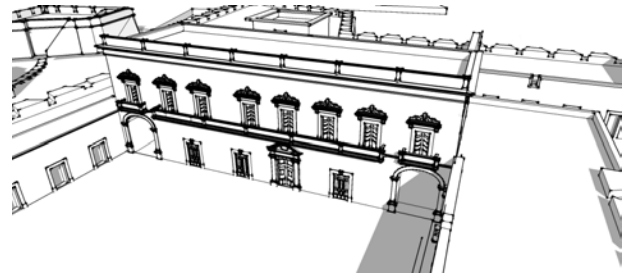
13:30



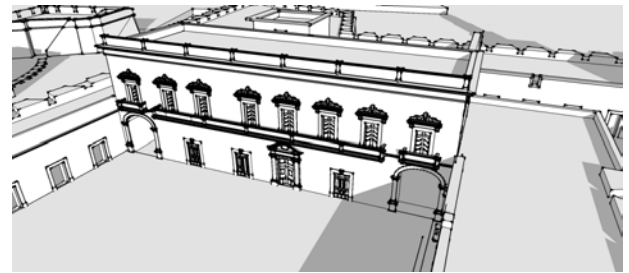
14:30



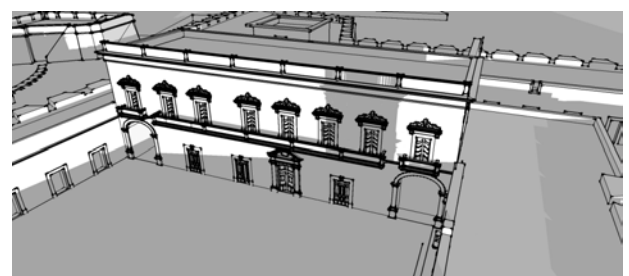
15:30



16:30



17:30



18:30

Figura 19. Sombras proyectadas en la fachada oeste de la casa del Gobernador el 21 de mayo desde las 12:30 hasta las 18:50. *Archivo personal.*

La radiación solar en la fachada oeste es 2.5 veces mayor en verano que en invierno, recibiendo asoleamiento durante 5 horas. Siendo así, la fachada oeste (al atardecer) y la cubierta (durante todo el día), están expuestas a una radiación intensa en verano.

Esto ocasiona un incremento considerable de la temperatura en los espacios del segundo nivel de la casa del Gobernador, rebasando el rango de confort. Se debe procurar que en estas zonas haya poca ganancia de calor por radiación y conducción.

5.3.4. Aplicación de estrategias sustentables

a. Elementos bioclimáticos del fuerte

En las páginas anteriores se demostró que el fuerte de San Juan de Ulúa presenta un buen comportamiento hidrotérmico y fue diseñado para adaptarse al clima de Veracruz. Con esto se reafirma la premisa planteada a lo largo de este documento y se sostiene que los edificios históricos poseen estrategias bioclimáticas que ayudan a mitigar los efectos adversos del clima.

Con base a lo anterior, se deben conservar los dispositivos de control climático que aun posee el fuerte, que son:

- Pasos de ventilación en bóvedas (tragaluces).
- Materiales y sistemas constructivos originales.
- Marquesina en la fachada este de la casa del Gobernador.
- Puertas de madera con persiana en la planta baja de la casa del Gobernador.

En algunas intervenciones previas, se eliminaron sistemas importantes para el control climático que deben ser rescatadas. Por lo tanto, se muestran las modificaciones mostradas en la página 99 y como serán recuperadas, aunque desafortunadamente en algunos casos no es posible.

1. *Vanos de la plaza de armas.* Se efectuó un análisis comparativo entre los vanos existentes y los vanos “originales” (fig. 20). En ambos casos, la superficie total del vano es la misma en cada crujía, a pesar de que en el diseño original (siglo XIX) son cinco vanos.

La supuesta ventaja de la proporción original sobre la existente, consiste en que cada espacio al poseer cinco aperturas, éstas son de menor dimensión y en combinación con el espesor de los muros, se bloquea el ingreso de los rayos solares sin sacrificar los niveles de ventilación e iluminación natural.

Sin embargo, al realizar el estudio de sombras en una de las celdas de la cortina norte (página 104), se mostró que la orientación de la cortina es determinante, por lo que el tamaño, cantidad y proporción de los vanos no afecta realmente la incidencia de los rayos solares.

Por lo tanto, se concluye que no es necesario recuperar las proporciones originales de los vanos por cuestiones bioclimáticas y se recomienda respetar la fachada actual para no eliminar una etapa constructiva del fuerte.

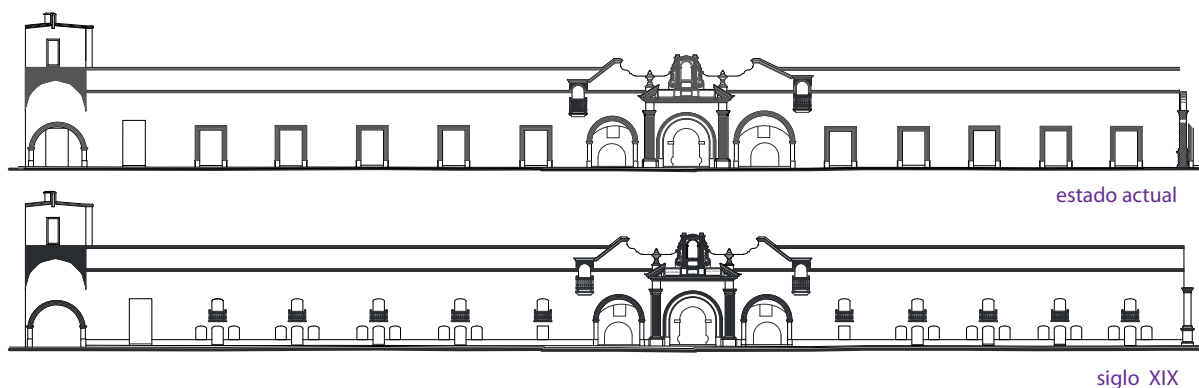


Figura 20. Diferentes fachadas de la cortina norte. Levantamiento y dibujo: INAH.

2. *Marquesina en la casa del gobernador.* No es posible reintegrar la marquesina en la fachada oeste sin alterar la estética y la composición de la misma, por lo que se deberá recurrir a la ayuda de la tecnología para reducir la transmisión del calor a través de las ventanas.

3. *Vegetación.* Se recuperará la terraza con vegetación en la casa del gobernador, utilizando naturación indirecta y en algunos puntos la naturación directa extensiva.

En la plaza de armas, se podrá sembrar arboles, cuidando la selección de la especie y su emplazamiento para no afectar la lectura del fuerte.

4. *Losa de azotea en casa del Gobernador.* No hay evidencia concreta del sistema constructivo original, por lo que se recurrirá a los dispositivos tecnológicos para reducir la conducción de calor a través de esta losa.

5. *Tapiado de tragaluces.* Se liberaran todos los tragaluces tapiados para permitir la salida natural del aire caliente.

b. Estrategias y tecnología sustentable

A continuación se presentan una serie de recomendaciones para mejorar el comportamiento térmico del fuerte, respetando y rescatando los dispositivos bioclimáticos del fuerte complementados con algunas estrategias pasivas indicadas en el capítulo cuatro. Cabe señalar que solo se exponen las estrategias que infieren en el consumo energético dado que la hipótesis de

esta investigación supone una reducción en el consumo eléctrico. Esto no implica que otros dispositivos puedan ser implementados como plantas de tratamiento para agua residual o la rehabilitación de los aljibes para agua pluvial.

Estas consideraciones, se muestran clasificadas con base a las estrategias pasivas de climatización necesarias para el clima del Puerto de Veracruz (cálido subhúmedo).

Control de humedad: deshumidificación

Como se tiene una humedad demasiado alta en ciudad durante todo el año (rebase el límite de confort que es 70%), el proceso de enfriamiento del cuerpo humano por transpiración se ve limitado y entonces se hace necesaria la eliminación de calor desde la piel por convección y radiación.

Las alternativas a la deshumidificación del aire con propósitos de confort son el movimiento del aire y la disminución de la temperatura radiante de las superficies de los alrededores. Se promueve la ventilación natural en todos los espacios.

Control solar: protección

Es evidente que en los meses entre marzo y septiembre hay que reducir las ganancias caloríficas al mínimo. En este caso de estudio, los sistemas de captación solar pasiva son perjudiciales, por lo que es necesario impedir la penetración de la radiación solar. Ciertas técnicas como marquesinas, barreras vegetales y aislamiento térmico en la cubiertas, contribuyen para lograr este objetivo.

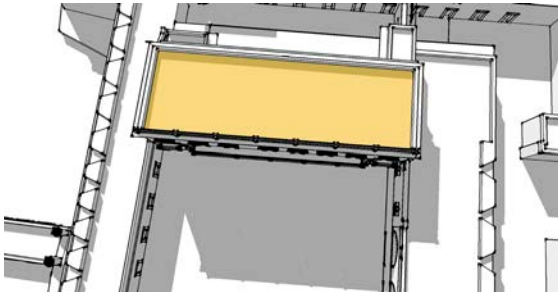


Figura 21. Azotea de la casa del Gobernador. Archivo personal.

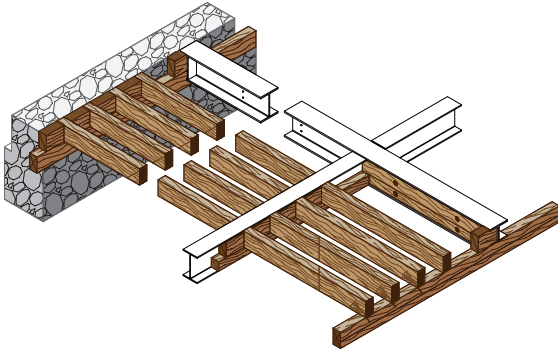
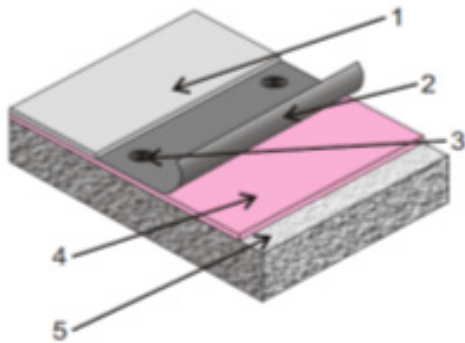


Figura 22. Nuevo sistema de entresiso a base de vigas de acero y madera, tejamanil y concreto de 12 cm de espesor. Levantamiento y dibujo: INAH



- 1 MEMBRANA APLICADA CON FUEGO O IMPERMEABILIZANTE BASE SOLVENTE
- 2 BARRERA DE FUEGO
- 3 SUJETADOR MECANICO
- 4 FOAMULAR®
- 5 CUBIERTA METALICA O DE CONCRETO

Figura 23. Detalle de colocación del aislante térmico en losas (señalado en color rosa). Fuente: Owens Corning.

Aislamiento en la azotea de la casa del gobernador

Como se expuso anteriormente, el problema de la losa de azotea en la casa del Gobernador (21) es la radiación solar directa que recibe todo el día y el reducido espesor de la losa.

Considerando que la losa será sustituida por una losa que imita un sistema tradicional (22), se recubrirá la losa con un aislante térmico de 5cm de espesor a base de poliestireno extruído, conductividad de 0.028 w/m². Este aislamiento dificultará el paso de calor por conducción del interior al exterior de la edificación.

En cuanto a la colocación del aislamiento, lo ideal es hacerlo por fuera de la masa térmica, es decir, como recubrimiento exterior del techo de tal manera que la masa térmica actúe como acumulador eficaz en el interior, y bien aislado del exterior (23).

Cabe señalar que el aislamiento propuesto cumple con las Normas NMX-C-460-ONNCCE-2009, NOM-009-ENER-1995 y NOM-018-ENER-1997.

Control solar en la fachada este de la casa del Gobernador

Aumentar el ancho de la marquesina. Dimensiones adecuadas que bloqueen parcialmente la penetración solar en verano y no en invierno.

Barrera vegetal. La vegetación colocada sobre la terraza en planta alta (como existía anteriormente), cerca de la zona este de la fachada, refrescará el ambiente por evapotranspiración. Por otra parte, es recomendable elegir un especies nativas para garantizar su desarrollo óptimo con un mínimo mantenimiento. La naturaliza indirecta será el principal recurso y solo en algunos puntos se utilizara la naturación directa pero extensiva para no modificar los niveles de acceso.

Control solar en la fachada oeste de la casa del Gobernador

La fachada oeste requiere protección solar, pero por cuestiones estéticas e históricas no se pueden colocar elementos como marquesinas, toldos o barreras vegetales. Por lo tanto, el adecuado manejo del vidrio en las ventanas es importante para el equilibrio térmico. Las soluciones para este caso son: uso de películas que filtren los rayos solares y contraventanas.

Láminas de control solar. La película se aplicará a los cristales de los vanos en la fachada oeste de la casa del gobernador. Se seleccionaron las láminas con tecnología de nanocerámica con un coeficiente de 0.50, porque mantiene la claridad óptica, no contienen partículas de metal que puedan oxidarse con la elevada humedad del puerto y requieren de poco mantenimiento.

Contraventanas. Son más efectivas que las láminas de filtro solar, pero quizá bloquean demasiado la luz. Se pueden colocar si en esas áreas se requieren por cuestiones museográficas.

Control térmico: ventilación

El aire en movimiento puede llevarse el calor acumulado en muros, techos y suelos por el fenómeno de convección. Para ello, la temperatura del aire debe ser lo más baja posible, por lo que la ventilación nocturna, ayuda casi exclusivamente en los meses de marzo a octubre. A fin de evitar las condensaciones, hay que mantener la circulación del aire en horarios y meses de acuerdo al cálculo térmico.

El sanitario de la cortina poniente es existente y solo se remodelará. Aquí existen dos lucernarios que fueron clausurados en alguna época, por lo que se propone su liberación para que a través de ellos se reciba iluminación natural y funcionen como chimeneas solares para la ventilación natural.

El caso del sanitario de la cortina oriente será totalmente nuevo, por lo que se adecuara una celda. No existen pasos en la losa como en la cortina poniente, por lo que se propone utilizar un difusor solar de 30 cm de diámetro, que además de iluminar naturalmente el espacio, posee un conducto que permite el flujo natural del aire, ventilando el espacio. Esta propuesta es menos agresiva y es totalmente reversible.

Con estas consideraciones, se podrá ahorrar energía en los sanitarios por concepto de iluminación y ventilación.

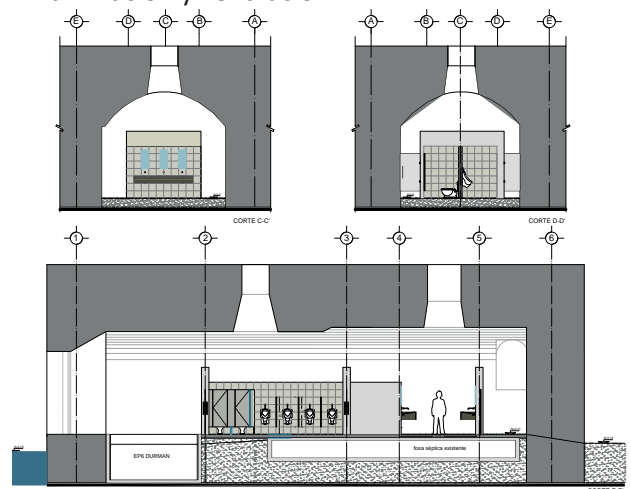


Figura 24. Sanitarios existentes en la cortina poniente. Levantamiento y dibujo: INAH

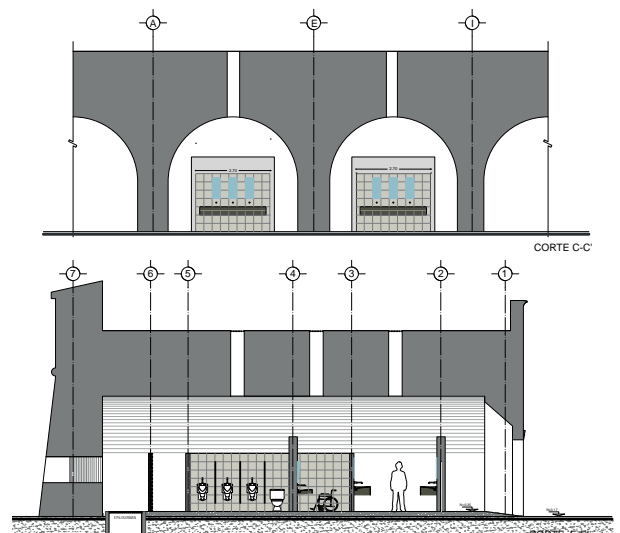


Figura 25. Sanitarios nuevos en la cortina oriente con difusores solares. Levantamiento y dibujo: INAH

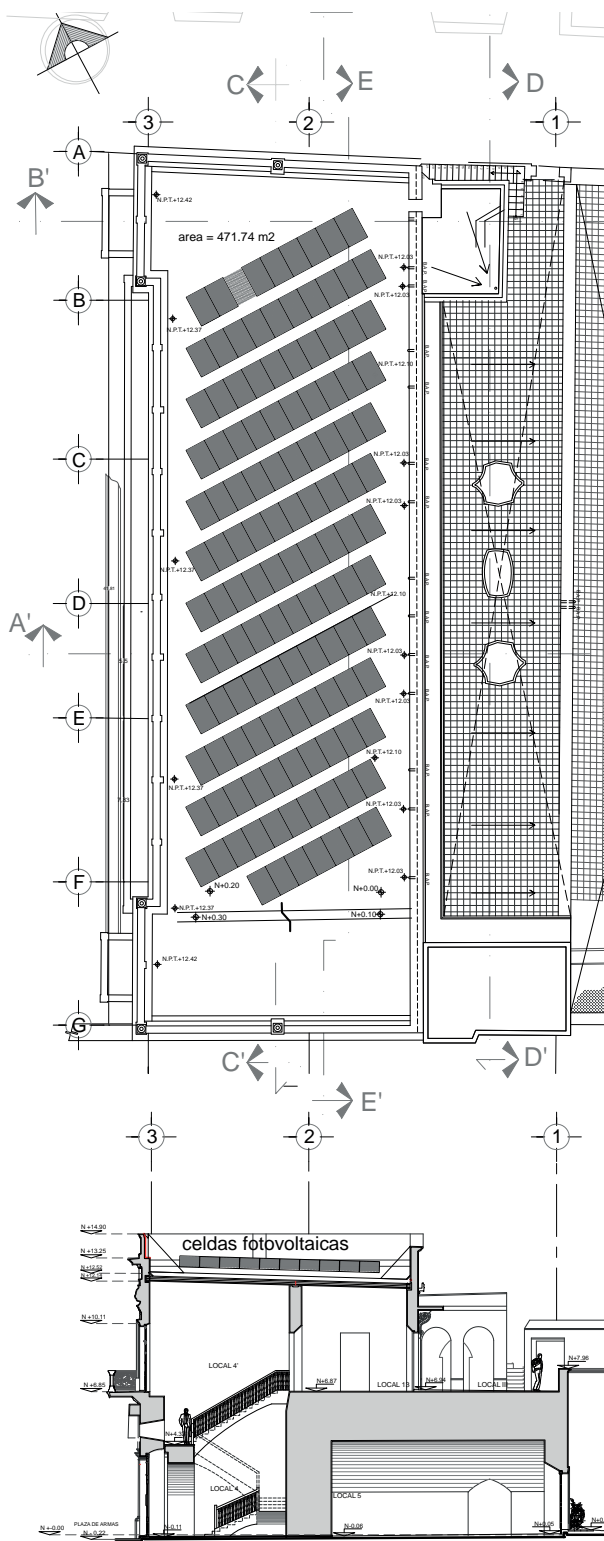


Figura 26. Distribución de los paneles solares en la azotea de la casa del Gobernador. Planta y corte.
 Archivo Personal. Plano base: INAH.

Acabados

Hay que reintegrar los aplanados de cal arena en todos los muros para evitar que la piedra coralina conduzca fácilmente el calor y la humedad hacia el interior. En climas cálidos es recomendable que los muros sean de color claro sin llegar al blanco para minimizar la absorción de calor y evitar deslumbramientos.

La plaza de armas no tiene alguna barrera que lo proteja de los rayos solares, es por ello que el piso de tierra natural en la plaza de armas debe conservarse pues la radiación solar que recibe esta superficie, gran parte es absorbida por la tierra y una pequeña parte es reflejada.

Si se coloca algún tipo de piso, este fenómeno se invertirá debido a que estos materiales al absorber menor cantidad de energía que la tierra, aumenta la emitancia de la superficie y por consiguiente, el aumento de la temperatura en la plaza de armas y los espacios circundantes.

Energía renovable: paneles fotovoltaicos

Se seleccionaron los paneles de 240 w potencia máxima del mercado nacional, con un sistema interconectado a la red.

Los paneles se ubicaron en la azotea de la casa del gobernador, donde quedan ocultos a la vista de los usuarios(26). Se dispusieron en un ángulo de 19° orientados hacia el sur y se agruparon en filas de 10 paneles separadas 60 cm entre si para mantenimiento. En total, se colocaron 126 paneles solares, de los cuales 38 dan servicio exclusivo a la casa del gobernador y el resto al fuerte con un excedente de energía que, inclusive ,puede ser vendido a la Comisión Federal de Electricidad. (Ver pagina 129)

Iluminación artificial: LED

Se sustituyeron las luminarias convencionales por luminarias tipo LED de bajo consumo eléctrico y con el mismo rendimiento en luxes que las convencionales.

5.4. Resultados

Es de vital importancia para esta investigación demostrar el funcionamiento de las estrategias implementadas en el fuerte a fin de mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético. Debido al tamaño del monumento, se decidió analizar como muestra la casa del gobernador (1,052 m²) por ser la zona que recibe mayor radiación solar y en donde se concentrarán los usuarios.

5.4.1. Cálculo térmico

Como primer paso para esta evaluación, se realizó el cálculo térmico en dos días que representan las temperaturas máximas y mínimas del sitio a fin de establecer el comportamiento térmico de los espacios durante todo el año. Estos días fueron seleccionados al inicio del análisis del bioclimático, que son: 1 de enero (la temperatura más baja) y el 10 mayo (la temperatura más alta).

La cantidad de espacios en la casa, obligó a seleccionar el local 9 de la planta alta (66.67m²) para el cálculo térmico, al ser la zona más crítica para mantener la temperatura interior dentro del rango de confort térmico pues recibe radiación solar en las fachadas este, sur, oeste y en la azotea.

Con las gráficas solares obtenidas para el puerto de Veracruz los días: 1° de enero, 10 de mayo, se analizó el ángulo de incidencia de los rayos solares cada hora en los muros y techo en el espacio seleccionado de la casa del gobernador para calcular la ganancia de calor por conducción y radiación directa.

a. Cálculo térmico del 1 de enero

En este mes se consideró ventilación durante 10 horas, desde las 8:00hrs hasta las 17:00hrs para no perder calor, pues en la noche la temperatura ambiental desciende hasta 6°C debajo de la temperatura confort. (Anexo 6)

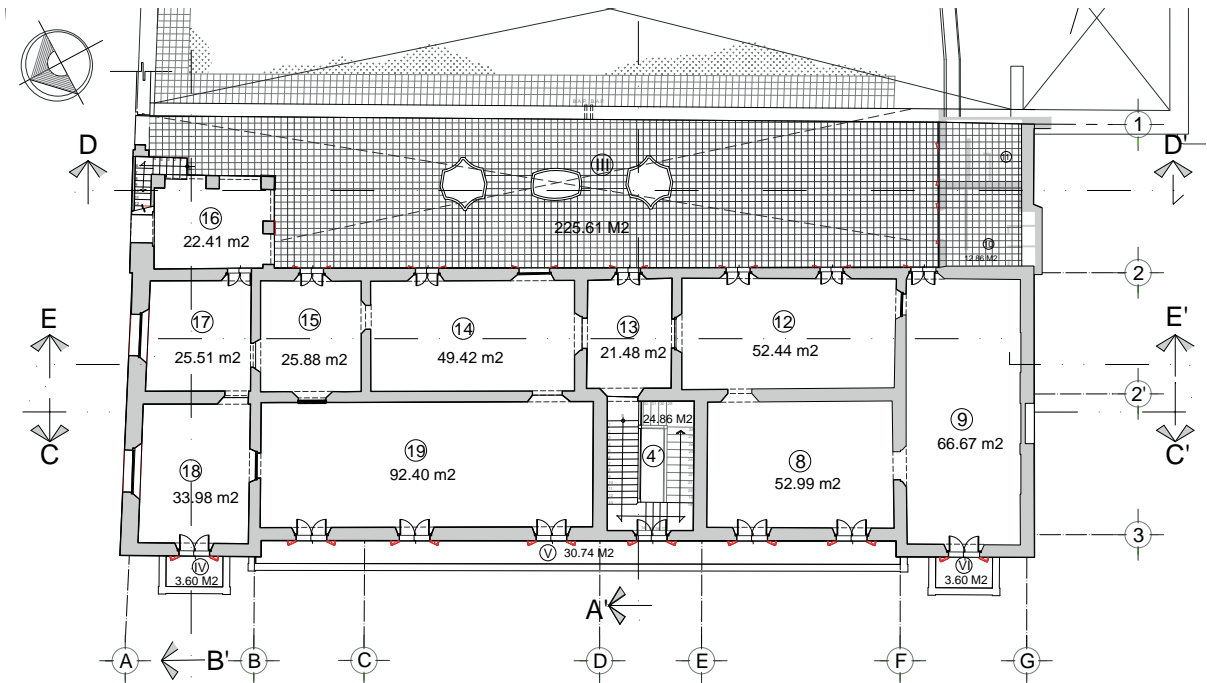


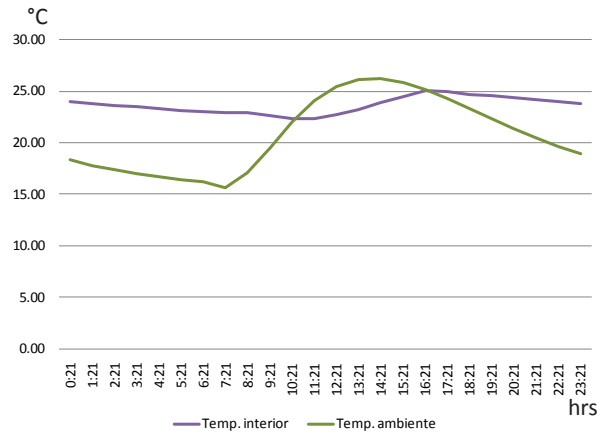
Figura 27. Planta alta de la casa del gobernador. Levantamiento y dibujo: INAH.

hora local	temp. ext °C	temp. int °C
0:21	18.33	24.00
1:21	17.81	23.80
2:21	17.37	23.64
3:21	17.00	23.48
4:21	16.70	23.32
5:21	16.46	23.15
6:21	16.26	22.98
7:21	15.65	22.93
8:21	17.12	22.88
9:21	19.53	22.65
10:21	22.03	22.33
11:21	24.08	22.37
12:21	25.46	22.68
13:21	26.15	23.18
14:21	26.24	23.86
15:21	25.87	24.48
16:21	25.18	25.06
17:21	24.29	24.99
18:21	23.31	24.71
19:21	22.31	24.59
20:21	21.35	24.36
21:21	20.46	24.15
22:21	19.65	23.98
23:21	18.94	23.81

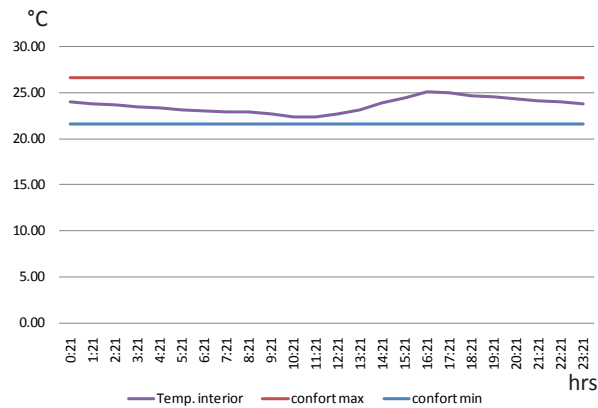
Tabla 1. Temperatura interior (int) obtenida en el local de estudio el día 1 de enero.

De acuerdo a la temperatura interior obtenida en el cálculo, ésta fue comparada con la temperatura ambiental. En la gráfica 6, se muestra que la temperatura interior tiene menor oscilación. Para este día, el rango de temperatura confort es de 21.58 a 26.58°C. Se comparó con la temperatura interior, observando que ésta se mantiene dentro del rango (gráfica 7).

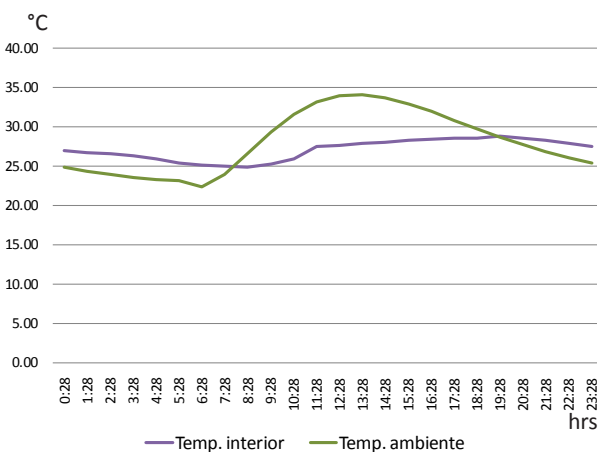
Con esto, se comprueba que las estrategias implementadas, funcionan adecuadamente para el mes más frío, manteniendo la temperatura interior dentro del rango de confort.



Gráfica 6. Comparación entre la temperatura interior (morado) y la temperatura ambiental (verde) en enero.



Gráfica 7. Comparación entre la temperatura interior (morado) y el rango de la temperatura confort (rojo/azul) en enero.



Gráfica 8. Comparación entre la temperatura interior (morado) y la temperatura ambiental (verde) en mayo.

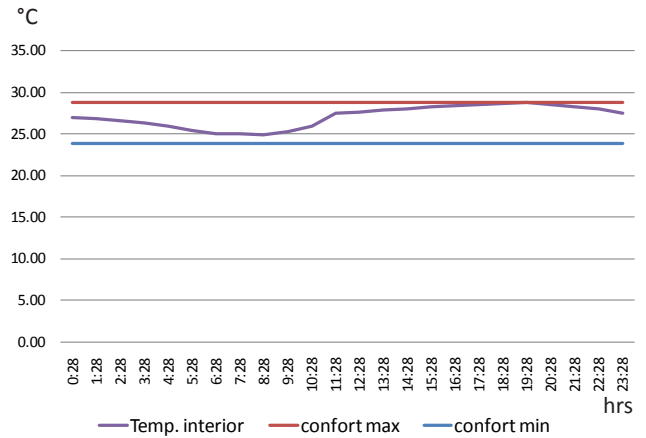
d. Cálculo térmico del 10 de mayo

A diferencia de enero, en este mes, se consideró ventilación nocturna durante 7 horas desde las 18:00 hrs hasta las 10:00 hrs del día siguiente, para evitar que el espacio gane calor en el horario de mayor radiación solar. **(Anexo 7)**

En la siguiente la tabla se observa que con estos ajustes, la temperatura interior logra estar 7°C debajo de la temperatura ambiental más elevada (13:28 hrs).

hora local	temp. ext °C	temp. int °C
0:28	24.83	27.00
1:28	24.35	26.78
2:28	23.95	26.54
3:28	23.62	26.29
4:28	23.35	25.93
5:28	23.13	25.47
6:28	22.44	25.08
7:28	24.01	24.99
8:28	26.64	24.91
9:28	29.37	25.24
10:28	31.63	25.97
11:28	33.15	27.51
12:28	33.92	27.67
13:28	34.04	27.86
14:28	33.65	28.07
15:28	32.90	28.27
16:28	31.93	28.41
17:28	30.86	28.52
18:28	29.77	28.62
19:28	28.72	28.82
20:28	27.74	28.59
21:28	26.86	28.33
22:28	26.08	27.96
23:28	25.41	27.55

Tabla 2. Temperatura interior (int) obtenida en el local de estudio el día 10 de mayo.



Gráfica 9. Comparación entre la temperatura interior (morado) y el rango de la temperatura confort (rojo/azul) en mayo.

La temperatura obtenida, fue comparada gráficamente (gráfica 8) y se demuestra un comportamiento estable durante todo el día, principalmente en las horas de mayor radiación solar y temperatura ambiental.

Para este día, el rango de temperatura confort es entre 23.84 a 28.84 °C. Se comparó con la temperatura interior, observando que ésta se mantiene dentro del rango (gráfica 9).

Con lo anterior, se comprueba que las estrategias implementadas funcionan adecuadamente en el mes más cálido (masa térmica con ventilación nocturna) y en el mes más frío (masa térmica con ventilación diurna), manteniendo la temperatura interior dentro del rango de confort.

Los sistemas pasivos utilizados, las características bioclimáticas propias del monumento, el aislante térmico y las láminas de control solar funcionaron adecuadamente y son determinantes para alcanzar el confort térmico en el espacio más difícil de controlar.

Por lo que se concluye que **no será necesario utilizar aire acondicionado en la planta alta de la casa del gobernador**, mientras se utilicen las estrategias mencionadas en el párrafo anterior.

5.4.2. Cumplimiento de la norma mexicana NOM-008-ENER-2001²

Como se estableció en el capítulo 4, la envolvente del edificio juega un factor determinante en el consumo energético, por lo que se deben tomar acciones para disminuir su impacto. Con esto, se podría cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, relativa a eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

El cumplimiento de esta norma queda sujeto al resultado de una comparativa de la ganancia de calor entre el edificio proyectado y un edificio de referencia (que es el mismo edificio proyectado pero con los coeficientes de conductividad que indica la norma), en la cual, los índices del edificio proyectado deben ser igual o inferior a los de referencia.

Con base a esta norma, se obtuvo la ganancia de calor del edificio de referencia que fue de: 11,120.34 W. Con el aislante térmico colocado en la azotea, más la lamina de control solar en las ventanas, marquesina y barreras vegetales, se redujo esta ganancia dentro del inmueble a 8,402.65 W (ver etiqueta figura 28). Por lo tanto, la planta alta de la casa del gobernador cumple con la norma 008-ENER. (Anexo 8)

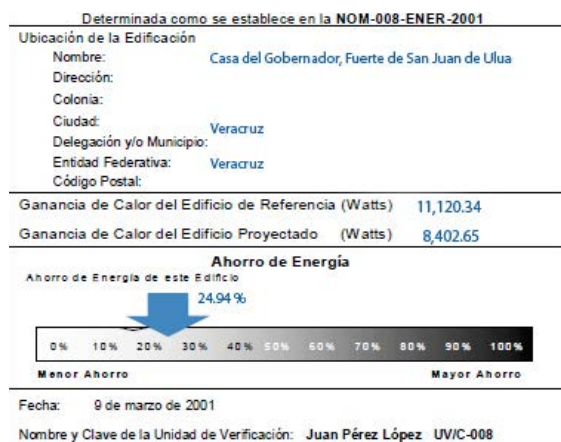


Figura 28. Etiqueta de eficiencia energética.

² Norma sobre eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales. Mayor referencia en página 72.

5.4.3. Desempeño energético

La evaluación del desempeño energético en un edificio es importante para determinar la eficiencia de las estrategias y tecnologías sustentables implementadas y por consiguiente, la disminución de su impacto ambiental. En el análisis, se debe tener un parámetro o un elemento que permita comparar, por lo que se recurre a un edificio de referencia, que al igual que en la Norma NOM-008-ENER, es el mismo inmueble.

Siendo así, tenemos dos edificios: el primero es el edificio sustentable al cual se le aplicaron las estrategias y herramientas indicadas en las páginas anteriores y el segundo es el edificio denominado “*de referencia*” que es el mismo monumento histórico con los patrones de restauración actuales sin ninguna estrategia sustentable, conservando las mismas características arquitectónicas (orientación, dimensiones y elevación).

Esta comparativa permite evaluar bajo las mismas condiciones, la eficiencia de los dispositivos implementados en el edificio sustentable y con ello se establece si existe ahorro en el consumo energético y, en su caso, el porcentaje.

El análisis se realizó en los tres principales elementos que intervienen en el consumo energético de un edificio (pág. 69) que son:

- a. Envolvente del edificio.
- b. Aire acondicionado.
- c. Iluminación artificial.

a. Envolvente del edificio

En el análisis bioclimático (pág. 111) se detectó que el coeficiente de conductividad del sistema de losa utilizado en la restauración (vigas de

acero y madera, tejamanil y concreto de 12 cm de espesor) era alto, por lo que conduciría el calor hacia el interior con facilidad.

Como estrategia se recurrió al uso del un aislante térmico en la azotea para reducir la ganancia de calor por conducción, cuyos beneficios se reflejan en el calculo térmico. Igualmente, el empleo de las láminas de control solar ayudó considerablemente a reducir la ganancia de calor por radiación.

La utilización de estas dos herramientas permitió mantener la temperatura interior dentro del rango de confort, siendo innecesario un sistema de aire acondicionado convencional.

Obtención del coeficiente de conductividad (U)

En el caso de la cubierta de la casa del Gobernador, se obtuvo el coeficiente de conductividad del techo (U o K) con y sin aislante térmico.

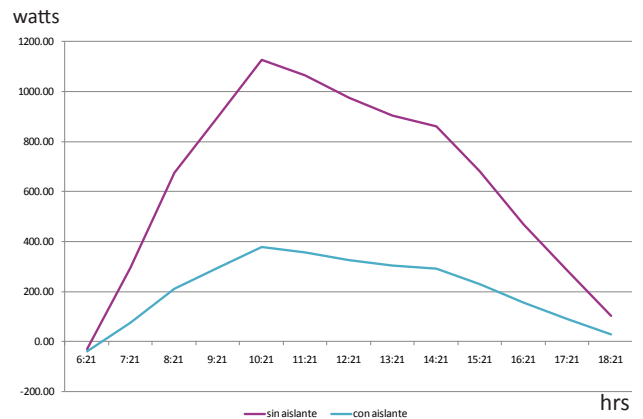
El valor de U en el edificio de referencia (losa sin aislante térmico) fue de 1.09 mientras que en el edificio sustentable (con aislante)fue de 0.344. El valor de U especificado dentro de la NOM-008-ENER es de 0.358, por lo que el coeficiente obtenido en el inmueble con el aislante térmico queda por debajo. Esto ayuda a que el inmueble cumpla con esta norma.

Cálculo del flujo de calor por conducción

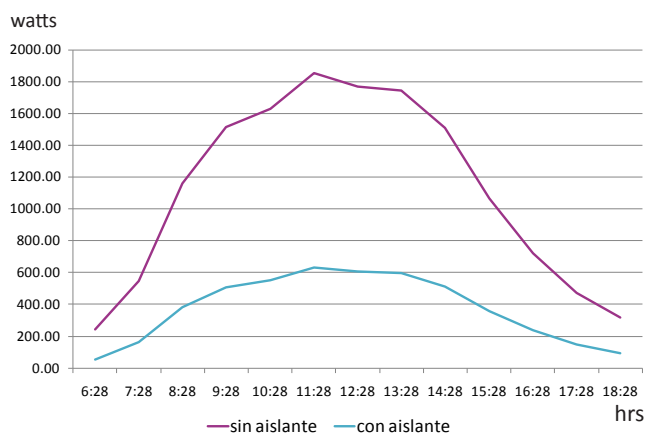
A fin de demostrar la eficiencia del aislante térmico en la cubierta de la casa del gobernador, se realizó el cálculo del flujo de calor por conducción en toda la superficie del

techo (472 m²) con el aislante térmico y sin él. Esto se realizó en los meses de enero y mayo.

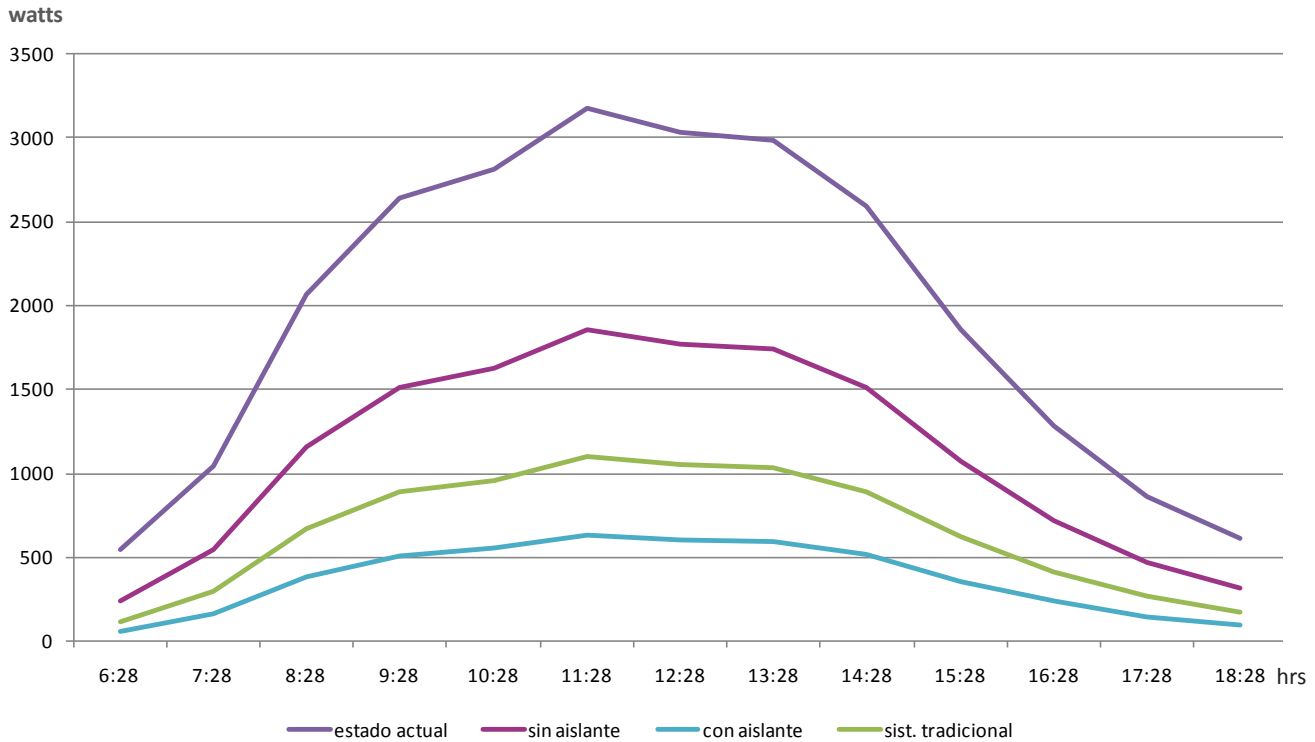
En las gráficas 10 y 11, se muestra una comparativa entre el edificio de referencia y el sustentable, mostrando claramente la reducción de la ganancia de calor por conducción en este último. En los meses de estudio, el aislante térmico disminuyó la ganancia de calor por conducción en un 63% en el mes de enero mientras que en mayo se redujo en un 67% (mes más cálido).



Gráfica 10. Flujo de calor por conducción en el techo en enero.



Gráfica 11. Flujo de calor por conducción en el techo en mayo.



Gráfica 12. Comparativo entre diferentes sistemas de entpiso en la azotea de la casa del gobernador para el día 10 de mayo.

Dada la tipología constructiva en la época que se adicionó la planta alta de la casa del Gobernador, es muy posible que haya tenido un sistema de losa tradicional denominado terrado antes ser demolida para sustituirse por una de concreto.

Por tal motivo, se realizó el cálculo de flujo de calor por conducción en la losa tipo terrado, que es a base de vigas de madera dispuestas de forma horizontal y con una separación entre cada una de 20 cm, encima de ellas está el tejamanil, una capa de tierra de 20 cm, sellada con una capa de mortero cal-arena de 5 a 10 cm y finalmente enladrillado de 2.5 cm de espesor.

La transferencia de calor por conducción de diferentes tipos de losas fue comparado para establecer cual de ellos presenta el mejor comportamiento. Las losas comparadas son:

- Losa del estado actual (concreto de 10 cm de espesor y relleno de tezontle),
- Losa nueva del edificio de referencia sin el aislante térmico (vigas de madera, tejamanil, concreto pobre de 18 cm de espesor y enladrillado),
- Losa nueva del edificio sustentable con el aislante térmico y la losa de terrado
- Losa tradicional tipo terrado (vigas de madera, tejamanil, relleno de tierra de 20 cm de espesor, enlucido cal-arena y enladrillado).

En la grafica 12 se muestra la eficiencia de la losa tipo terrado para proteger de la radiación solar y la pobre protección de la losa de concreto (estado actual). El comportamiento de la losa nueva con el aislante térmico se aproxima al sistema de terrado, siendo mejor este último.

b. Aire acondicionado

Al utilizar las estrategias de climatización pasiva en el monumento histórico, se mostró en el cálculo térmico que fueron efectivas para mantener las temperaturas interiores dentro del rango de confort sin la ayuda de sistemas mecánicos.

En este punto, el edificio de referencia tendrá aire acondicionado mientras que el edificio sustentable utiliza sistemas pasivos de climatización.

A fin de establecer el ahorro energético al prescindir de este sistema mecánico, para el edificio de referencia se realizó un cálculo estimado de las cargas térmicas con la ayuda del programa *Hourly Analysys Program v4.50* de Carrier. Se obtuvieron las cargas térmicas diarias de cada local de la planta alta en la casa del gobernador durante los 12 meses del año y, a partir de estos datos, se obtuvieron las cargas térmicas máximas en kilowatts y toneladas de refrigeración. **(Anexo 9)**

Como siguiente paso, se calculó la capacidad de enfriamiento de los equipos de aire acondicionado en CFM (*cubic foot per minute*), que es la velocidad del aire que se requiere para climatizar un espacio determinado.

Una vez teniendo las cargas térmicas y la velocidad de aire requerida (CFM) en cada local de la planta alta en la Casa del Gobernador, se seleccionaron los equipos de aire acondicionado tipo minisplit y multisplit (son los equipos que se utilizan con mayor frecuencia en este tipo de inmuebles).

Obviamente la carga térmica de cada local resultan valores en decimales, y los equipos que se venden comercialmente son en cifras cerradas (1/2, 1, 3, 4 y 5 toneladas). En este caso siempre se seleccionará el equipo con mayor

capacidad a la necesaria, por ejemplo; en el local 12 se requiere 3.8 toneladas por lo que se tomó el equipo de 4.0 toneladas (capacidad superior, nunca inferior). Como resultado del cálculo son necesarios 11 equipos tipo minisplit con una capacidad total de enfriamiento de 33 toneladas.

El siguiente paso fue establecer la demanda eléctrica del sistema de aire acondicionado. Estos datos se obtuvieron de las fichas técnicas de los equipos seleccionados de acuerdo a su capacidad y se obtuvo una **demanda instalada total de 32.41 kW. (Anexo 10)**

Una vez obtenida la demanda instalada, se estimó el consumo mensual, realizándose de la siguiente manera:

- Se dividieron los equipos en dos grupos con base a el uso del espacio: oficinas y salas de exposición.
- En cada grupo, se determino la demanda máxima y se establecieron las horas de uso al día (6 y 9 respectivamente).
- Se establecieron los días a la semana que se usan los equipos, que son 5 y 6 días respectivamente.
- Se multiplicó la demanda máxima por las horas al día, la cantidad de días a la semana y por la cantidad de semanas al mes (4.33).

Finalmente se obtuvo el consumo mensual para las oficinas de 1,105.45 kWh y el museo de 5,588.39 kWh, dando un **consumo mensual en aire acondicionado de 6,693.75 kWh**

En resumen tenemos que **el edificio de referencia consume 6,693.75 kWh al mes en aire acondicionado, mientras que el edificio sustentable no consume energía, por lo que el ahorro de energía en este punto es del 100%.**

b. Iluminación artificial

El proyecto de iluminación aun no lo ha desarrollado el INAH, por lo que se hizo una distribución de luminarias con base a los usos de cada local establecidos por el Instituto. En esta estimación se tomó como base la NOM-ENER-007-2004, en donde están expresados las densidades de potencia máxima por superficie (DPEA) de acuerdo al uso del espacio. Considerando que la casa del gobernador funcionará como oficina y museo, se tomó el indicador DPEA de 16 w/m².

En este caso, tanto en el edificio de referencia como en el sustentable, la cantidad y ubicación de luminarias es la misma, lo único que cambia es el tipo de lámpara utilizada. La distribución de luminarias se hizo en los dos niveles de la casa del Gobernador, tomando como base a el mobiliario de las oficinas y en las salas de exposiciones se utilizó un sistema de rieles que brinda flexibilidad a la museografía. **(Anexo 11)**

En el edificio de referencia se seleccionaron las luminarias que usualmente se utilizan en museos y oficinas, que son:

- 15 Lámparas T5 (2 x 54 w) en oficinas.
- 34 Lámparas T5 (2 x 54 w) en salas de exposición planta baja.
- 67 Lámparas halógenas AR111 (50 w) en salas de exposición.
- 141 Lámparas halógenas MR-16 (35 w) en salas de exposición.

En el edificio sustentable se seleccionaron las luminarias cuya tecnología permite el ahorro de energía.

- 15 Lámparas T5 (2 x 54 w) en oficinas.
- 34 Lámparas T5 (2 x 54 w) en salas de exposición planta baja.
- 67 Lámparas LED AR111 (9 w) en salas de exposición.
- 141 Lámparas LED MR-16 (4 w) en salas de exposición.

En ambos edificios (referencia y sustentable) se multiplicó la potencia de cada tipo de lámpara por la cantidad para obtener la demanda instalada de la iluminación artificial que posteriormente, se clasificó en dos grupos: oficinas y salas de exposición (museo).

La demanda instalada del edificio de referencia es de 1.62 kW para oficinas y 11.309 kW en salas de exposición, dando un total de **12.92 kW**. Esta demanda al dividirse con la superficie iluminada de la casa del Gobernador de 1,051.39 m², se obtiene **12.30 w/m²** densidad de potencia de alumbrado. **(Anexo 12)**

La demanda instalada del edificio sustentable es de 1.62 kW para oficinas y 4.191 kW en salas de exposición, dando un total de **5.811 kW**. Esta demanda al dividirse con la superficie iluminada de la casa del Gobernador de 1,051.39 m², se obtiene **5.53 w/m²** de densidad de potencia de alumbrado. **(Anexo 13)**

Al igual que en el análisis del aire acondicionado, se realizó la estimación del consumo de energía mensual en los edificios de estudio de la siguiente manera:

- En la capacidad instalada de las oficinas se multiplicó por el factor de utilización de 0.8 para obtener la demanda máxima y en las salas de exposición por 1.
- En cada grupo (oficina y museo), se establecieron las horas de uso al día de la iluminación artificial, que son 8 y 9 respectivamente.
- Se establecieron los días a la semana que se usan los espacios, que son 5.5 y 7 días respectivamente.
- Se multiplicó la demanda por las horas al día, la cantidad de días a la semana y la cantidad de semanas al mes (4.33).

En el edificio de referencia el consumo mensual para iluminación artificial es de 3,331.90 kWh, mientras que en el edificio sustentable el consumo mensual es de 1,390.18 kWh. Por lo tanto, en éste último **se ahorra el 58.28 % de energía** (Tabla 5)

d. Cálculo de generación de energía renovable a través de celdas fotovoltaicas

En la página 120, se estableció la ubicación idónea de los paneles fotovoltaicos que es la azotea de la Casa del Gobernador con el número de paneles que pueden utilizarse en este espacio (126 piezas).

En este apartado se explica el procedimiento realizado calcular el número de paneles fotovoltaicos necesarios a fin de generar la energía suficiente para cubrir el consumo energético en el edificio de referencia y en el sustentable.

En el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:³

$$NP = \frac{E}{R \cdot W_p \cdot HPS} \dots\dots (1)$$

Donde:

- NP = Número de paneles necesarios.
- E= Consumo energético (kWh).
- R= Rendimiento del sistema fotovoltaico.
- Wp= Potencia pico de cada panel solar.
- HPS= Hora pico solar.

El rendimiento del sistema fotovoltaico es un parámetro que varía de acuerdo los equipos instalados y, por lo tanto, requiere calcularse con ayuda de la siguiente fórmula:

$$R = (1 - k_b - K_c - k_v) \cdot \left(1 - \frac{k_a \cdot N}{p_d}\right) \dots\dots (2)$$

³ Fuente: OÑATE ARRESTI, Diego. *Diseño de una instalación solar fotovoltaica*. España, 2006.

Donde:

- k_b = coeficiente de pérdidas por rendimiento batería.
- K_c = Coeficiente de pérdidas en el convertidor.
- k_v = Coeficiente de varias pérdidas.
- k_a = Coeficiente de autodescarga diario
- N= Número de días de autonomía del sistema.
- p_d = Profundidad descarga batería.
- HPS= hora pico solar.

Como se trata de un sistema interconectado a la red, la fórmula queda así:

$$R = 1 - K_c - k_v \dots\dots (3)$$

El coeficiente de perdidas del convertidor es de 0.1 considerando que operará en condiciones extremas y el coeficiente 0.02 de otras pérdidas (efecto joule).

Las horas pico solar o HPS es una forma de estandarizar la irradiación solar ($I = \text{kW/m}^2$) durante el día y son las horas de luz solar en una irradiación constante de 1 kW/m^2 . Los datos se obtuvieron del Meteorológico Nacional y se multiplicaron por 1 (constante de irradiación) para obtener las horas pico solar.

En ambos edificios, se trata de un sistema fotovoltaico interconectado a la red, con paneles monocristalinos de 240 w de potencia (W_p), un rendimiento del sistema de 0.88 (r) y un promedio de 4.6 horas pico solar (HPS). El único punto donde hay diferencia, pero el más importante, es en el consumo energético. En el edificio de referencia se consumen 112.15 kWh/ día y en el edificio sustentable se consumen 48.09 kWh/ al día.

Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula (1), se obtiene que en **el edificio de referencia son necesarios 126 paneles fotovoltaicos y en el edificio sustentable sólo 52 paneles** (Anexo 14).

e. Potencial de ahorro energético

A manera de resumen, los consumos de energía entre el edificio de referencia y el sustentable son los siguientes:

Edificio de referencia

Aire acondicionado: 6,693.75 kWh / mes
 Iluminación artificial: 3,331.90 kWh / mes
Total: 10,025.64 kWh / mes
 Núm. paneles solares: 126 piezas.

Edificio sustentable

Aire acondicionado: 0.00 kWh / mes
 Iluminación artificial: 1,390.18 kWh / mes
Total: 1,390.18 kWh / mes
 Núm. paneles solares: 52 piezas.

La diferencia en el consumo entre ambos es de 8,635.47 kWh / mes, por lo que **el edificio sustentable ahorra el 86.13 % de energía.** (tabla 3)

La reducción del consumo energético se refleja en la cantidad de paneles fotovoltaicos. Tomando en cuenta que el edificio sustentable sólo requiere de 52 paneles y en la azotea de la casa del Gobernador hay espacio disponible para 126, entonces los 74 restantes se pueden utilizar para suministrar energía a otras áreas y/o servicios del fuerte, como la iluminación monumental, o inclusive, se puede vender la energía excedente a CFE.

Se concluye que las estrategias y tecnología sustentable implementada en la Casa del Gobernador funciona adecuadamente y se reduce el consumo energético sin sacrificar el confort térmico y lumínico de los usuarios. En las siguientes páginas se realiza un estudio del costo-beneficio de las mismas, a fin de comparar el costo de la inversión y los ahorros económicos.

1. Demanda y consumo edificio de referencia										
Uso	Aire acondicionado					Iluminación				Consumo total kWh / mes
	kW inst	kW de	hrs / día	día /sem	kWh / mes	kW inst	kW de	hrs / día	día /sem	
oficinas	8.51	8.51	6.00	5.00	1,105.45	1.62	1.30	8.00	5.50	246.91
museo	23.90	23.90	9.00	6.00	5,588.30	11.31	11.31	9.00	7.00	3,084.98
Σ	32.41	32.41	15.00	11.00	6,693.75	12.93	12.61	17.00	12.50	3,331.90
Demanda instalada		45.34 kW				Consumo		10,025.64 kWh/ mes		
Superficie		1,051.39 m²				Indicador		114.43 kWh/ m² / año		

2. Demanda y consumo edificio sustentable										
Uso	Aire acondicionado					Iluminación				Consumo total kWh / mes
	kW inst	kW de	hrs / día	día /sem	kWh / mes	kW inst	kW de	hrs / día	día /sem	
oficinas	0.00	0.00	6.00	5.00	0.00	1.62	1.30	8.00	5.50	246.91
museo	0.00	0.00	9.00	6.00	0.00	4.19	4.19	9.00	7.00	1,143.26
Σ	0.00	0.00	15.00	11.00	0.00	5.81	5.49	17.00	12.50	1,390.18
Demanda instalada		5.81 kW				Consumo		1,390.18 kWh/ mes		
Superficie		1,051.39 m²				Indicador		15.87 kWh/ m² / año		

Ahorro estimado			
AA diferencia 1 y 2	-6,693.75 kW	Ahorro consumo	100.00 %
Ilum diferencia 1 y 2	1,941.72 kW	Ahorro consumo	58.28 %
Diferencia total	8,635.47 kW	Ahorro total consumo	86.13 %

Tabla 3. Resumen de la demanda instalada, consumos mensuales en energía eléctrica y estimación de ahorro.

5.5. Costo-beneficio

La diversidad de estrategias sustentables disponibles es muy amplia, pero no todas ellas representan el mismo beneficio para diferentes inmuebles. En algunos casos, las estrategias resultan mas costosas que los beneficios, por lo que la inversión no es rentable.

Es por ello que, además del análisis bioclimático y de la evaluación del desempeño energético, se debe realizar un estudio del costo-beneficio de las estrategias para conservar solo aquellas que brinden beneficios ambientales, sociales y económicos.

El estudio del costo-beneficio se efectuó de la siguiente manera:

- Costo de la inversión.
- Flujos de dinero.
- Evaluación de la inversión.

5.5.1. Costo de la inversión

Conservando el criterio de comparación en la evaluación del desempeño energético, se realizó el costo de la adquisición de equipos en el edificio de referencia y en el edificio sustentable. **(Anexo 15)**

Se realizaron los presupuestos correspondientes en moneda nacional salvo los equipos de aire acondicionado, con precios en dólares, se realizó la conversión (\$12.50 pesos como tipo de cambio).

En la tabla 4, se muestra un resumen del presupuesto de ambos edificios y los equipos considerados en cada caso. El edificio sustentable es mas costoso que el de referencia, la inversión en tecnología sustentable incrementa el presupuesto en \$336,576.96 pesos. Habrá algunos dueños de los edificios históricos que al ver esta cifra se desanimen,

1. Costo edificio de referencia

Inversión equipos AA	\$414,958.04
Inversión luminarias T5	\$31,850.00
Inversión halógenas	\$13,820.00
Inversión luminarias led	\$0.00
Inversión aislante termico	\$0.00
52 Paneles fotovoltaicos	\$0.00
Costo total inversión	\$460,628.04

2. Costo edificio sustentable

Inversión equipos AA	\$0.00
Inversión luminarias T5	\$31,850.00
Inversión halógenas	\$0.00
Inversión luminarias led	\$85,355.00
Inversión aislante termico	\$56,000.00
52 Paneles fotovoltaicos	\$624,000.00
Costo total inversión	\$797,205.00
Diferencia	-\$336,576.96

Tabla 4. Resumen de costos de los equipos utilizados en el edificio de referencia y el edificio sustentable.

pero antes de desechar la inversión en tecnología sustentable, es primordial realizar una estimación de las ganancias económicas al reducir los consumos de energía y demostrar que el proyecto de inversión es rentable.

5.5.2. Flujos de dinero

Las ganancias monetarias se realizaron mediante la estimación de los flujos de dinero en periodos mensuales durante un lapso de 10 años. Los datos se tomaron de la evaluación del desempeño energético que son: consumo

de equipos de aire acondicionado (al no utilizar sistemas mecánicos), reducción del consumo por sustitución de luminarias (halógenas por LED) y la generación de energía solar (8,635.47 kWh/mes).

En el primer año, estos consumos se multiplicaron en cada mes por \$2.27⁴ que es el costo del kWh de la Comisión Federal de Electricidad (en el fuerte se cobra la tarifa 02) a fin de tener el costo de la energía ahorrada. A esta cantidad se le resta el costo del mantenimiento mensual que se estimó en \$700 pesos. El resultado, es el ahorro mensual neto.

A partir del segundo año, se consideró el aumento de la tarifa y del mantenimiento. Se elaboró una gráfica con datos históricos de los costos de la tarifa 02 en un periodo de cinco años (2006-2010) con el objetivo de definir su tendencia. El incremento anual de la tarifa es de 3.36 %. (Anexo 16)

El incremento anual del mantenimiento es de

4 Costo de la tarifa 02 en el mes de diciembre de 2010. Datos tomados de CFE (Ver anexo 16).

Flujos de dinero anuales	
Año	Cantidad
0	- \$ 797,205.00
1	\$ 264,966.10
2	\$ 273,778.24
3	\$ 282,882.44
4	\$ 292,288.34
5	\$ 302,005.88
6	\$ 588,047.44
7	\$ 322,417.33
8	\$ 333,132.82
9	\$ 344,203.12
10	\$ 355,639.92

Tabla 5. Flujos de dinero anuales en el edificio sustentable.

4.44 %, el cual se estimó utilizando como base los índices anuales de inflación emitidos por el Banco de México en un lapso de cinco años (2005-2010). (Anexo 17)

Estos porcentajes en el incremento de la tarifa y el mantenimiento se aplicaron consecutivamente en cada año, (Anexo 18) obteniendo en el primer año \$264,966.10, en el quinto \$ 302,005.88, y en el décimo \$355,639.92 (Tabla 5).

5.5.3. Evaluación de la inversión

Con los flujos de efectivo mostrados en la tabla 5, se podría decir que la inversión se recupera en el segundo año, pero el cálculo realizado es una proyección. Para establecer el tiempo de recuperación y la rentabilidad de la inversión es necesario que los ahorros proyectados se traigan a valor presente.

a. Valor presente neto

Es un método de evaluación de proyectos de inversión a través de toda su vida útil a fin de determinar el valor presente de los flujos de efectivo, usando la tasa de mercado acorde al rendimiento mínimo esperado.

Este método proporciona un criterio de decisión preciso y sencillo: los proyectos viables son aquellos que actualizados a la tasa de mercado, tienen un valor presente neto igual o superior a cero.

Para la evaluación, se tomó como tasa de mercado el 5.96%, que es el promedio de la tasa de rendimiento anualizado CETES (Certificados de la Tesorería de la Federación) en un periodo de cinco años. (Anexo 19)

La inversión inicial, que es el costo de los equipos, se representa con signo negativo (-\$797,205.00). En el proceso de los flujos de

Recuperación de la inversión

Valor Presente Neto (VPN o NPV por sus siglas en inglés)

$$NVP = -C_{flow} + \frac{CF_1}{(1+R_1)} + \frac{CF_2}{(1+R_2)^2} + \frac{CF_3}{(1+R_3)^3} + \frac{CF_4}{(1+R_4)^4} + \frac{CF_5}{(1+R_5)^5}$$

Donde:

Cflow= Cash flow (inversión inicial equipos)

CF= Flujo de dinero (ahorros)

R = Tasa de interés (Tasa de rendimiento anualizado CETES¹)

Sustituyendo:

a) Cinco años :

$$NVP = -797,205.00 + \frac{264,966.10}{1.0595} + \frac{273,778.24}{1.1225} + \frac{282,882.44}{1.1893} + \frac{292,288.34}{1.2601} + \frac{302,005.88}{1.3351}$$

$$NVP = -797,205.00 + 250,085.98 + 243,891.69 + 237,849.97 + 231,957.08 + 226,209.37$$

$$NVP = \$ 392,789.10 \text{ a cinco años}$$

a) Cuatro años :

$$NVP = -797,205.00 + \frac{470,299.78}{1.0595} + \frac{273,778.24}{1.1225} + \frac{282,882.44}{1.1893} + \frac{292,288.34}{1.2601}$$

$$NVP = -797,205.00 + 443,888.42 + 243,891.69 + 237,849.97 + 231,957.08$$

$$NVP = \$ 360,382.17 \text{ a cuatro años}$$

b) Tres años :

$$NVP = -797,205.00 + \frac{264,966.10}{1.0595} + \frac{273,778.24}{1.1225} + \frac{282,882.44}{1.1893}$$

$$NVP = -797,205.00 + 250,085.98 + 243,891.69 + 237,849.97$$

$$NVP = -\$ 65,377.35 \text{ a tres años}$$

b) Dos años :

$$NVP = -797,205.00 + \frac{264,966.10}{1.0595} + \frac{273,778.24}{1.1225}$$

$$NVP = -797,205.00 + 250,085.98 + 243,891.69$$

$$NVP = -\$ 303,227.32 \text{ a dos años}$$

Notas:

1. Certificados de la Tesorería de la Federación a 28 días; es una tasa de interés pasiva -Instituciones de ahorro no bancarios- en México. Títulos de crédito al portador denominados en moneda nacional a cargo del Gobierno Federal. El Decreto mediante el cual la Secretaría de Hacienda y Crédito Público fue autorizada a emitir Cetes apareció publicado en el Diario Oficial de la Federación del 28 de noviembre de 1977, el cual fue abrogado por el Decreto

Tabla 6. Valor presente neto de los flujos de dinero a dos, tres, cuatro y cinco años.

dinero en los siguientes periodos, las cantidades con signo positivo significan la generación de fondos, es decir: ahorros. Los signos negativos representan una nueva inversión, que en los cinco periodos analizados no hay ninguna dado que la vida útil de los equipos implementados supera los 15 años. Queda claro que el manejo de los signos es muy importante para evitar confusiones y calculos erróneos, hay que tener en cuenta que una inversión es una salida de efectivo y la generación son entradas.

Al calcular el valor presente neto, un resultado positivo significará rendimientos superiores a la tasa de mercado utilizada y; por el contrario, un resultado negativo indicará que el rendimiento está por debajo de la tasa de descuento, por lo que el proyecto de inversión no será viable.

Como se muestra en la tabla 6, **entre el año tres y cuatro se comienzan a tener ganancias**, por lo tanto, la inversión se amortiza antes de los cinco años (plazo proyectado). Pero antes de afirmar que este proyecto de inversión es completamente rentable hay que obtener el índice de rendimiento y la tasa interna de recuperación.

b. Índice de rendimiento

También llamado relación beneficio-costo, es otro método de evaluación de proyectos que se basa en el Valor Presente Neto.

En este método solo se divide el Valor Presente Neto de los Ingresos (ahorros) entre el Valor Presente de los egresos (costo equipos). El resultado es un índice, que si es mayor que 1 se acepta el proyecto de inversión; y si es inferior que 1 no se acepta, porque la rentabilidad del proyecto es inferior al costo inicial.

$$\text{Indice} = \$1,189,994.10 / \$ 797,205.00 = 1.49$$

En el caso de estudio, el índice de rendimiento para esta proyecto de inversión es de **1.21 a cuatro años y 1.49 a cinco años**.

c. Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno o recuperación es la tasa que hace que el valor presente neto sea igual a cero. La fórmula es:

$$NVP = 0 = \sum_{i=1}^n \frac{BN_i}{(1+TIR)^i}$$

Donde:

NVP: Valor Presente Neto.

BNi: Beneficio Neto del Año i.

TIR: Tasa interna de retorno.

Los flujos de dinero en los periodos deben trasladarse a valor presente neto antes de realizar las operaciones. Un resultado favorable será cuando la tasa interna de retorno sea superior a la tasa de mercado. En caso contrario, se debe desechar el proyecto de inversión, pues hay una rentabilidad menor a la mínima requerida.

Al sustituir los valores en la fórmula anterior en un periodo de cinco años, la **tasa interna de retorno es del 15.33%. Esta tasa es superior a la de mercado de 5.94%, por lo que el proyecto generará ganancias**.

El resultado positivo en los tres métodos de evaluación de proyectos de inversión (valor presente neto, índice de rendimiento y la tasa interna de retorno,) demuestra que el proyecto es completamente rentable.

Queda claro en esta evaluación, que **los beneficios de las estrategias y tecnología sustentable implementada en la Casa del Gobernador, superan los costos de la inversión en un lapso inferior a cinco años**.

En menos de cuatro años se generaran ahorros económicos que podrán invertirse en el mantenimiento del Fuerte de San Juan de Ulúa o podrán utilizarse para modernizar las instalaciones cuando su tiempo de vida haya concluido. Con esto, el monumento histórico se mantendrá modernizado y coadyuvara a su conservación.

Conclusiones

El estudio sobre el Fuerte de San Juan de Ulúa, permitió demostrar la factibilidad en la inserción de tecnologías sustentables en un edificio histórico y el rescate de las estrategias bioclimáticas existentes.

Se conservaron los dispositivos de control climático que posee el fuerte principalmente los pasos de ventilación en bóvedas, materiales y todos aquellos dispositivos que protegen a los espacios internos de la radiación solar.

Con el cálculo térmico, se demostró la efectividad de las estrategias implementadas y con ello se logró una climatización pasiva de los espacios en los meses más fríos y más cálidos. Para lograr y mantener la temperatura interior dentro del rango de confort en todo el año, solo es necesario abrir y cerrar ventanas en los horarios adecuados sin utilizar energía eléctrica.

Con los dispositivos implementados en la casa del Gobernador del Fuerte de San Juan Ulúa, se cumplió con la norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001.

Desafortunadamente en algunas intervenciones previas, se eliminaron sistemas importantes para el control climático como en el caso de la casa del Gobernador o Castellano, donde se sustituyó la losa "original" del segundo nivel (azotea) por una losa de concreto de menor

espesor o el retiro de la marquesina al oeste de la casa.

La inserción del aislante térmico en la azotea, solo fue un elemento correctivo al haber eliminado la losa tradicional, que en la página 120, quedó demostrada su eficiencia para proteger de la radiación solar.

Por lo anterior, es primordial que en las futuras intervenciones, se deben considerar las estrategias bioclimáticas del monumento para rescatarlas y/o respetarlas, e integrar los materiales y dispositivos tecnológicos contemporáneos para alcanzar el confort térmico sin necesidad (o con el uso mínimo) de sistemas mecánicos, y con ello se reducirá el consumo energético.

El éxito de las estrategias implementadas radica en la elaboración de un estudio profundo del inmueble preliminar a la intervención para determinar con precisión aquellas que ayudan a resolver sus problemas específicos.

La recuperación de la inversión resulto favorable porque se usaron diversas estrategias y tecnología, que combinadas entre si, fueron altamente efectivas para reducir el consumo energético. Como consecuencia, el tiempo de recuperación es corto, haciendo rentable la intervención sustentable.

conclusions

6. Conclusiones

La intención inicial de esta investigación era la aproximación de los edificios históricos hacia la sustentabilidad, pero al analizar este tipo de edificios con los parámetros establecidos en la arquitectura sustentable, la sorpresa fue que los monumentos históricos están realmente cerca de la sustentabilidad. ¿Como es posible? La respuesta es muy sencilla: los alarifes novohispanos consideraron el ambiente y al usuario, principios básicos para lograr una arquitectura sustentable. Tomando como base que los edificios históricos cumplían con las premisas ecológicas, bioclimáticas y tecnológicas ofreciendo confort a los usuarios, se podría afirmar que estos inmuebles eran una arquitectura sustentable en su época de construcción.

En la investigación es importante fundamentar las propuestas e hipótesis, por lo que a esta se refiere, hay dos puntos principales: la referencia documental y la evidencia física. En el primero, son los tratados de arquitectura de Vitruvio y Alberti donde están plasmados las recomendaciones arquitectónicas y los principios básicos para construir edificios en armonía con el entorno que sin duda alguna tuvieron una influencia determinante en los arquitectos; y en el segundo, es la clara adaptación de los edificios históricos a su entorno realizando ajustes a algunos elementos arquitectónicos para ofrecer confort al usuario. Desafortunadamente, los avances tecnológicos mejoraron nuestra calidad de vida, pero en algunas décadas olvidamos siglos de conocimientos sobre el manejo de la arquitectura y el clima.

Desde el enfoque ecológico, un aspecto importante que debe resaltarse es que en los tratados de arquitectura revisados (Los Diez Libros de la Arquitectura y la Re De Aedificatoria) se recomienda la utilización de los materiales de la región, que además de asegurar la durabilidad de los mismos, se reduce el impacto ambiental por transportación.

Con base a lo expuesto, los valores intangibles de la arquitectura patrimonial no solo están sujetos a la estética, al orden y a la simetría, sino también está involucrado el conjunto de conocimientos bioclimáticos aplicados durante su diseño y construcción. Estos conocimientos que abarcan desde el manejo de los materiales y sistemas constructivos hasta la disposición y orientación de elementos y espacios, deben ser estudiados a fin de conservarlos para transmitirlos a las próximas generaciones.

Así nace la imperiosa necesidad de que en las futuras intervenciones se consideren las estrategias bioclimáticas existentes en el inmueble para rescatarlas y/o respetarlas, las cuales pueden complementarse integrando materiales y tecnologías sustentables contemporáneos a fin de reducir la huella ambiental de estos inmuebles, sin sacrificar el confort y la salud de sus ocupantes.

Es trascendental señalar que el valor arquitectónico de un inmueble histórico y la recuperación de su morfología no deben estar en contraposición con la incorporación de ecotecnias y los principios de sustentabilidad, pues como se demostró un edificio histórico tiene desde su origen un diseño sustentable. Es por ello que, en una restauración totalmente respetuosa, no se deben romper con esos principios de respeto e integración al entorno natural con los cuales fueron construidos los inmuebles.

Desafortunadamente aún no se toman en cuenta estos aspectos en los proyectos de restauración actuales. Es por ello que en algunas modificaciones que se realizan en estos inmuebles, se altera substancialmente el comportamiento térmico y lumínico de los espacios interiores (como se mostró en la página 110) y se recurre al uso de sistemas mecánicos para climatizarlos.

Las principales modificaciones se realizan en los patios, un elemento importante de la arquitectura colonial y generador de microclimas, en los cuales al cubrirse completamente se convierten en espacios herméticos incapaces de ventilarse e iluminarse naturalmente. Esta situación obliga al usuario a instalar sistemas de aire acondicionado e iluminación artificial cuya consecuencia es el aumento del consumo energético y el costo del mantenimiento.

Al igual que se realizan los estudios sobre el edificio histórico para devolverle su estabilidad estructural, se debe analizar profundamente el inmueble, incluyendo cada elemento arquitectónico, en su relación con el bioclima antes de definir el proyecto de intervención. Con esto se obtendrá un dictamen del comportamiento bioclimático donde se mostrarán las virtudes y deficiencias del inmueble para mitigar los efectos adversos del clima. Al rescatar las adaptaciones del monumento y complementadas con ecotecnias, se mejorará substancialmente la temperatura interior, ventilación e iluminación y probablemente en algunos casos no será necesario implementar sistemas mecánicos.

Si bien es cierto que las características cuantitativas y cualitativas de estos edificios serán una limitante para implementar estrategias sustentables, mi experiencia profesional indica que el verdadero obstáculo está en la mano de quien diseña y/o restaura.

Todo es posible cuando hay una intención firme en lograr un objetivo, como en el caso de estudio (fuerte de San Juan de Ulúa), que sin alterar el valor y la estética del monumento histórico, se mostró la posibilidad de rescatar las estrategias bioclimáticas existentes complementándolas con dispositivos tecnológicos. Asimismo, al demostrar reducción en su consumo energético, se cumplió con la hipótesis establecida al inicio de esta investigación y por lo tanto se afirma que:

La aplicación de tecnología sustentable en un edificio histórico restaurado sin alterar su valor arquitectónico, logra que estos edificios sean de bajo consumo energético y cumplan con los principios de una arquitectura sustentable.

Con los resultados obtenidos, los principales beneficios de la sustentabilidad en un edificio histórico son los siguientes:

1. Ambiental

Un edificio de bajo impacto ambiental con buen desempeño energético y que ofrece confort a sus habitantes.

2. Cultural

Al mejorar las condiciones de habitabilidad en los espacios, se logrará la salvaguarda y puesta en valor de los inmuebles históricos, los cuales podrán ser observados por las futuras generaciones.

Como otros beneficios tenemos :

- Flexibilidad para obtener cambios en la distribución interior (sin destruir elementos arquitectónicos). Tendrán un gran potencial de recuperación física y de funciones sociales y económicas, se podrían introducir nuevas funciones y actividades. Con lo anterior no todos los edificios restaurados serían museos por lo cual ayudaría a que los cascos históricos vuelva a ser el centro vivo de la ciudad durante las veinticuatro horas.
- Diseño para toda la vida útil del edificio. Las tecnologías que se incorporen son una inversión muy lucrativa y a largo plazo. No se requerirían restauraciones frecuentes en los edificios porque se han incluido tecnologías que garanticen un correcto funcionamiento.
- Confort para los habitantes. Se obtienen condiciones óptimas de temperatura en verano y en invierno ya sea en viviendas, comercio en zonas de producción no habitadas.
- Incremento del valor histórico, patrimonial y catastral del monumento. Se ha demostrado que

los edificios ecológicos proporcionan mayor ocupación, y un incremento en el valor del edificio

- Mejoría en el Retorno de la Inversión.

La diversidad de estrategias sustentables disponibles es muy grande, pero no todas ellas pueden aplicarse a los edificios; por lo que en el capítulo cuatro se exponen aquellas que recomiendo su uso. Asimismo, estas estrategias no pueden implementarse en todos los edificios históricos como una regla en la que automáticamente brindará beneficios, pues cada edificio tiene características y necesidades especiales que deben analizarse antes de determinar las estrategias a utilizar a fin que produzcan un beneficio real en el inmueble.

Esto quiere decir que una herramienta que fue de gran ayuda para reducir el consumo energético de un edificio es posible que no funcione de igual manera para otro edificio cuyas condiciones climáticas y características arquitectónicas son diferentes. Por tal motivo, se recomienda realizar una serie de pasos antes y durante de la investigación del inmueble a fin de lograr un proyecto sustentable exitoso.

Propuesta Metodologica

Como resultado de esta investigación, se propone enriquecer la metodología actual para la restauración de los bienes inmuebles a fin de preservar la riqueza bioclimática que forma parte del patrimonio arquitectónico.

Se toma como base los métodos planteados por Louis, Sapairani, Prado y San Paolesi, y se añaden los puntos o estudios importantes para lograr una restauración sustentable (señalados en color rojo).

1. Recopilación de la información (Louis, Sapairani, Prado)

1.1. Antecedentes históricos.

(origen, evolución, reformas)

1.2. Excavaciones arqueológicas realizadas.

1.3. Levantamientos :

arquitectónico, topográfico , fotográfico, fábricas y daños

1.4. Datos meteorológicos

(normales climatológicas)

2. Estudios (SanPaolesi) ¹

2.1. Problemas históricos

(información documental, modificaciones)

¹ SANPAOLESI, Piero. *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*. Editrice Edam, Florencia, 1973.

2.2. Problemas artísticos
(principios estéticos, y compositivos)

2.3. Problemas estructurales
(análisis estático-estructural, sistemas constructivos, materiales.)

2.4 Problemas bioclimáticos
(análisis bioclimático para determinar características y elementos a rescatar)

La metodología para el análisis bioclimático es la siguiente:

a. Recopilación y procesamiento de la información.

Análisis bioclima del lugar. Datos anuales de temperatura, humedad, radiación solar, y viento.

Selección de fecha y tiempo. Las exigencias climáticas sobre un edificio no son homogéneas, pues frecuentemente existen variaciones climáticas durante las diversas estaciones climáticas. Por lo tanto, hay que determinar los días de estudio con base a los datos de la normal climatológica del sitio. Se seleccionan dos días del año en meses diferentes (mes más cálido y mes más frío)

Características de la edificación. Analizar la tipología del inmueble, necesidades, materiales de construcción, tamaño de los componentes, materiales, colores y formas del inmueble histórico.

b. Estrategias de climatización pasiva.

Establecer las estrategias pasivas para el bioclima, utilizando un diagrama psicrométrico.

c. Diagnóstico general y comportamiento bioclimático del edificio histórico.

3. Interpretación y diagnóstico

3.1. Dictamen del estado de conservación
(arquitectónico + estructural + bioclimático)

3.2. Uso del inmueble
(determinar modificaciones cambio de uso)

3.3. Propuesta de intervención
(general)

4. Propuesta de intervención

3.1. Evaluación de los criterios de restauración.

3.2. Rescate de tecnologías y estrategias bioclimáticas existentes.

3.3. Adecuación arquitectónica

3.4. Elección de materiales, sistemas constructivos y procedimientos de reestructuración.

3.5. Implementación de herramientas tecnológicas.

3.6. Evaluación del potencial de ahorro.

3.7. Análisis costo-beneficio.

5. Proyecto de intervención sustentable

A fin de validar las herramientas tecnológicas utilizadas en el edificio histórico, se debe realizar una estimación del potencial de ahorro energético y valorar si los porcentajes de reducción son los requeridos. De no ser así, hay que revisar cual es el punto más deficiente, cambiar de estrategia y realizar nuevamente la evaluación.

Esta evaluación se debe realizar principalmente en los factores de mayor consumo energético (envolvente, aire acondicionado e iluminación) y comparar el edificio con estrategias sustentables contra el mismo edificio sin ellas (denominado edificio de referencia), lo que permitirá analizar su desempeño energético bajo las mismas condiciones climáticas.

Una vez que se consiguieron los objetivos ambientales deseados, es importante elaborar un estudio costo-beneficio de la tecnología, para verificar si la inversión que se realice será recuperada en un lapso corto y si generará suficientes ganancias económicas, pues en caso contrario, la propuesta realizada no será viable.

En el análisis costo beneficio hay que realizar el costo de los equipos (inversión), la estimación de los flujos de efectivo en los periodos subsecuentes (como mínimo 120 meses) y traerlos a valor presente neto. Con estos datos, se obtiene el índice de rendimiento (razón beneficio-costos) y la tasa de recuperación interna (TIR). El proyecto será totalmente rentable cuando sean satisfactorios el valor presente neto, el índice de rendimiento y la tasa de recuperación interna.

Con esto se tendrá una intervención que reducirá el impacto ambiental del edificio, brindará confort a los ocupantes y generará ganancias económicas, cumpliendo con las tres áreas de acción de la arquitectura sustentable: ambiental, social y económico.

Como puntos finales tenemos que el éxito de las estrategias sustentables que se implementen en el edificio histórico depende de la acción combinada de ellas; es decir; hay que buscar aquellas que herramientas que brinden una reducción del consumo energético y usar fuentes de energía renovable. De esta forma, se reducirán los consumos ofreciendo los mismos servicios, y la generación de energía renovable será más económica, pues se requerirán menor cantidad de módulos fotovoltaicos, colectores solares y/o generadores eólicos.

No se debe olvidar que el usuario es un factor importante para el consumo energético durante el uso y ocupación de la arquitectura. La sensibilización de los ocupantes es indispensable, dado que estos participarán continuamente en la reducción de los consumos energéticos y contribuirán a la eficacia de las medidas técnicas instaladas, y además, pueden detectar las fallas a fin de sugerir pistas para mejorarlas.

El cambio climático es otro factor que condicionará la adecuación de los edificios históricos, si bien se comprobó que las estrategias bioclimáticas existentes en estos edificios mitigan las condiciones ambientales actuales, ¿que sucederá con los cambios radicales en el clima? Considero que en este caso, la tecnología jugará una papel determinante para mejorar el desempeño de los inmuebles.

A pesar de que se cumplieron los fines de esta investigación, todavía queda mucho trabajo por efectuar en los edificios históricos como el manejo del agua, el uso de materiales, los ciclos de vida, etc.

Asimismo, debemos reflexionar sobre el tipo de arquitectura contemporánea que estamos realizando (que en algunas décadas será restaurada) y en qué estamos mejorando, porque a pesar de los avances tecnológicos, el desempeño energético y ambiental de muchos edificios contemporáneos es inferior al de un edificio histórico construido hace más de 100 años, así que debemos:

“Optar por la manera de pensar con la arquitectura, no sobre la arquitectura”.

Portoghesi

Bibliografía

Sustentabilidad

BARRERA GARCÍA, Ana Elena. *Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología.* UNAM, México 1999.

CARRAZCO, Carlos. *Análisis cuantitativo de comportamiento de los elementos bioclimáticos de la arquitectura vernácula: caso clima cálido seco.* UNAM. Mexico, 2005.

DOMÍNGUEZ, Luís Ángel.; SORIA, Francisco Javier *Pautas de diseño para una arquitectura sostenible. La naturaleza como estrategia proyectual.* Edicions UPC. Barcelona 2004.

FERRIS, Lori. *Environmental and Cultural Sustainability In the Built Environment: An Evaluation of LEED for Historic Preservation.* Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2010.

GAMA, Lily; SOTO, Margarita. *Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz.* Foresta Veracruzana, año/vol.3 número 002, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. 2001.

GARCIA, E. *Atlas Climático del estado de Veracruz.* Instituto de Ecología, A.C. Jalapa, Ver. 1989.

GARCÍA, E. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)* 3ra edición. Offset Larios. México 1964,

GIVONI, Baruch, *Man Climate and Architecture.* Applied Science Publishers LTD. London 1981.

KÖPPEN, W. *Climatología.* Fondo de Cultura Económica, México. 1948.

LAGARDA GARCIA, Omar. *Proyectos de inversión en edificios históricos: Visión comercial en el centro histórico de la Ciudad de México.* UNAM, México, 2002.

MONTANER, José María. *Después de la Arquitectura Moderna* México, 1993 .

MORILLÓN GÁLVEZ, David. *Bioclimática, "Sistemas Pasivos de Climatización",* Ed. Universidad de Guadalajara, 1993

OLGYAY, Victor. *Arquitectura y Clima: Manual de diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas.* Gustavo Gili. Barcelona, 1998.

OLGYAY, Victor y Aladar *Design With Climate.* Princeton University Press. Estados Unidos, 1963.

OÑATE ARRESTI, Diego. *Diseño de una instalación solar fotovoltaica.* España, 2006.

PESCI, Pedro. *¿La tecnología es sustentable?* Revista Ambiente digital. Fundación CEPA Numero 100. Argentina. 2005.

SOSA, Ma. Eugenia y SIEM, Geovanni. *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico.* Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Caracas, 2004

VACIO, Manuel de Jesús. *Estimación y Análisis de los principales índices energéticos de los edificios de alta tecnología contra convencionales.* UNAM. México 2002.

Historic Buildings are Green. Building Rehabilitation Is Sustainability in Practice, A publication of the Trust for Architectural Easements. Volume 1 / February 2009.

Recomendaciones de Eficiencia Energética para Estados y Municipios. Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía. Mexico, 2010.

Renewables 2011, Global status report. Ren21 Secretariat. París, 2011.

Sistemas Eólicos Pequeños para Generación de Electricidad. Departamento de Energía, EE.UU. 2007.

Un Vitrubio Ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Trad. al castellano Sandra Sanmiguel. Gustavo Gili. Barcelona. 2007.

Wild-Scholten (ECN) Sustainability: Keeping the Thin Film Industry green, 2nd EPIA International Thin Film Conference Munich, 2009.

Restauración

Europa y la arquitectura mañana. Libro blanco: propuestas para el entorno edificado de Europa, Consejo de Arquitectos de Europa. Bruselas 1994.

ALBERTI, Leon Batista. *De Re Aedificatoria.* Libro I, Cap. IV. Trad. al castellano Javier Fresnillo N. Akal. Madrid, 1991.

BRANDI, Cesare. *Teoría de la Restauración.* Madrid, 1989.

CAPITEL, Antoni. *Metamorfosis de monumentos y teorías de la restauración.* Edit. Alianza. Madrid, 1992.

CARBALLAL, M. y FLORES, M. *Elementos hidráulicos en el Lago de México-Texcoco en el posclásico. Arqueología Mexicana, 68 "Lagos del Valle de México",* jul-ago México, 2004.

CEJUDO COLLERA, Mónica. *La influencia del tratado de Lupicini en la arquitectura militar en Nueva España.* Posgrado de Arquitectura UNAM. México, 2005.

CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Fundamentos teóricos de la restauración.* México. Facultad de Arquitectura, UNAM. 1996 (Colección Arquitectura Núm.10)

CHANFÓN OLMOS, Carlos. *Problemas Teóricos en la Restauración* (Paquete didáctico). Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete", INAH. México, 1979.

COVARRUBIAS GAITAN, Francisco. *Los centros históricos y la ciudad actual: instrumentos de ordenamiento, conservación, revitalización y uso.* VII Encuentro internacional de revitalización de centros históricos, la arquitectura de hoy, entre la ciudad histórica y la actual. CONACULTA. México, 2009.

CUESTA HERNANDEZ, Luis. *La teoría de la arquitectura en la Nueva España. La arquitectura mecánica conforme a la práctica de esta Ciudad de México en su contexto.* Revista Destiempos Marzo-Abril, Año 3, Número 14. Mexico. 2008.

DÍAZ-BERRIO ,Salvador y ORIVE, Olga. *Terminología general en materia de Conservación del Patrimonio cultural Prehispánico* en Cuadernos de arquitectura Mesoamericana. Nº13. México. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. 1984.

DREWES MARQUARDT, Michael. *Los tratadistas europeos y su repercusión en Nueva España.* Tesis para obtener el grado de Maestro en Historia del Arte, UNAM. México, 1977.

FERNÁNDEZ DEL CASTILLO, Francisco. *Libros y librerías en el siglo XVI,* Publicaciones del Archivo General de la Nación IV. México, 1914.

KROPFINGER-VON KÜGELGEN, Helga. *Exportación de libros europeos de Sevilla a la Nueva España en el año de 1586,* en El proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. Investigaciones regionales interdisciplinarias mexicano-alemanas en la cuenca de Puebla-Tlaxcala, Wiesbaden, 1973,

MOTOLINÍA, Fray Toribio de. *Memoriales.* La Casa del Editor, Méjico, 1903. Edmundo Aviña Levy, Guadalajara, 1967

MUÑOZ, Francisco, *"Influence de Vauban dans la forteresse de San Juan de Ulúa", Les Oisivetés de l'Association Vauban,* No. 16. Paris, 1999.

Mc ANDREW, John. *The Open-Air Churches of Sixteenth-Century Mexico. Atrios, Posas, Open Chapels, and other studies.* Harvard University Press. Cambridge, Mass., 1969.

PHILIPPOT, Paul. *"Restauración: Filosofía, Criterios y Pautas" en Documentos de Trabajo, 1er SERLACOR, Seminario Regional Latinoamericano de Conservación y Restauración.* Centro Regional Latinoamericano de Estudios para la Conservación y Restauración de los Bienes Culturales, Convento de Churubusco. México 1973.

PORTOGHESI, Paolo. *El ángel de la historia. Teorías y lenguajes de la arquitectura.* Madrid, 1985.

PORTOGHESI, Paolo. *Postmodern, the architecture of industrial society.* Rizzoli Intl Pubns. New York, 1984.

DÍAZ-BERRIO, Salvador y ORIVE B, Olga. *Terminología general en materia de*

Conservación del Patrimonio cultural Prehispánico, en Cuadernos de arquitectura Mesoamericana. N° 13. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. México. 1984

RUSKIN, John. *Las siete lámparas de la arquitectura*. Altafulla. Barcelona, 1988

SÁNCHEZ, Andrés. *Los retos de la conservación del patrimonio edificado en el siglo XXI*. Ponencia ICOMOS. Puebla, 2004.

SANPAOLESI, Piero. *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*. Editrice Edam, Florencia, 1973.

SERRANO MARTINEZ, José María. *Proceso de revitalización y peatonalización del centro urbano histórico de la ciudad de Murcia*. Universidad de Murcia. España.

TAMEZ TEJEDA, Antonio. *Cultura y contexto: arquitectura del noreste*. UANL. Montrey, 2006.

TERÁN BONILLA, José Antonio. *Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica*. Revista Conserva No.8. Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR). Chile. 2004.

TIBURCIO VERDUGO, Humberto. *Arquitectura Vernácula y Diseño: Adecuación Del Espacio Habitable En La Ciudad De Nogales, Sonora*. Colegio de Sonora. Hermosillo, 2008.

VELÁZQUEZ THIERRY, Luz de Lourdes. *Terminología en Restauración de bienes*

culturales, en Boletín de Monumentos Históricos N° 14. INAH. México. Julio septiembre 1991

VILLAGRÁN G., José. *Arquitectura y restauración de monumentos*. El Colegio Nacional, XCM-LXVI, Memoria de El Colegio Nacional, Tomo IV, N°1, México, 1966.

VIOLLET-LE-DUC, E. *Dictionnaire Raisonné de L'Architecture Française du XIe au XVIe siècle*. Tome Hutième, Morel editor, París

VITRUVIO, Polión. *Los diez libros de la Arquitectura* Traducción y comentarios de José Ortiz y Saenz. Ediciones Akal. España, 1992 .

Carta de Burra. ICOMOS. Australia, 1999.

Carta de Cracovia. Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido. Cracovia, ICOMOS. 2000.

Carta de Venecia. Carta Internacional Sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y Sitios. ICOMOS. Venecia, 1964

Carta de Washington. Carta Internacional para la Conservación de Ciudades Históricas y Áreas Urbanas Históricas ICOMOS. Washington, 1987

Carta del Patrimonio Vernáculo Construido. ICOMOS. 1999

Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles. INAH, México.

Glosario

Abaluartar. Fortificar con baluartes.

Aislamiento térmico. Es el material o materiales que debido a su composición química y física disminuyen la transmisión de calor a través de ellos.

Almena. Dientes en los muros o torres en las fortalezas.

Baluarte. Torre fortificada de figura pentagonal, situada en la parte exterior de la muralla.

Barrera de vapor. Es cualquier lámina o material que ofrezca gran resistencia al paso de vapor de agua. Se utilizan ampliamente en construcción para evitar las condensaciones intersticiales.

Batería. Obra de fortificaciones que contienen cierto número de cañones.

Bóveda de cañon. Cubierta en forma de medio cilindro que guarda una dirección.

Caballero. Estructura que se sobrepone en un baluarte para apoyo defensivo.

Camino cubierto. Camino de ronda que bordea el foso que une la obra permanente con la exterior.

Carga térmica. También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano).

Conductividad térmica. Es la característica que expresa la mayor o menor dificultad del material para permitir la transferencia de calor.

Cortadura. Parapeto de tierra o ladrillo que obstaculiza el paso del enemigo.

Cortina. Lienzo de muralla terraplenada o abovedada entre baluarte y baluarte.

Dársena. Es la parte resguardada artificialmente, en aguas navegables, para la carga y descarga cómoda de embarcaciones.

Diagrama psicométrico. Es un diagrama que relaciona múltiples parámetros relacionados con una mezcla de aire húmedo: temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, entalpía específica o calor total, calor sensible, calor latente y volumen específico del aire.

Emitancia. La emitancia radiante es el flujo radiante emitido directamente o por reflexión o transmisión) en todas direcciones desde una fuente de radiación por unidad de área. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m²).

Escarpa. Talud del muro de la fortaleza.

Flanco. Lado del baluarte que forma un ángulo entrante con la cortina.

Fortaleza. Recinto fortificado inexpugnable.

Glacis. Explanada de suave pendiente que se dispone delante de la fortificación para ocultarla.

Gola. Entrada o garganta de la plaza al baluarte.

Gráfica solar. Las graficas solares son instrumentos auxiliares de suma importancia para los arquitectos, ya que a través de ellas ese puede saber que sucede en términos de sol y de sombra en un determinado momento para una específica posición. Estas proyecciones exponen gráficamente el movimiento aparente del sol en relación a un punto determinado de la Tierra, o sea, su latitud.

Higroscopia. Palabra que deriva del griego ὑγροσχηγρος 'húmedo, mojado' y σκοπειν skopein 'observar, mirar' es la capacidad de algunas sustancias de absorber o ceder humedad al medioambiente. También es sinónimo de higrometría, siendo esta el estudio de la humedad, sus causas y variaciones (en particular de la humedad atmosférica).

Inercia térmica. Este es un concepto importante en las viviendas bioclimáticas: si tienen poca inercia térmica, reaccionarán rápidamente a la radiación solar, calentándose pronto durante el día (hablamos del invierno), pero también por la noche se enfrían más rápido: el retardo entre los aportes de calor y la temperatura alcanzada es pequeño. En cambio, en viviendas con gran inercia térmica, la radiación solar no provocará una subida rápida de la temperatura de la casa, porque el calor se está almacenando, y posteriormente se libera lentamente por la noche, por lo que no se producirá una disminución brusca de temperatura; además, las variaciones de temperatura se amortiguan, no alcanzando valores tan extremos.

Materiales aislantes. Se define así a aquellos materiales cuya principal característica física es su baja conductividad térmica.

Masa térmica. Ver inercia térmica.

Parapeto. Terraplén para defenderse del enemigo.

Patrimonio Cultural. Conjunto de bienes culturales que una sociedad recibe y hereda de sus antepasados con la obligación de conservarlo para transmitirlo a las siguientes generaciones.

Patrimonio Cultural Arquitectónico. Edificaciones que son representativas de una

sociedad, de su forma de vida, ideología, economía, tecnología, productividad, etc., y de un momento histórico determinado, que además poseen un reconocimiento e importancia cultural a causa de su antigüedad, significado histórico, por cumplir una función social o científica, estar ligados a nuestro pasado cultural, por su diseño, así como por sus valores intrínsecos, arquitectónicos, funcionales, espaciales, tecnológicos y estéticos, entre otros.

Poliestireno expandido. (EPS) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción. En México se le conoce como Unicel.

Poliestireno extruido. El poliestireno extruido, extrudido o extrusionado, también conocido por su acrónimo inglés XPS, es una espuma rígida resultante de la extrusión del poliestireno en presencia de un gas espumante, usada principalmente como aislante térmico.

Puente térmico. Es una zona donde se transmite más fácilmente el calor por ser de diferente material o espesor.

Reducto. Fortificación u obra defensiva en la que se parapeta una trompa.

Reflectancia. Cantidad de energía que es reflejada por un objeto luego de que esta incide sobre él. El resto de la energía incidente puede ser transmitida o absorbida por el objeto.

Revellín. Obra poligonal exterior de fortificación que defiende la cortina de la línea de ataque.

Saetera o aspillera. Abertura larga y estrecha en el muro que permite disparar al enemigo.

Anexos

índice de anexos

Uno. Adaptaciones de los edificios históricos en los climas calido-húmedo, cálido-seco y templado.

Dos. Planos arquitectónicos del fuerte de San Juan de Ulúa

Tres. Datos climatológicos del puerto de Veracruz.

Cuatro. Diagrama psicrométrico para el puerto de Veracruz.

Cinco. Gráficas solares: 1 de enero, 10 de abril y 10 de mayo

Seis. Cálculo térmico: 1 de enero.

Siete. Cálculo térmico: 10 de mayo.

Ocho. Cálculo según la norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001.

Nueve. Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado.

Diez. Potencia y demanda instalada del sistema de aire acondicionado.

Once. Distribución de luminarias en la Casa del Gobernador.

Doce. Cálculo demanda instalada iluminación artificial en el edificio de referencia.

Trece. Cálculo demanda instalada iluminación artificial en el edificio sustentable.

Catorce. Cálculo numero de paneles fotovoltaicos.

Quince. Costo de los equipos.

Dieciséis. Datos históricos de la tarifa 02, Comisión Federal de Electricidad.

Diecisiete. Datos históricos inflación anual 2006-2011. Banco de México.

Dieciocho. Flujo de dinero mensuales durante 10 años.

Diecinueve. Tasa de rendimiento anualizado CETES.

anexo uno

Adaptaciones de los edificios históricos en clima cálido húmedo

Componentes del edificio	Elementos climáticos			
	Radiación solar	Temperatura	Vientos	Precipitación
Emplazamiento y distribución de espacios	Ubicación al norte del templo. Espacios exteriores semicubiertos. (ramadas, capillas posas cubiertas, atrio con vegetación).	Espacios abiertos y ventilados para actividades al aire libre generalmente con vegetación que proporciona sombra. (atrio, ramadas, patio).	Ubicación al norte para favorecer la entrada de los vientos dominantes y generar ventilación cruzada.	Elevación de los edificios respecto al atrio y/o patio para evitar inundaciones al interior.
Forma del edificio	Vanos amplios y en algunos casos tipo balcón con protecciones para bloquear los rayos solares directos. Vanos pequeños para bloquear la radiación solar. Corredores porticados y patio (zona sombreada y fresca).	Patio con plantas y agua (zona sombreada y fresca). Corredores porticados en claustro y accesos. Espacios altos dentro del edificio Terrazas.	Favorecer la ventilación cruzada	Aleros y remetimientos pronunciados en vanos. Techos inclinados. Pórticos.
Materiales de construcción	Materiales que no acumulen calor. Materiales aislantes.	Baja conductividad térmica.	Muros y losas que respiren (ramadas).	Protección a la lluvia con aleros.
Ventilación e iluminación	Ventanas al norte y al sur para tener iluminación sin radiación solar. Vanos amplios, en algunos casos con balcon y/o aleros para bloquear los rayos solares. Vanos pequeños y remetidos, y espesor de los muros permiten iluminación pero evitan ganancia de calor por la radiación solar.	Ventanas altas para que el aire caliente salga del inmueble (ventilación convectiva). Patio central en claustro que permite los cambios de aire. (aire fresco por aire caliente). Ventilación de cocinas (tiros o ventilación cenital) para evitar la ganancia de calor y transmisión del mismo a otros espacios.	Orientación de ventanas respecto a la dirección de los vientos.	

Fuente: BARRERA, Ana E. Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología. UNAM. 2002

Adaptaciones de los edificios históricos en clima cálido seco

Componentes del edificio	Elementos climáticos			
	Radiación solar	Temperatura	Vientos	Precipitación
Emplazamiento y distribución de espacios	Ubicación al sur del templo. Espacios exteriores semicubiertos. (ramadas, capillas posas cubiertas, atrio con vegetación).	Espacios abiertos y ventilados para actividades al aire libre generalmente con vegetación que proporciona sombra. (atrio, ramadas, patio).	Ubicación al sur para favorecer la entrada de los vientos dominantes y generar ventilación cruzada.	Elevación de los edificios respecto al atrio y/o patio para evitar inundaciones al interior.
Forma del edificio	Vanos pequeños y con protecciones para el sol (oscuros y remetimientos). Corredores porticados y patio (zona sombreada y fresca). Patio con plantas y agua.	Patio con plantas y agua (enfriamiento evaporativo). Corredores porticados en claustro y accesos. Espacios altos dentro del edificio	Patio central y ventanas dispuesta para evitar las tolvaneras. Utilización de vientos para ventilar espacios previamente humidificados.	Techos planos con ligera inclinación para captar el agua pluvial.
Materiales de construcción	Materiales con alta inercia térmica. Materiales aislantes. Colores claros para reflejar rayos solares.	Alta capacidad calorífica. Colores claros.		
Ventilación e iluminación	Ventanas al norte y al sur para tener iluminación sin radiación solar. Vanos pequeños y remetidos, y espesor de los muros permiten iluminación pero evitan ganancia de calor por la radiación solar. Corredores porticados en claustro.	Ventanas altas para que el aire caliente salga del inmueble (ventilación convectiva). Patio central en claustro con plantas que permite los cambios de aire (aire fresco por aire caliente) y humedecerlo para disminuir la temperatura. Ventilación de cocinas (ventilación cenital) para evitar la ganancia de calor y transmisión a otros espacios.	Orientación de ventanas respecto a la dirección de los vientos.	

Fuente: BARRERA, Ana E. Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología. UNAM. 2002

Adaptaciones de los edificios históricos en clima templado

Componentes del edificio	Elementos climáticos			
	Radiación solar	Temperatura	Vientos	Precipitación
Emplazamiento y distribución de espacios	Ubicación al sur del templo.	Espacios abiertos y ventilados para actividades al aire libre generalmente con vegetación que proporciona sombra. (atrio, ramadas, patio).	Ubicación al sur para favorecer la entrada de los vientos dominantes ventilación cruzada. Bloquear o desviar los vientos fríos del norte.	Elevación de los edificios respecto al atrio y/o patio para evitar inundaciones al interior.
Forma del edificio	Vanos pequeños o vanos amplios con protecciones para el sol (oscuros y remetimientos). Corredores porticados y patio (zona sombreada y fresca). Pequeños aleros y remetimientos en vanos.	Patio con plantas y agua (enfriamiento evaporativo). Corredores porticados en claustro y accesos. Espacios altos dentro del edificio Terrazas.	Favorecer la ventilación cruzada	Techos semiplanos abovedados. Aleros y remetimientos pequeños. Pórticos.
Materiales de construcción	Materiales con alta inercia térmica. Materiales aislantes.	Alta capacidad calorífica.	Muros y losas que respiren (ramadas).	Protección a la lluvia con aleros.
Ventilación e iluminación	Ventanas al norte y al sur para tener iluminación sin radiación solar. Vanos amplios, en algunos casos con balcon y/o aleros para bloquear los rayos solares. Vanos pequeños y remetidos, y espesor de los muros permiten iluminación pero evitan ganancia de calor por la radiación solar.	Ventanas altas para que el aire caliente salga del inmueble (ventilación convectiva). Patio central en claustro que permite los cambios de aire. (aire fresco por aire caliente). Ventilación de cocinas (tiros o ventilación cenital) para evitar la ganancia de calor y transmisión del mismo a otros espacios.	Orientación de ventanas respecto a la dirección de los vientos. (ventilación cruzada) Evitar vientos fríos del norte.	

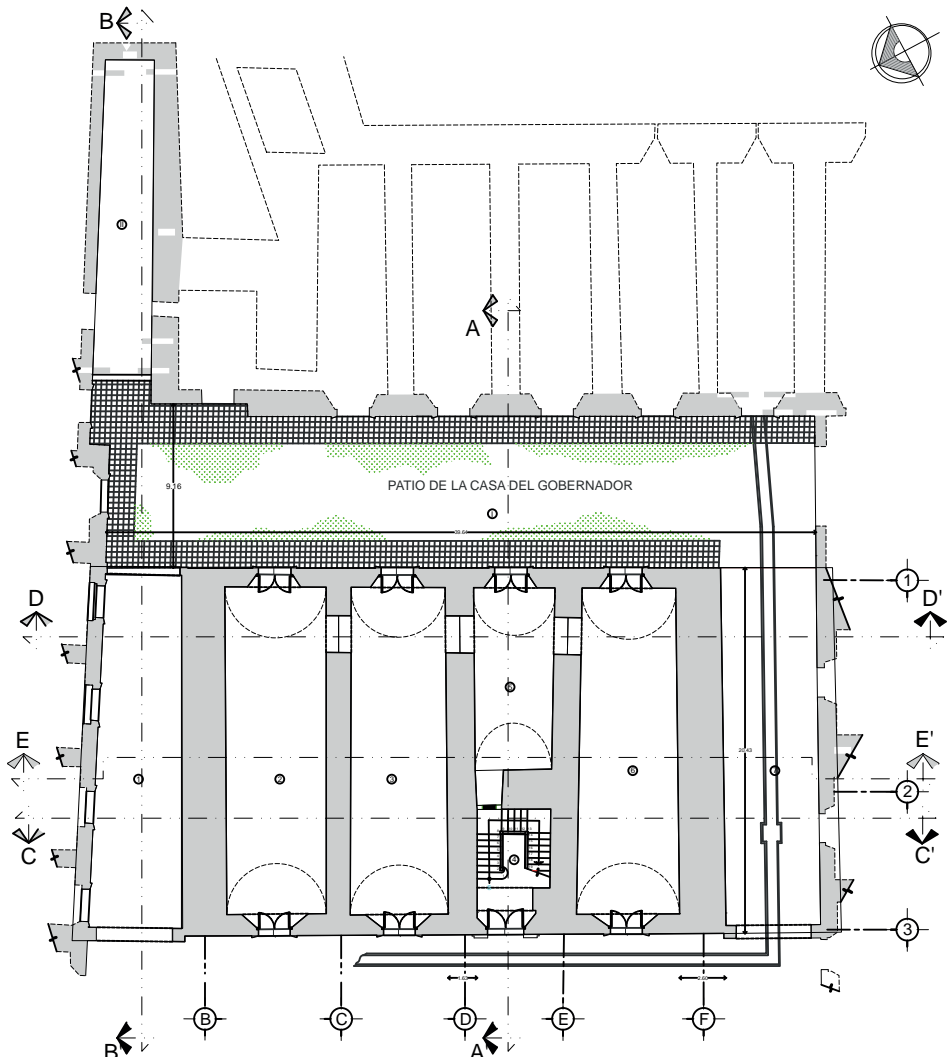
Fuente: BARRERA, Ana E. Aspectos Bioclimáticos de los Conventos Novohispanos: un antecedente del bioclimatismo actual y su tecnología. UNAM. 2002

anexo dos (levantamiento y dibujo INAH)

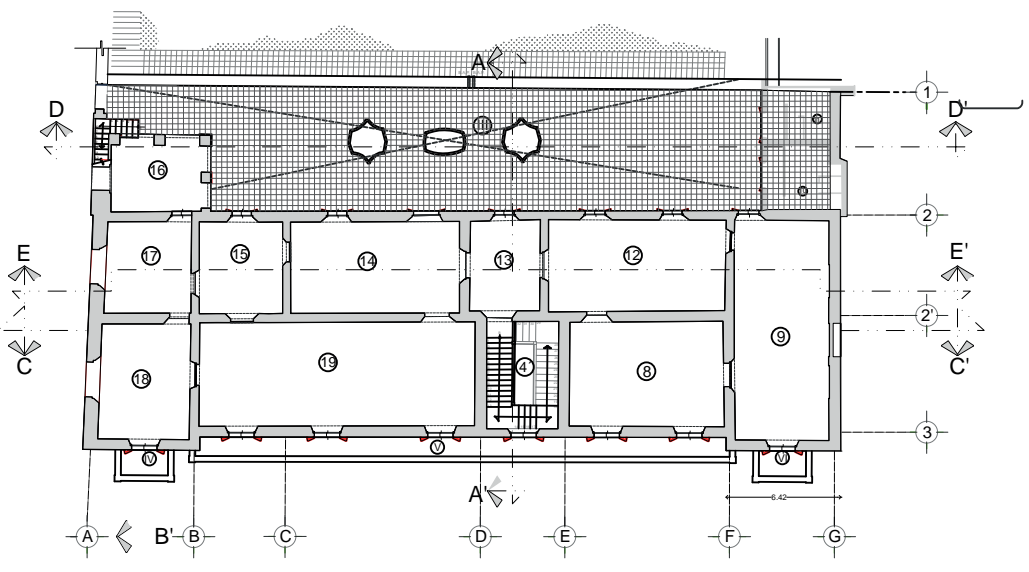
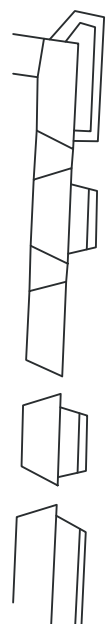




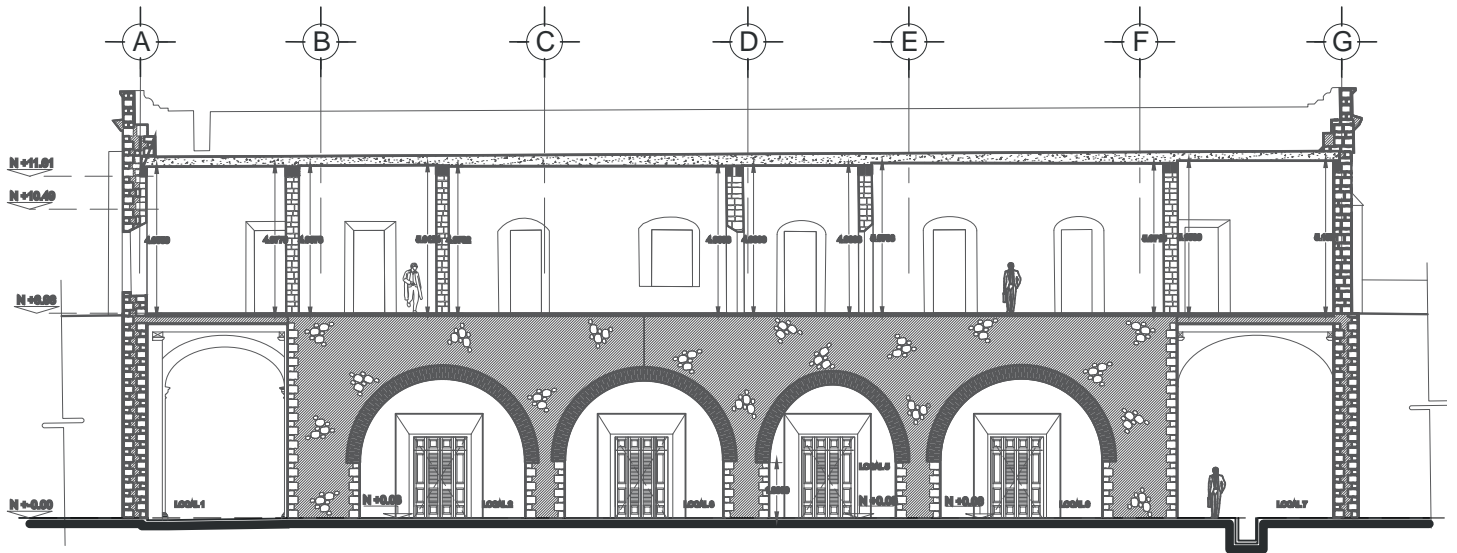
Casa del gobernador (levantamiento y dibujo INAH)



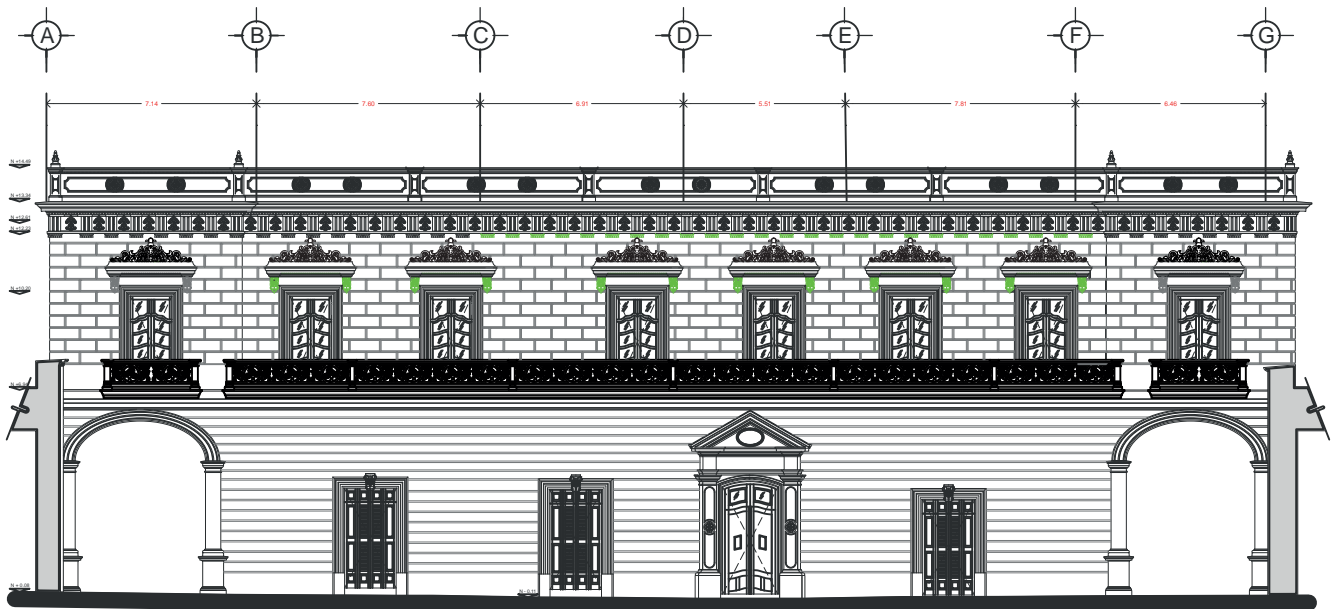
Planta baja



(levantamiento y dibujo INAH)



Corte E - E'



Fachada principal

0 1 3 6 M.
ESCALA GRÁFICA

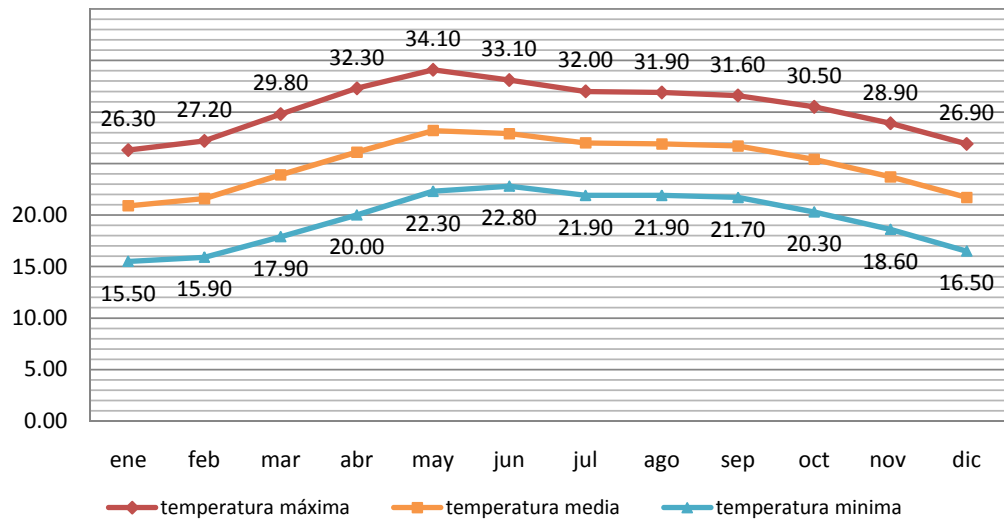
anexo tres

DATOS CLIMATOLÓGICOS

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
temperatura máxima	26.30	27.20	29.80	32.30	34.10	33.10	32.00	31.90	31.60	30.50	28.90	26.90
temperatura media	20.90	21.60	23.90	26.10	28.20	27.90	27.00	26.90	26.70	25.40	23.70	21.70
temperatura mínima	15.50	15.90	17.90	20.00	22.30	22.80	21.90	21.90	21.70	20.30	18.60	16.50
precipitación	21.20	10.80	10.20	19.60	68.80	247.40	407.60	361.00	309.90	123.30	59.50	32.80

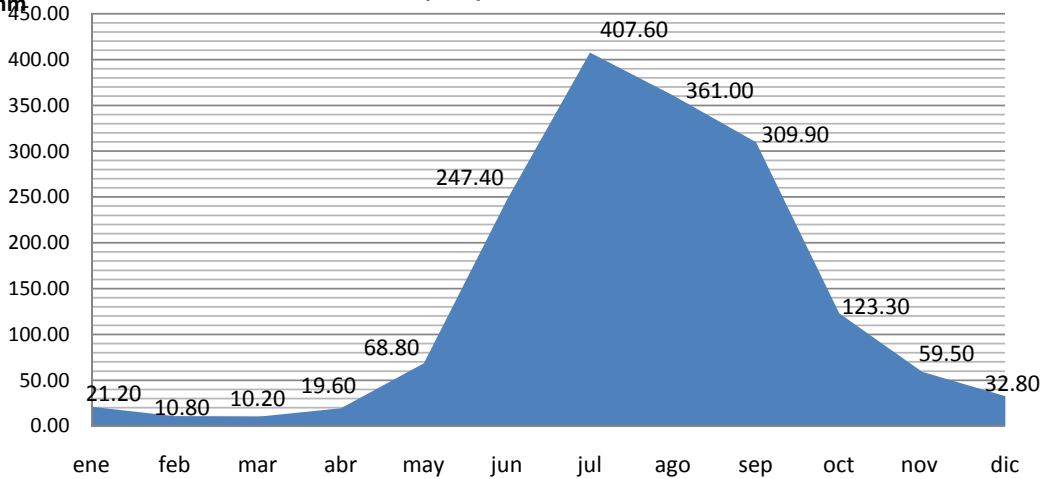
°C

temperaturas promedio



mm

precipitación



CÁLCULO DE TEMPERATURA CONFORT (termoreferendum)

temperatura media $T_n = 17.6 + 0.31 (t_{ma})$
 Rango confort $Z_c = T_n \pm 2.5$

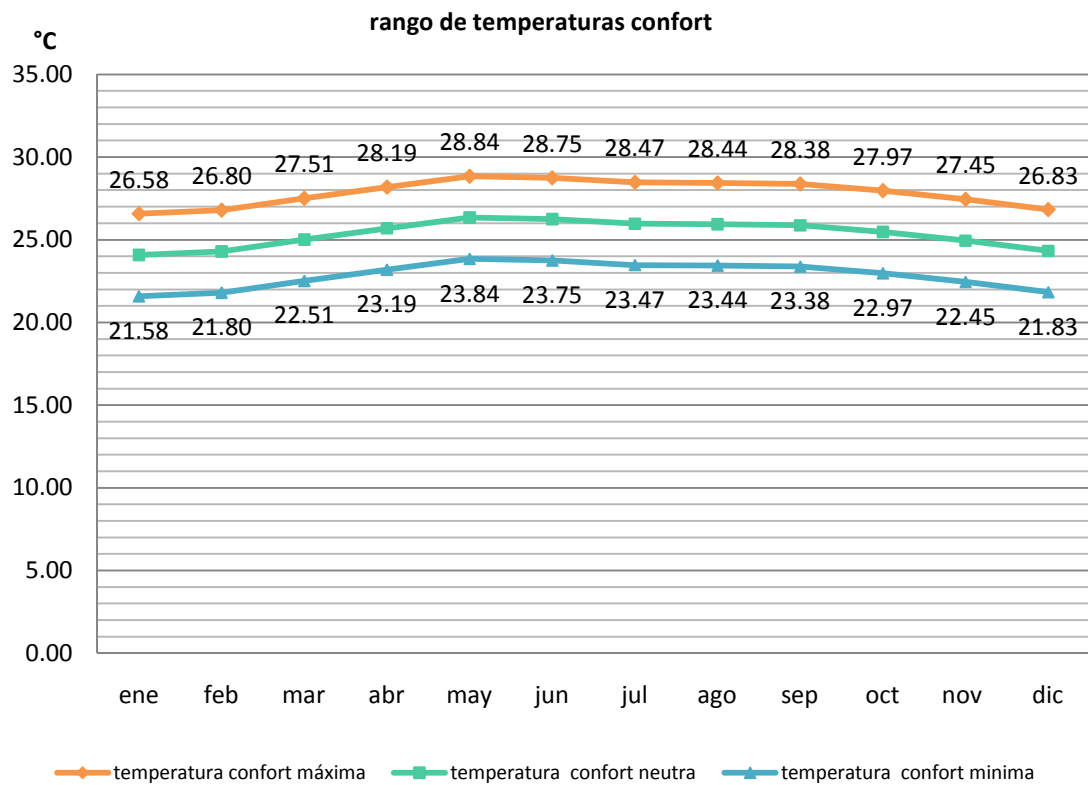
Donde:

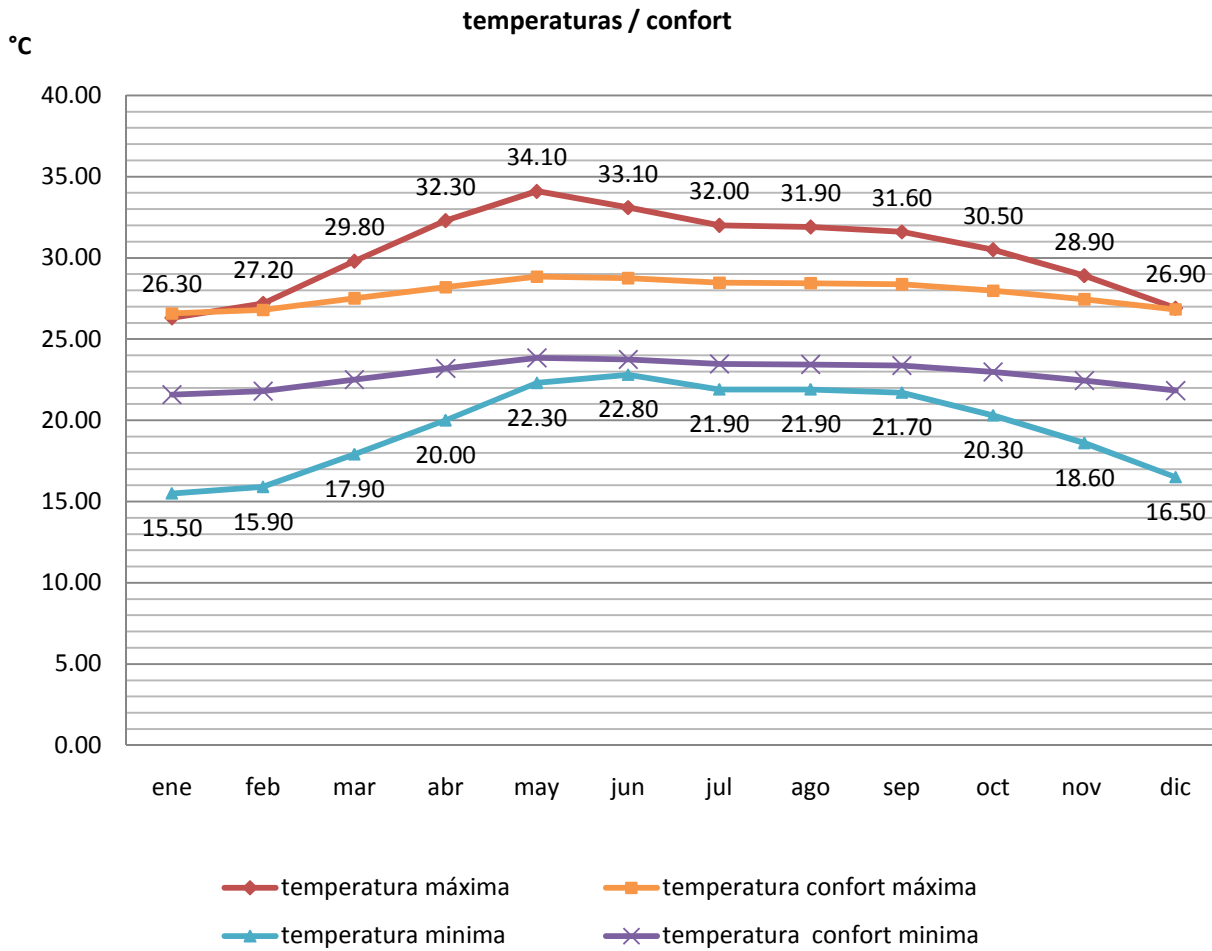
T_{ma} = temperatura media anual

T_n = temperatura confort

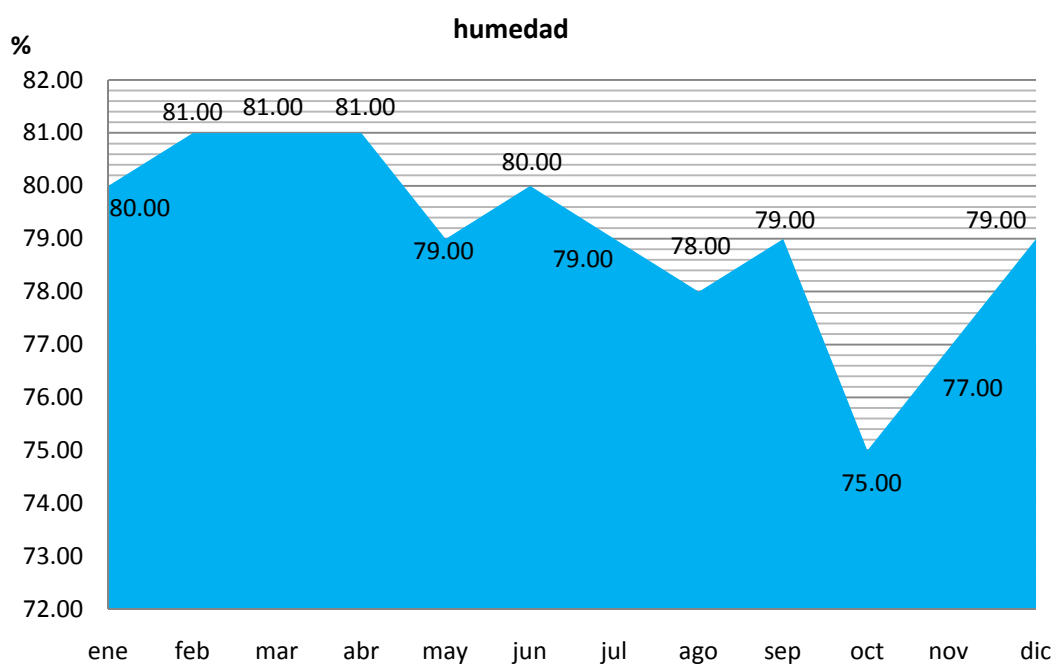
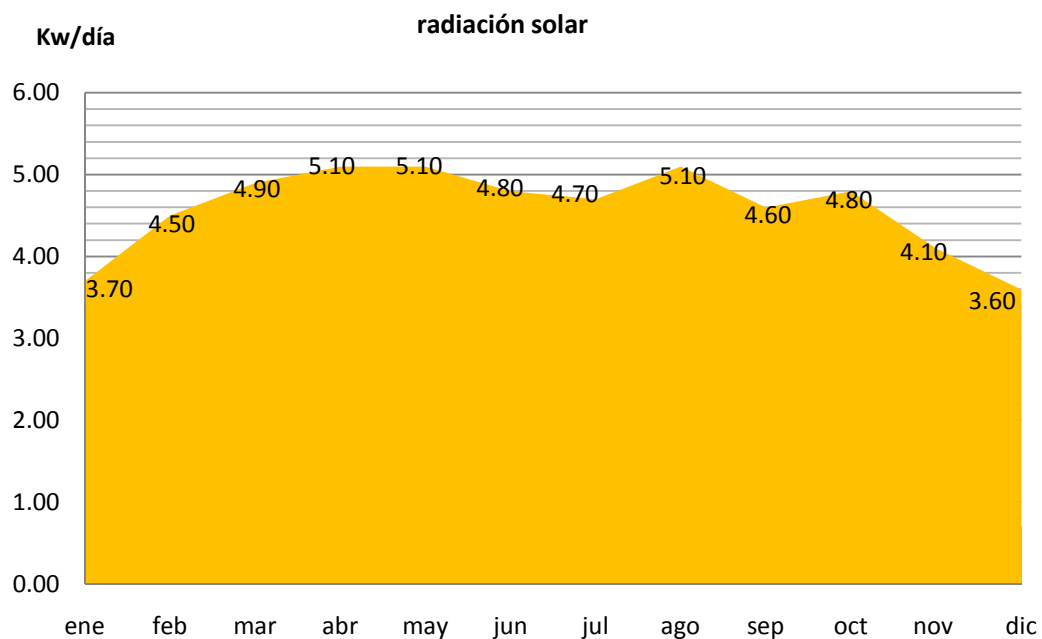
TEMPERATURA CONFORT

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
temperatura confort máxima	26.58	26.80	27.51	28.19	28.84	28.75	28.47	28.44	28.38	27.97	27.45	26.83
temperatura confort neutra	24.08	24.30	25.01	25.69	26.34	26.25	25.97	25.94	25.88	25.47	24.95	24.33
temperatura confort mínima	21.58	21.80	22.51	23.19	23.84	23.75	23.47	23.44	23.38	22.97	22.45	21.83



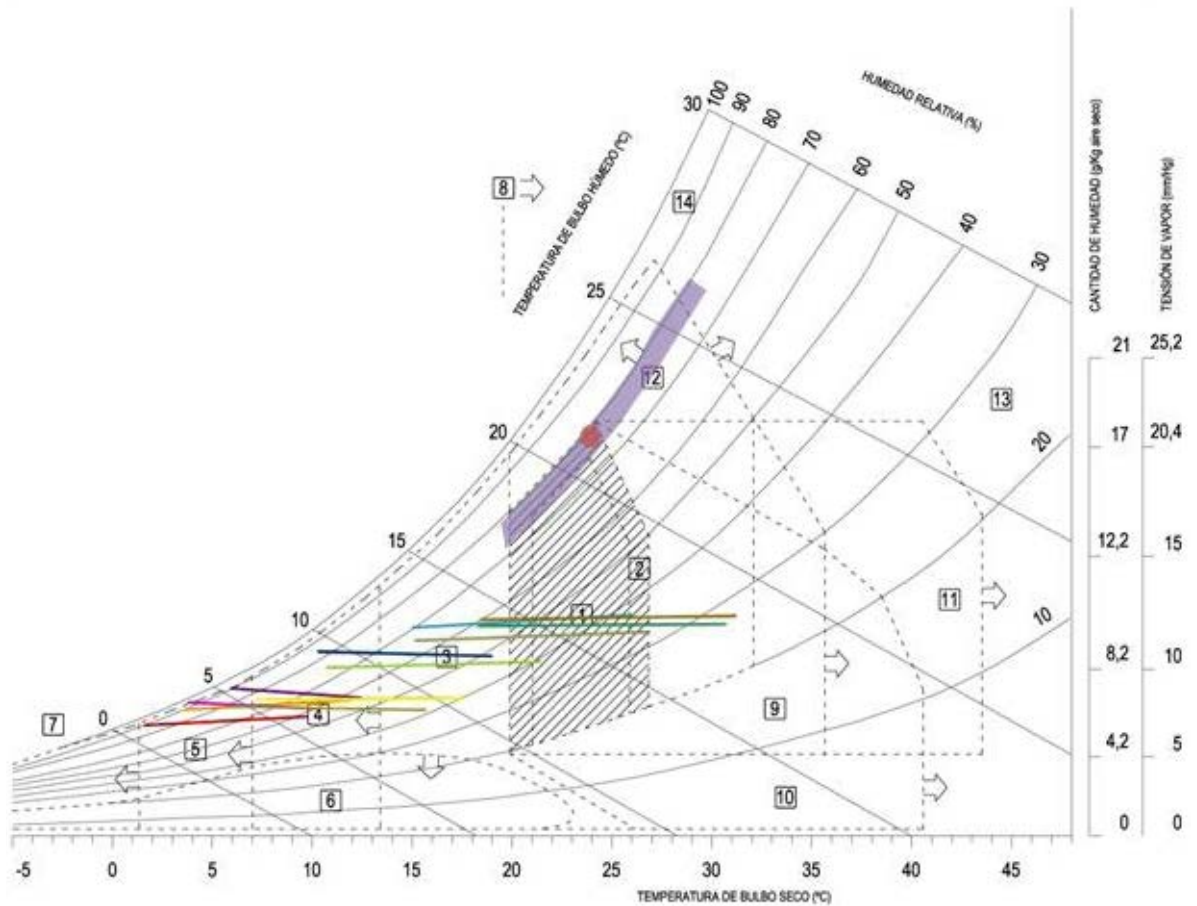


	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
radiación solar	3.70	4.50	4.90	5.10	5.10	4.80	4.70	5.10	4.60	4.80	4.10	3.60
humedad	80.00	81.00	81.00	81.00	79.00	80.00	79.00	78.00	79.00	75.00	77.00	79.00



anexo cuatro

DIAGRAMA PSICOMÉTRICO



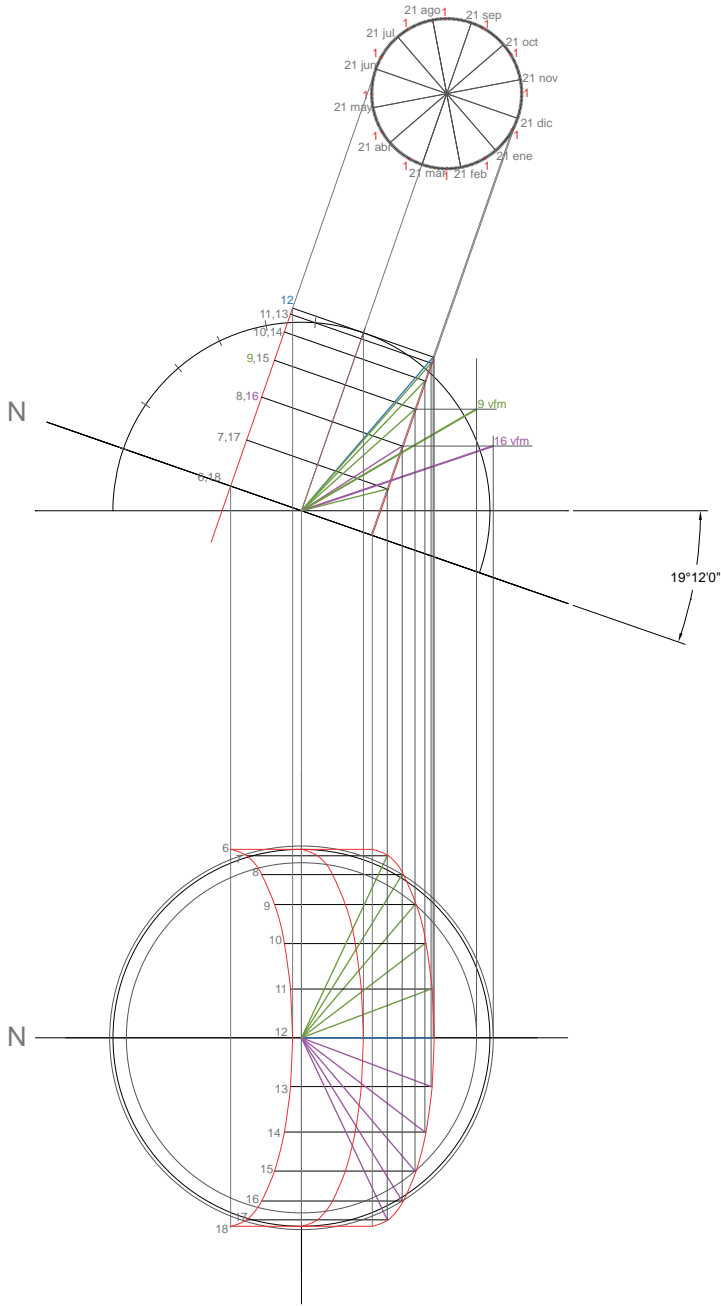
ESTRATEGIAS

- 1 - Zona de confort
- 2 - Zona de confort permisible
- 3 - Calefacción por ganancias internas
- 4 - Calefacción solar pasiva
- 5 - Calefacción solar activa
- 6 - Humidificación
- 7 - Calefacción convencional
- 8 - Protección solar
- 9 - Refrigeración por alta masa térmica
- 10 - Enfriamiento por evaporación
- 11 - Refrigeración por alta masa térmica con ventilación nocturna
- 12 - Refrigeración por ventilación natural y mecánica
- 13 - Aire acondicionado
- 14 - Deshumidificación convencional

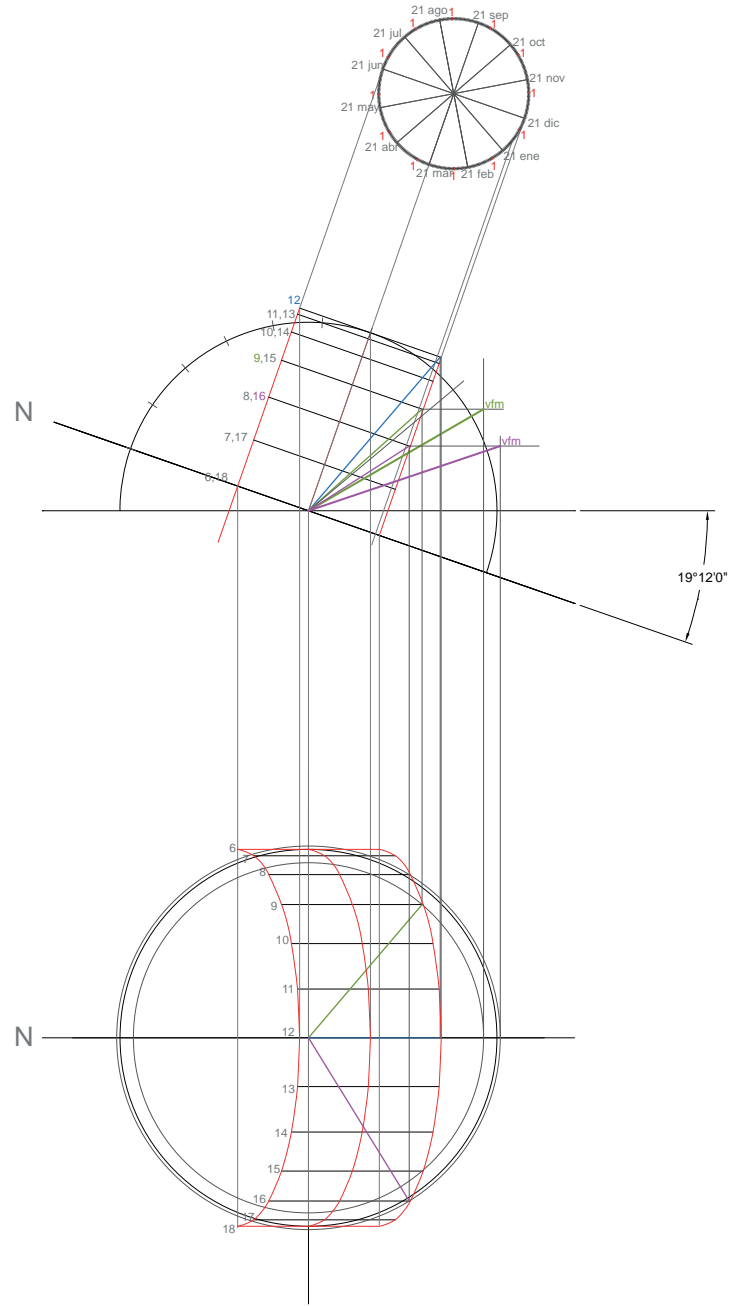
PUERTO DE VERACRUZ

- Máximos y mínimos
- Media anual

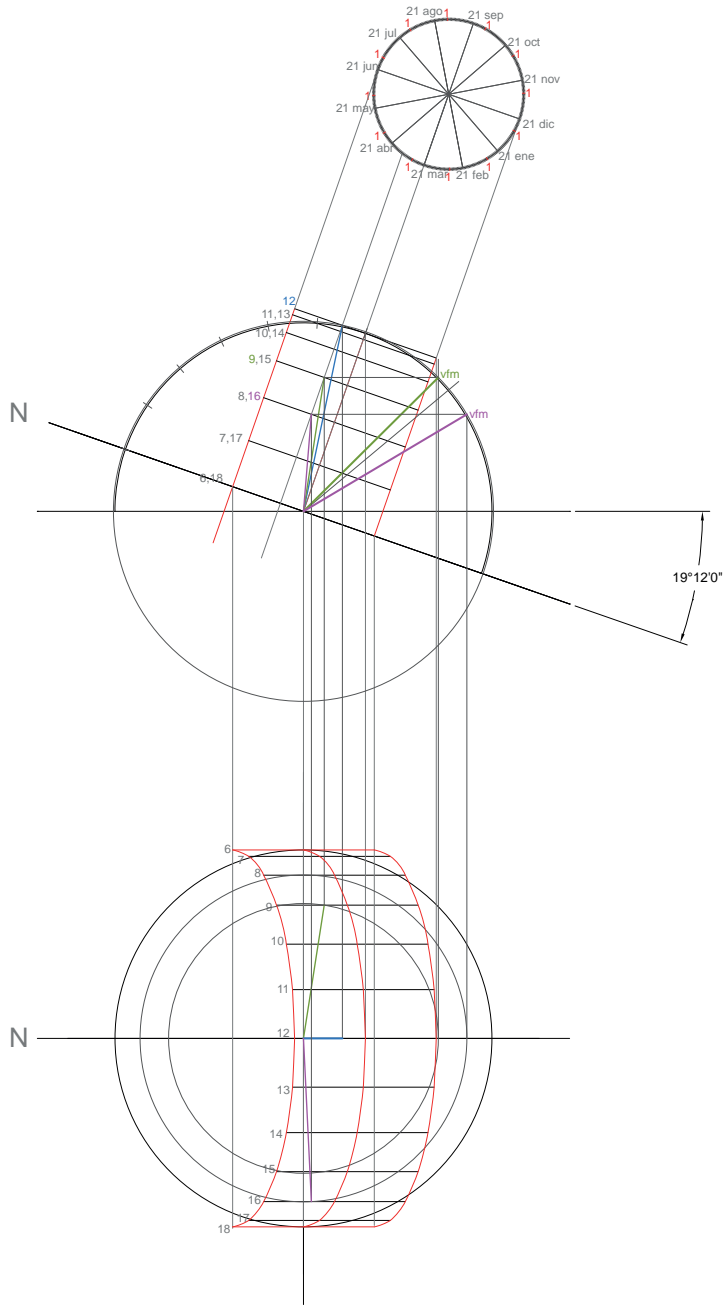
anexo cinco



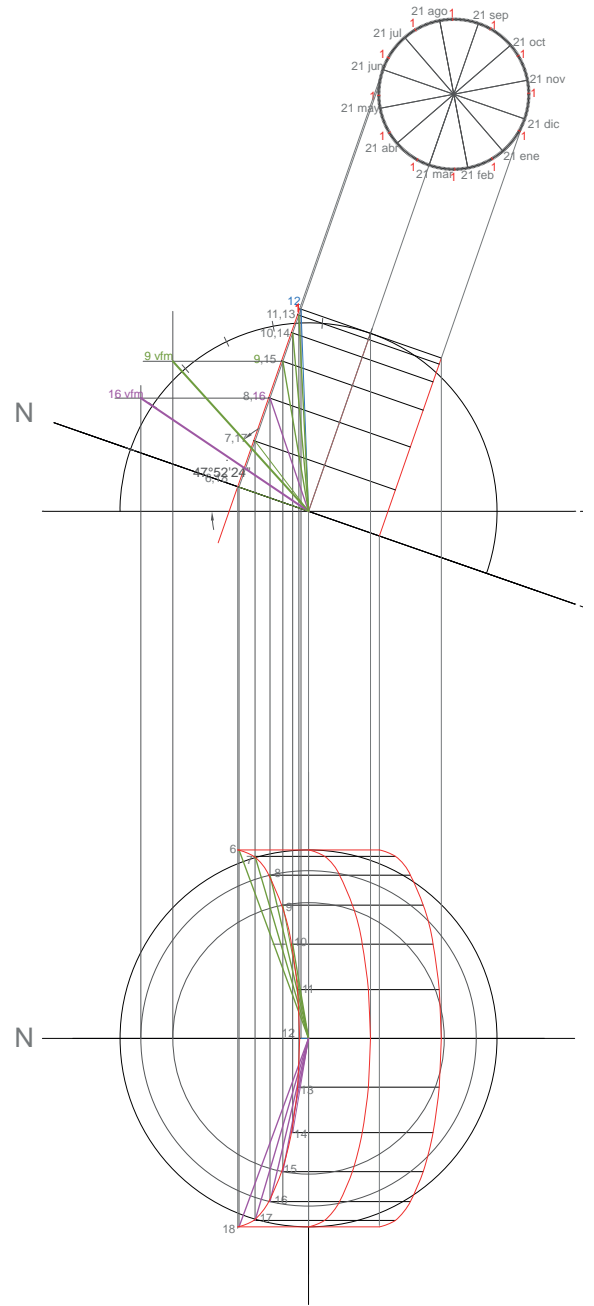
gráfica solar Veracruz, Veracruz
 lat. 19° 12' 00" N, lon. 96° 07' 59" O
 altitud de 10 msnm



gráfica solar Veracruz, Veracruz
 lat. 19° 12' 00" N, lon. 96° 07' 59" O
 altitud de 10 msnm



gráfica solar Veracruz, Veracruz
 lat. 19° 12' 00" N, lon. 96° 07' 59" O
 altitud de 10 msnm



gráfica solar Veracruz, Veracruz
 lat. 19° 12' 00" N, lon. 96° 07' 59" O
 altitud de 10 msnm

anexo seis

cálculo térmico local 9, 1 de enero

objeto de estudio

datos generales

inmueble	Fuerte de San Juan de Ulua, Local Casa del Gobernador						
sitio	Veracruz, Veracruz						
latitud	19.23	N	longitud	96.12	O	altitud	12 msnm

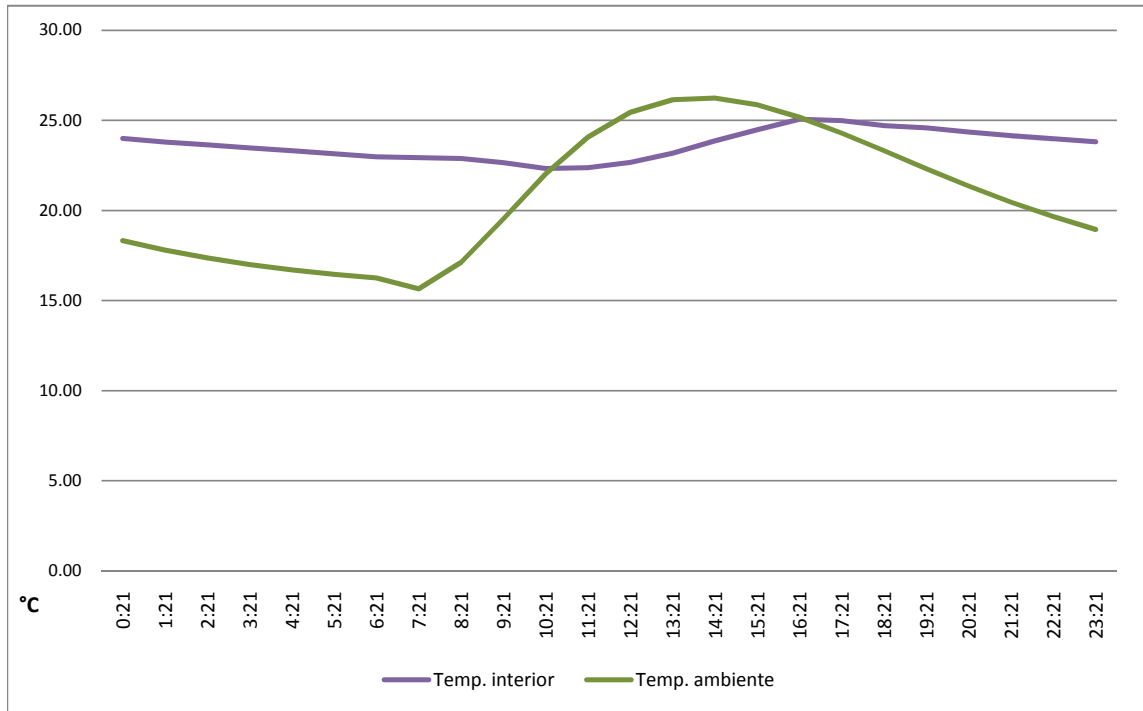
datos para cálculo

día diseño	01-ene-10	temperatura ambiente inicio	18.33
hora inicio	0:00:00	temperatura interior inicio	24.00
est. Met.		temperatura confort max min	26.58 21.58

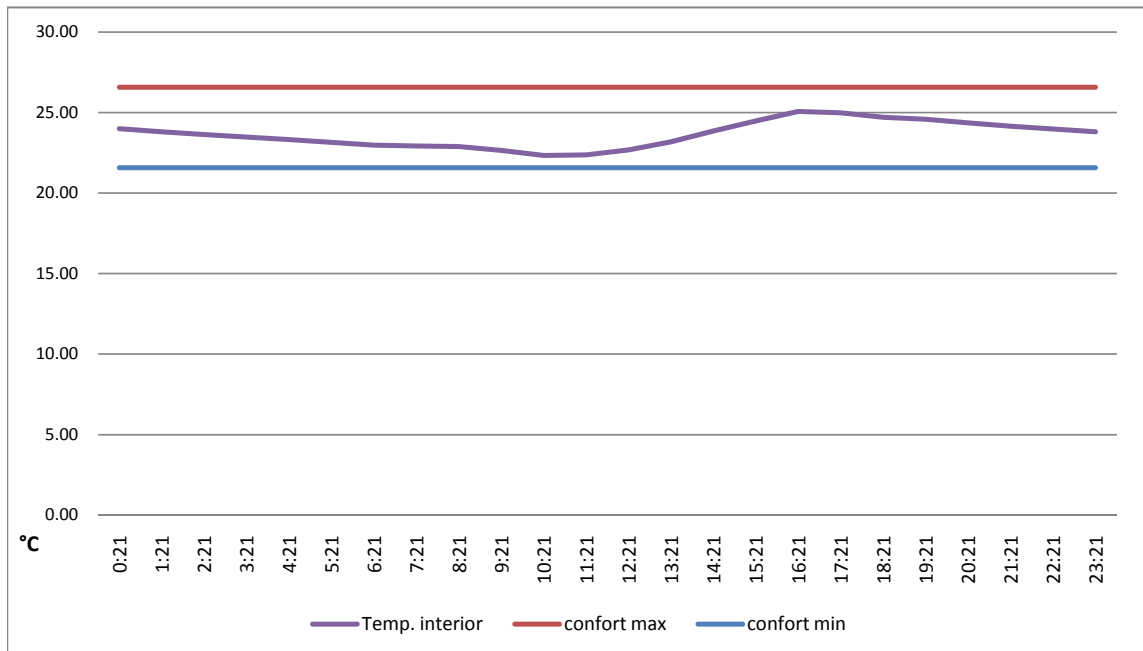
calculo térmico

Hora TSV	hora local	temp. exterior	temp. interior	ganancia/ pérdida	temp. confort máx	temp. confort mín
0:00:00	0:21	18.33	24.00	5.67	2.58	2.42
1:00:00	1:21	17.81	23.80	5.99	2.78	2.22
2:00:00	2:21	17.37	23.64	6.27	2.94	2.06
3:00:00	3:21	17.00	23.48	6.48	3.10	1.90
4:00:00	4:21	16.70	23.32	6.62	3.26	1.74
5:00:00	5:21	16.46	23.15	6.70	3.42	1.58
6:00:00	6:21	16.26	22.98	6.72	3.60	1.40
7:00:00	7:21	15.65	22.93	7.28	3.65	1.35
8:00:00	8:21	17.12	22.88	5.76	3.69	1.31
9:00:00	9:21	19.53	22.65	3.12	3.93	1.07
10:00:00	10:21	22.03	22.33	0.30	4.25	0.75
11:00:00	11:21	24.08	22.37	-1.71	4.21	0.79
12:00:00	12:21	25.46	22.68	-2.78	3.90	1.10
13:00:00	13:21	26.15	23.18	-2.97	3.40	1.60
14:00:00	14:21	26.24	23.86	-2.38	2.71	2.29
15:00:00	15:21	25.87	24.48	-1.39	2.10	2.90
16:00:00	16:21	25.18	25.06	-0.12	1.52	3.48
17:00:00	17:21	24.29	24.99	0.70	1.59	3.41
18:00:00	18:21	23.31	24.71	1.40	1.87	3.13
19:00:00	19:21	22.31	24.59	2.27	1.99	3.01
20:00:00	20:21	21.35	24.36	3.01	2.22	2.78
21:00:00	21:21	20.46	24.15	3.70	2.42	2.58
22:00:00	22:21	19.65	23.98	4.33	2.60	2.40
23:00:00	23:21	18.94	23.81	4.87	2.77	2.23

Gráfica temperatura ambiente y temperatura interior



Gráfica temperatura interior y temperatura confort



capacitancia

Cantidad de almacenamiento térmico de los materiales

fórmulas

$$\text{masa} = (\text{volumen})(\text{peso volumetrico})$$

Kg

$$\text{capacitancia} = (\text{masa})(\text{calor espeffico})$$

Kj/°K

Cálculo de la capacitancia del edificio

	material	dimensiones			cant	vol m ³	peso Kg/m ³	masa Kg	calor esp. Kj/Kg °C	capacitancia Kj/ °C
		esp	largo	ancho						
me. muros exteriores										
1	ladrillo de barro	0.62	25.8	5.16	1	82.54	2,147.00	177,212.01	0.840	148,858.08
2	aplanado de cal	0.03	25.8	5.16	2	7.99	800.00	6,390.14	0.872	5,572.21
3						0.00		0.00		0.00
mi muros interiores										
1						0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
2						0.00		0.00		0.00
3						0.00		0.00		0.00
v. ventanas										
1	vidrio claro	0.005	1.7	1.25	2	0.02	2,500.00	53.13	0.800	42.50
2	madera	0.08	1.2	1.25	2	0.23	700.00	157.50	0.150	23.63
3						0.00		0.00		0.00
a losa azotea										
1	tejamanil	0.02	12.3	5.21	1	1.22	700.00	852.30	0.150	127.85
2	concreto armado	0.12	12.3	5.21	1	7.66	2,400.00	18,380.88	1.004	18,454.40
3	aislante térmico	0.05	12.3	5.21	1	3.20	25.63	82.12	0.200	16.42
4	viga de madera	0.06	12.3	5.21	1	3.83	9.60	36.76	0.115	4.23
5	entortado	0.08	12.3	5.21	1	5.11	1,800.00	9,190.44	1.004	9,227.20
6	enladrillado	0.02	12.3	5.21	1	1.28	2,147.00	2,740.54	0.840	2,302.05
									Σ=	184,628.57 Kj/ °C
									Σ=	51,285.71 W/°C

Calor total

Calor total

fórmula Qload= Qcond + Qshg + Qvent + Qinf + Qmet + Qlight W

hora TSV	Hora local	Qcond	Qshg	Qvent	Qinf	Qmet	Qlight	Qload
0:00:00	0:21	-7,670.6	0.0	0.0	-2,749.6	0.0	0.0	-10,420.2 w
1:00:00	1:21	-7,712.3	0.0	0.0	-464.1	0.0	0.0	-8,176.4 w
2:00:00	2:21	-7,749.3	0.0	0.0	-428.0	0.0	0.0	-8,177.3 w
3:00:00	3:21	-7,775.5	0.0	0.0	-517.3	0.0	0.0	-8,292.8 w
4:00:00	4:21	-7,792.0	0.0	0.0	-519.8	0.0	0.0	-8,311.8 w
5:00:00	5:21	-7,800.4	0.0	0.0	-1,129.5	0.0	0.0	-8,930.0 w
6:00:00	6:21	-1,016.2	0.0	0.0	-1,565.3	0.0	0.0	-2,581.5 w
7:00:00	7:21	-837.1	229.5	0.0	-1,727.2	0.0	0.0	-2,334.8 w
8:00:00	8:21	-333.1	101.6	-11,481.1	-1,917.2	240.0	1,500.0	-11,889.8 w
9:00:00	9:21	266.1	507.0	-14,267.7	-5,259.3	600.0	1,500.0	-16,653.9 w
10:00:00	10:21	887.3	419.7	-738.3	-730.7	960.0	1,500.0	2,298.0 w
11:00:00	11:21	1,121.4	0.0	17,786.1	-6,329.0	1,440.0	1,500.0	15,518.5 w
12:00:00	12:21	1,186.6	0.0	29,914.7	-8,338.1	1,800.0	1,500.0	26,063.2 w
13:00:00	13:21	1,154.1	0.0	37,766.5	-7,290.7	1,800.0	1,500.0	34,929.9 w
14:00:00	14:21	1,119.1	91.6	34,529.4	-7,503.7	1,800.0	1,500.0	31,536.4 w
15:00:00	15:21	893.4	193.9	33,412.3	-7,564.0	1,440.0	1,500.0	29,875.6 w
16:00:00	16:21	519.7	190.8	581.3	-7,714.3	1,200.0	1,500.0	-3,722.5 w
17:00:00	17:21	184.1	123.9	-9,063.9	-7,772.3	600.0	1,500.0	-14,428.3 w
18:00:00	18:21	-173.9	0.0	0.0	-6,276.2	240.0	0.0	-6,210.2 w
19:00:00	19:21	-7,190.7	0.0	0.0	-4,617.2	0.0	0.0	-11,807.9 w
20:00:00	20:21	-7,291.7	0.0	0.0	-3,046.0	0.0	0.0	-10,337.7 w
21:00:00	21:21	-7,387.5	0.0	0.0	-1,512.2	0.0	0.0	-8,899.8 w
22:00:00	22:21	-7,475.3	0.0	0.0	-1,157.2	0.0	0.0	-8,632.5 w
23:00:00	23:21	-7,550.0	0.0	0.0	-591.7	0.0	0.0	-8,141.7 w

Cálculo de flujo de calor por conducción

fórmula

$$Q_{\text{cond}} = (U) (A) [(t_s/a-t_{int})] \quad \text{W/hr}$$

áreas (A)	techo	63.82	muros	norte	0	este	27.04	sur	63.21	oeste	26.83	m ²
ventanas	norte	0	este	3.42	sur	0	oeste	4.09	m ²			
hora TSV	Hora local	Techo	Muros				Ventana				Total	
			norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:21	-6,847.08	0.00	-128.48	-402.05	-118.62	0.00	-79.40	0.00	-94.95	-7670.60	w/hr
1:00:00	1:21	-6,842.40	0.00	-135.72	-424.71	-125.31	0.00	-83.87	0.00	-100.30	-7712.32	w/hr
2:00:00	2:21	-6,838.73	0.00	-142.07	-444.56	-131.17	0.00	-87.79	0.00	-104.99	-7749.31	w/hr
3:00:00	3:21	-6,835.05	0.00	-146.73	-459.16	-135.47	0.00	-90.68	0.00	-108.44	-7775.54	w/hr
4:00:00	4:21	-6,831.33	0.00	-149.89	-469.02	-138.38	0.00	-92.63	0.00	-110.77	-7792.02	w/hr
5:00:00	5:21	-6,827.59	0.00	-151.78	-474.95	-140.13	0.00	-93.80	0.00	-112.17	-7800.42	w/hr
6:00:00	6:21	-39.75	0.00	-152.34	-476.71	-140.65	0.00	-94.14	0.00	-112.59	-1016.19	w/hr
7:00:00	7:21	74.66	0.00	-34.45	-516.25	-152.32	0.00	-86.83	0.00	-121.92	-837.10	w/hr
8:00:00	8:21	210.29	0.00	93.07	-364.59	-120.56	0.00	-54.78	0.00	-96.50	-333.08	w/hr
9:00:00	9:21	294.13	0.00	165.23	-59.52	-65.23	0.00	-16.33	0.00	-52.22	266.05	w/hr
10:00:00	10:21	377.19	0.00	210.72	289.58	-6.22	0.00	21.04	0.00	-4.98	887.34	w/hr
11:00:00	11:21	357.31	0.00	171.46	489.06	35.71	0.00	39.29	0.00	28.58	1121.41	w/hr
12:00:00	12:21	327.08	0.00	128.86	579.26	58.23	0.00	46.60	0.00	46.61	1186.63	w/hr
13:00:00	13:21	304.88	0.00	84.07	609.96	62.03	0.00	43.48	0.00	49.66	1154.08	w/hr
14:00:00	14:21	290.69	0.00	53.85	608.48	71.49	0.00	33.28	0.00	61.37	1119.15	w/hr
15:00:00	15:21	229.87	0.00	31.53	473.66	72.52	0.00	19.48	0.00	66.31	893.37	w/hr
16:00:00	16:21	155.48	0.00	2.67	267.06	46.86	0.00	1.65	0.00	45.95	519.66	w/hr
17:00:00	17:21	91.59	0.00	-15.78	85.42	15.01	0.00	-9.75	0.00	17.64	184.12	w/hr
18:00:00	18:21	28.78	0.00	-31.63	-98.97	-29.20	0.00	-19.54	0.00	-23.37	-173.93	w/hr
19:00:00	19:21	-6,860.60	0.00	-51.50	-161.15	-47.55	0.00	-31.82	0.00	-38.06	-7190.68	w/hr
20:00:00	20:21	-6,855.30	0.00	-68.09	-213.07	-62.87	0.00	-42.08	0.00	-50.32	-7291.73	w/hr
21:00:00	21:21	-6,850.65	0.00	-83.77	-262.12	-77.34	0.00	-51.77	0.00	-61.91	-7387.55	w/hr
22:00:00	22:21	-6,846.65	0.00	-98.08	-306.91	-90.55	0.00	-60.61	0.00	-72.49	-7475.30	w/hr
23:00:00	23:21	-6,842.78	0.00	-110.34	-345.29	-101.88	0.00	-68.19	0.00	-81.55	-7550.02	w/hr
		2,741.96										

Coefficiente global de transferencia de calor (U)

fórmula

$$U = \frac{1}{\frac{1}{H_e} + \frac{EN}{KN} + \frac{1}{H_c} + \frac{EN}{KN} + \frac{1}{H_i}}$$

TECHO	HE Coef. convección aire exterior	17.03	HI Coef. convección aire interior	9.36	Hc Coef. convección aire interior /2 muros	0	w/hm ² C					
MURO	HE Coef. convección aire exterior	34.06	HI Coef. convección aire interior	9.36	Hc Coef. convección aire interior /2 muros	0	w/hm ² C					
VENTANA	HE Coef. convección aire exterior	34.06	HI Coef. convección aire interior	9.08	Hc Coef. convección aire interior /2 muros	0	w/hm ² C					
área	He	capa 1	capa 2	capa 3	capa 4	capa 5	capa 6	capa 7	Hc	Hi	Total	
techo	0.05872	0.001666667	0.0186916	0.16	0.09375	0.173913	0.3703704	1.7857143	0	0.1068376	0.36	w/m ² *K
Muro	0.02936	0.720930233	0.0344037							0.1068376	1.12	w/m ² *K
Ventana	0.02936	0.004761905	0.1							0.1101322	4.09	w/m ² *K

materiales

espesor

conductividad

1	muro exterior tabique de barro	0.620	0.860
2	ventana vidrio claro	0.005	1.050
3	losa impermeabilizante fester terracota	0.001	0.600
4	enladrillado	0.020	1.070
5	entortado concreto pobre	0.080	0.500
6	losa concreto	0.120	1.280
7	tejamanil	0.020	0.115
8	aplanado de cal	0.030	0.872
9	viga de madera	0.060	0.162
10	aislante termico	0.050	0.028
11	Lamina control solar (hüper optik)	0.005	0.050
12			

Cálculo de temperatura sol-aire

$$\text{fórmula} \quad T_s/a = T_{amb} + \frac{H_I * \alpha}{H_o} - \frac{DR * \epsilon}{H_o}$$

absortancia α	muro/techo	0.80	vidrio	0.15	emitancia ϵ	muro/techo	0.99	vidrio	0.99
----------------------	------------	------	--------	------	----------------------	------------	------	--------	------

hora TSV	Hora local	Techo	muros				ventana				altitud solar	
			norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:21	0.00	291.48	291.48	291.48	291.48	291.48	291.48	291.48	291.48	-86.2	0
1:00:00	1:21	0.00	290.96	290.96	290.96	290.96	290.96	290.96	290.96	290.96	-75.5	0
2:00:00	2:21	0.00	290.52	290.52	290.52	290.52	290.52	290.52	290.52	290.52	-61.8	0
3:00:00	3:21	0.00	290.15	290.15	290.15	290.15	290.15	290.15	290.15	290.15	-48.0	0
4:00:00	4:21	0.00	289.85	289.85	289.85	289.85	289.85	289.85	289.85	289.85	-34.3	0
5:00:00	5:21	0.00	289.61	289.61	289.61	289.61	289.61	289.61	289.61	289.61	-20.7	0
6:00:00	6:21	294.41	289.41	289.41	289.41	289.41	289.41	289.41	289.41	289.41	-7.4	1
7:00:00	7:21	299.32	288.80	294.56	288.80	288.80	288.80	289.88	288.80	288.80	5.5	1
8:00:00	8:21	305.16	290.27	300.14	290.89	290.27	290.27	292.12	290.39	290.27	17.8	1
9:00:00	9:21	308.57	292.68	303.09	294.96	292.68	292.68	294.64	293.11	292.68	29.0	1
10:00:00	10:21	311.85	295.18	304.78	299.56	295.18	295.18	296.98	296.00	295.18	38.5	1
11:00:00	11:21	311.03	297.23	303.09	302.42	297.23	297.23	298.33	298.20	297.23	45.2	1
12:00:00	12:21	310.02	298.61	301.51	304.00	298.61	298.61	299.15	299.62	298.61	47.7	1
13:00:00	13:21	309.56	299.30	300.04	304.94	299.30	299.30	299.44	300.36	299.30	45.2	1
14:00:00	14:21	309.63	299.39	299.39	305.60	300.43	299.39	299.39	300.55	300.68	38.6	1
15:00:00	15:21	307.61	299.02	299.02	304.31	301.10	299.02	299.02	300.01	301.59	29.0	1
16:00:00	16:21	304.96	298.33	298.33	301.98	300.45	298.33	298.33	299.01	300.96	17.8	1
17:00:00	17:21	302.11	297.44	297.44	299.34	298.86	297.44	297.44	297.80	299.19	5.5	1
18:00:00	18:21	299.11	296.46	296.46	296.46	296.46	296.46	296.46	296.46	296.46	-7.4	1
19:00:00	19:21	0.00	295.46	295.46	295.46	295.46	295.46	295.46	295.46	295.46	-20.7	0
20:00:00	20:21	0.00	294.50	294.50	294.50	294.50	294.50	294.50	294.50	294.50	-34.3	0
21:00:00	21:21	0.00	293.61	293.61	293.61	293.61	293.61	293.61	293.61	293.61	-48.0	0
22:00:00	22:21	0.00	292.80	292.80	292.80	292.80	292.80	292.80	292.80	292.80	-61.8	0
23:00:00	23:21	0.00	292.09	292.09	292.09	292.09	292.09	292.09	292.09	292.09	-75.5	0

Diferencia de radiación entre onda corta y larga (DR)

$$DR = \delta \frac{(1 + \cos SLP)}{2} (T_{sky}^4 - T_{amb}^4) - \frac{(1 - \cos SLP)}{2} (T_{surr}^4 - T_{amb}^4)$$

Coefficiente de convección + Coeficiente de radiación (HO)

$$HO = HW + HIR \quad HW = 32.7 + 13.7 * W \quad Hir = 4 \delta \epsilon T^3$$

hora TSV	Hora local	DR	Inclinación techo (SLP)	Tsky	Tsurr	HO muro /t	HO vidrio	HW	HIR	T	Tse
0:00:00	0:21	-86.42	0.00	274.69	301.48	19.94	19.94	12.89	7.05	315.54	24.06
1:00:00	1:21	-86.95	0.00	273.96	300.96	16.72	16.72	9.72	7.00	314.82	23.86
2:00:00	2:21	-87.38	0.00	273.34	300.52	16.58	16.58	9.61	6.96	314.22	23.70
3:00:00	3:21	-87.74	0.00	272.82	300.15	16.65	16.65	9.72	6.93	313.70	23.55
4:00:00	4:21	-88.02	0.00	272.40	299.85	16.62	16.62	9.72	6.90	313.24	23.39
5:00:00	5:21	-88.25	0.00	272.05	299.61	17.33	17.33	10.46	6.87	312.83	23.23
6:00:00	6:21	-88.43	0.00	271.77	299.41	17.83	17.83	10.99	6.85	312.46	23.05
7:00:00	7:21	-88.98	0.00	270.91	298.80	18.64	18.64	11.83	6.81	311.81	23.01
8:00:00	8:21	-87.62	0.00	272.99	300.27	19.26	19.26	12.36	6.90	313.22	22.95
9:00:00	9:21	-85.14	0.00	276.40	302.68	22.78	22.78	15.74	7.04	315.37	22.69
10:00:00	10:21	-82.22	0.00	279.94	305.18	25.57	25.57	18.39	7.19	317.51	22.33
11:00:00	11:21	-79.54	0.00	282.86	307.23	28.78	28.78	21.45	7.33	319.58	22.35
12:00:00	12:21	-77.59	0.00	284.83	308.61	33.86	33.86	26.42	7.44	321.25	22.65
13:00:00	13:21	-76.56	0.00	285.82	309.30	34.58	34.58	27.05	7.53	322.45	23.15
14:00:00	14:21	-76.42	0.00	285.95	309.39	34.42	34.42	26.84	7.58	323.23	23.84
15:00:00	15:21	-76.98	0.00	285.42	309.02	36.56	36.56	28.96	7.60	323.49	24.46
16:00:00	16:21	-77.99	0.00	284.44	308.33	35.17	35.17	27.58	7.59	323.39	25.06
17:00:00	17:21	-79.24	0.00	283.17	307.44	34.26	34.26	26.74	7.53	322.44	25.00
18:00:00	18:21	-80.57	0.00	281.77	306.46	30.16	30.16	22.72	7.44	321.18	24.72
19:00:00	19:21	-81.86	0.00	280.35	305.46	25.96	25.96	18.60	7.36	320.07	24.61
20:00:00	20:21	-83.05	0.00	278.98	304.50	21.65	21.65	14.37	7.28	318.89	24.39
21:00:00	21:21	-84.10	0.00	277.71	303.61	18.83	18.83	11.62	7.21	317.80	24.19
22:00:00	22:21	-85.01	0.00	276.57	302.80	17.91	17.91	10.77	7.14	316.83	24.03
23:00:00	23:21	-85.78	0.00	275.56	302.09	17.01	17.01	9.93	7.08	315.96	23.86

Cálculo de la temperatura de la superficie exterior (Tse)

hora TSV	Hora local	Tse muro	Tse techo
----------	------------	----------	-----------

Cálculo del calor que se transmite por conducción en el muro

hora TSV	Hora local	Q muro	Q techo
----------	------------	--------	---------

nora tsv	local	tsv techno	norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste	Q techno
0:00:00	0:21	24.06	#¡DIV/0!	24.19	24.19	24.19	0.00	150.24	402.05	144.64	130.67 -239.09
1:00:00	1:21	23.86	#¡DIV/0!	23.99	23.99	23.99	0.00	158.70	424.71	152.79	138.03 -239.09
2:00:00	2:21	23.70	#¡DIV/0!	23.84	23.84	23.84	0.00	166.12	444.56	159.93	144.48 -239.09
3:00:00	3:21	23.55	#¡DIV/0!	23.69	23.69	23.69	0.00	171.58	459.16	165.18	149.23 -239.09
4:00:00	4:21	23.39	#¡DIV/0!	23.53	23.53	23.53	0.00	175.26	469.02	168.73	152.43 -239.09
5:00:00	5:21	23.23	#¡DIV/0!	23.37	23.37	23.37	0.00	177.48	474.95	170.86	154.36 -239.09
6:00:00	6:21	23.05	#¡DIV/0!	23.20	23.20	23.20	0.00	178.14	476.71	171.50	154.93 -239.09
7:00:00	7:21	23.01	#¡DIV/0!	23.17	23.17	23.17	0.00	192.91	516.25	185.72	167.78 -239.09
8:00:00	8:21	22.95	#¡DIV/0!	23.07	23.07	23.07	0.00	152.69	408.62	147.00	132.80 -239.09
9:00:00	9:21	22.69	#¡DIV/0!	22.76	22.76	22.76	0.00	82.62	221.09	79.54	71.85 -239.09
10:00:00	10:21	22.33	#¡DIV/0!	22.34	22.34	22.34	0.00	7.87	21.07	7.58	6.85 -239.09
11:00:00	11:21	22.35	#¡DIV/0!	22.32	22.32	22.32	0.00	-45.22	-121.02	-43.54	-39.33 -239.09
12:00:00	12:21	22.65	#¡DIV/0!	22.58	22.58	22.58	0.00	-73.74	-197.35	-71.00	-64.14 -239.09
13:00:00	13:21	23.15	#¡DIV/0!	23.09	23.09	23.09	0.00	-78.57	-210.25	-75.64	-68.33 -239.09
14:00:00	14:21	23.84	#¡DIV/0!	23.79	23.79	23.79	0.00	-62.96	-168.50	-60.62	-54.76 -239.09
15:00:00	15:21	24.46	#¡DIV/0!	24.43	24.43	24.43	0.00	-36.87	-98.66	-35.49	-32.06 -239.09
16:00:00	16:21	25.06	#¡DIV/0!	25.06	25.06	25.06	0.00	-3.12	-8.34	-3.00	-2.71 -239.09
17:00:00	17:21	25.00	#¡DIV/0!	25.01	25.01	25.01	0.00	18.46	49.39	17.77	16.05 -239.09
18:00:00	18:21	24.72	#¡DIV/0!	24.75	24.75	24.75	0.00	36.98	98.97	35.60	32.16 -239.09
19:00:00	19:21	24.61	#¡DIV/0!	24.66	24.66	24.66	0.00	60.22	161.15	57.97	52.37 -239.09
20:00:00	20:21	24.39	#¡DIV/0!	24.46	24.46	24.46	0.00	79.62	213.07	76.65	69.25 -239.09
21:00:00	21:21	24.19	#¡DIV/0!	24.28	24.28	24.28	0.00	97.95	262.12	94.30	85.19 -239.09
22:00:00	22:21	24.03	#¡DIV/0!	24.12	24.12	24.12	0.00	114.69	306.91	110.41	99.75 -239.09
23:00:00	23:21	23.86	#¡DIV/0!	23.97	23.97	23.97	0.00	129.03	345.29	124.22	112.22 -239.09

Cálculo de flujo de calor por radiación solar directa

fórmula $Q_{shg} = AV * FC * HT$ w

area ventanas (AV)	norte	0	este	3.42	sur	0	oeste	4.09	m ²
--------------------	-------	---	------	------	-----	---	-------	------	----------------

hora TSV	Hora local	fracción radiación solar por la ventana (FC)				radiación solar directa (Qshg)				Total	
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
1:00:00	1:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
2:00:00	2:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
3:00:00	3:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
4:00:00	4:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
5:00:00	5:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
6:00:00	6:21	0.00	1.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
7:00:00	7:21	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	229.5	0.0	0.0	229.5	w/hr
8:00:00	8:21	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	101.6	0.0	0.0	101.6	w/hr
9:00:00	9:21	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	507.0	0.0	0.0	507.0	w/hr
10:00:00	10:21	0.00	0.40	0.00	0.00	0.0	419.7	0.0	0.0	419.7	w/hr
11:00:00	11:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
12:00:00	12:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
13:00:00	13:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
14:00:00	14:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	91.6	91.6	w/hr
15:00:00	15:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	193.9	193.9	w/hr
16:00:00	16:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	190.8	190.8	w/hr
17:00:00	17:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	123.9	123.9	w/hr
18:00:00	18:21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
19:00:00	19:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
20:00:00	20:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
21:00:00	21:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
22:00:00	22:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr
23:00:00	23:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	w/hr

hora TSV	Hora local	Radiación global total (HT)				Azimut				radiación solar (w/m ²)	
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
1:00:00	1:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
2:00:00	2:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
3:00:00	3:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
4:00:00	4:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
5:00:00	5:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
6:00:00	6:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	1.98	w/m ²
7:00:00	7:21	0.00	134.21	0.00	0.00	0	2.92	0	0	134.38	w/m ²
8:00:00	8:21	0.00	237.63	14.95	0.00	0	3.53	86.4	0	238.08	w/m ²
9:00:00	9:21	0.00	296.50	64.90	0.00	0	12.28	77.65	0	303.44	w/m ²
10:00:00	10:21	0.00	306.78	140.05	0.00	0	24.48	65.45	0	337.08	w/m ²
11:00:00	11:21	0.00	210.82	186.74	0.00	0	41.22	48.22	0	280.27	w/m ²
12:00:00	12:21	0.00	122.91	228.01	0.00	0	61.84	28.9	0	260.44	w/m ²
13:00:00	13:21	0.00	32.20	243.69	0.00	0	82.47	7.38	0	245.72	w/m ²
14:00:00	14:21	0.00	0.00	267.02	44.79	0	0	9.25	80.47	270.54	w/m ²
15:00:00	15:21	0.00	0.00	241.68	94.83	0	0	21.45	68.58	259.67	w/m ²
16:00:00	16:21	0.00	0.00	160.44	93.32	0	0	30.22	59.83	185.68	w/m ²
17:00:00	17:21	0.00	0.00	81.44	60.56	0	0	36.67	53.38	101.53	w/m ²
18:00:00	18:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
19:00:00	19:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
20:00:00	20:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
21:00:00	21:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
22:00:00	22:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
23:00:00	23:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²

Cálculo de flujo de calor por infiltración

fórmula $Q_{Inf_s} = 0.278 * \text{camb} * \text{vol} * P * C_{pa} * (T_{amb} - T_{int})$ $Q_{Inf_L} = 0.278 * \text{camb} * \text{vol} * P * H_{pva} * (W_{amb} - W_{int})$	C _{pa} =	1.0065	P =	1.180
	H _{vap} =	2,468	cambios=	1.5

volumen	329.324	ancho	5.21	largo	12.25	alto	5.16
---------	---------	-------	------	-------	-------	------	------

hora TSV	Hora local	cambios	volumen	densidad aire (P)	Q _{InfS}	Q _{InfL}	Total
0:00:00	0:21	1.00	329.3	1.180	-616.6	-2,133.0	-2,749.6 w/hr
1:00:00	1:21	0.17	329.3	1.180	-108.6	-355.5	-464.1 w/hr
2:00:00	2:21	0.14	329.3	1.180	-94.7	-333.3	-428.0 w/hr
3:00:00	3:21	0.17	329.3	1.180	-117.4	-399.9	-517.3 w/hr
4:00:00	4:21	0.17	329.3	1.180	-119.9	-399.9	-519.8 w/hr
5:00:00	5:21	0.36	329.3	1.180	-263.0	-866.5	-1,129.5 w/hr
6:00:00	6:21	0.50	329.3	1.180	-365.5	-1,199.8	-1,565.3 w/hr
7:00:00	7:21	0.72	329.3	1.180	-571.8	-1,155.4	-1,727.2 w/hr
8:00:00	8:21	0.86	329.3	1.180	-539.6	-1,377.5	-1,917.2 w/hr
9:00:00	9:21	1.75	329.3	1.180	-593.4	-4,665.9	-5,259.3 w/hr
10:00:00	10:21	2.44	329.3	1.180	-79.0	-651.7	-730.7 w/hr
11:00:00	11:21	3.25	329.3	1.180	603.2	-6,932.2	-6,329.0 w/hr
12:00:00	12:21	4.56	329.3	1.180	1,378.7	-9,716.9	-8,338.1 w/hr
13:00:00	13:21	4.72	329.3	1.180	1,522.6	-8,813.3	-7,290.7 w/hr
14:00:00	14:21	4.67	329.3	1.180	1,205.9	-8,709.6	-7,503.7 w/hr
15:00:00	15:21	5.22	329.3	1.180	790.2	-8,354.1	-7,564.0 w/hr
16:00:00	16:21	4.86	329.3	1.180	62.2	-7,776.5	-7,714.3 w/hr
17:00:00	17:21	4.64	329.3	1.180	-351.4	-7,421.0	-7,772.3 w/hr
18:00:00	18:21	3.58	329.3	1.180	-543.9	-5,732.4	-6,276.2 w/hr
19:00:00	19:21	2.50	329.3	1.180	-617.9	-3,999.3	-4,617.2 w/hr
20:00:00	20:21	1.39	329.3	1.180	-453.9	-2,592.2	-3,046.0 w/hr
21:00:00	21:21	0.67	329.3	1.180	-268.0	-1,244.2	-1,512.2 w/hr
22:00:00	22:21	0.44	329.3	1.180	-209.2	-948.0	-1,157.2 w/hr
23:00:00	23:21	0.22	329.3	1.180	-117.7	-474.0	-591.7 w/hr

Cálculo de flujo de calor por ventilación

fórmula	$Q_{Vent_s} = 0.278 * P * C_{pa} * G$ (Tamb-Tint) w	Cpa = 1.0065 KJ/Kg°C	P = 1.180 Kg/m ³
	$Q_{Vent_l} = 0.278 * P * H_{vap} * G$ (Wamb-Wint) w	Hvap = 2,468 KJ/Kg°C	G = variable

hora TSV	Hora local	ventilación sensible (QVentS)				ventilación latente (QVentL)				Total
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste	
0:00:00	0:21	0.0	-5,762.9	0.0	0.0	0.0	-12,459.8	0.0	0.0	-18,222.7 w/hr
1:00:00	1:21	0.0	-1,014.6	0.0	0.0	0.0	-1,246.0	0.0	0.0	-2,260.6 w/hr
2:00:00	2:21	0.0	-885.0	0.0	0.0	0.0	-1,384.4	0.0	0.0	-2,269.5 w/hr
3:00:00	3:21	0.0	-1,096.9	0.0	0.0	0.0	-1,246.0	0.0	0.0	-2,342.9 w/hr
4:00:00	4:21	0.0	-1,120.5	0.0	0.0	0.0	-1,246.0	0.0	0.0	-2,366.5 w/hr
5:00:00	5:21	0.0	-2,458.4	0.0	0.0	0.0	-2,699.6	0.0	0.0	-5,158.0 w/hr
6:00:00	6:21	0.0	-249.7	0.0	0.0	0.0	-819.7	0.0	0.0	-1,069.5 w/hr
7:00:00	7:21	0.0	-5,344.3	0.0	0.0	0.0	-12,598.2	0.0	0.0	-17,942.5 w/hr
8:00:00	8:21	0.0	-5,043.5	0.0	0.0	0.0	-6,437.6	0.0	0.0	-11,481.1 w/hr
9:00:00	9:21	0.0	-5,545.9	0.0	0.0	0.0	-8,721.9	0.0	0.0	-14,267.7 w/hr
10:00:00	10:21	0.0	-738.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-738.3 w/hr
11:00:00	11:21	0.0	5,637.8	0.0	0.0	0.0	12,148.3	0.0	0.0	17,786.1 w/hr
12:00:00	12:21	0.0	12,886.3	0.0	0.0	0.0	17,028.4	0.0	0.0	29,914.7 w/hr
13:00:00	13:21	0.0	14,231.3	0.0	0.0	0.0	23,535.2	0.0	0.0	37,766.5 w/hr
14:00:00	14:21	0.0	11,271.1	0.0	0.0	0.0	23,258.3	0.0	0.0	34,529.4 w/hr
15:00:00	15:21	0.0	7,385.2	0.0	0.0	0.0	26,027.1	0.0	0.0	33,412.3 w/hr
16:00:00	16:21	0.0	581.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	581.3 w/hr
17:00:00	17:21	0.0	-3,284.0	0.0	0.0	0.0	-5,780.0	0.0	0.0	-9,063.9 w/hr
18:00:00	18:21	0.0	-5,083.2	0.0	0.0	0.0	-8,929.5	0.0	0.0	-14,012.7 w/hr
19:00:00	19:21	0.0	-5,774.7	0.0	0.0	0.0	-9,344.8	0.0	0.0	-15,119.5 w/hr
20:00:00	20:21	0.0	-4,241.9	0.0	0.0	0.0	-8,652.6	0.0	0.0	-12,894.5 w/hr
21:00:00	21:21	0.0	-2,504.8	0.0	0.0	0.0	-4,153.3	0.0	0.0	-6,658.0 w/hr
22:00:00	22:21	0.0	-1,955.2	0.0	0.0	0.0	-3,876.4	0.0	0.0	-5,831.6 w/hr
23:00:00	23:21	0.0	-1,099.8	0.0	0.0	0.0	-1,938.2	0.0	0.0	-3,038.0 w/hr

Cálculo del flujo de aire (G)

fórmula	$G = (C_v) (A) (V)$ m ³ /hr	CV= 0.65 - 0.25 0.35 - 0.25	90° dif. a 90°	A= norte este sur oeste 0 3.42 0 4.09
----------------	--	--------------------------------	-------------------	--

hora TSV	Hora local	Flujo de aire (G)				eficiencia de la ventila (cv)				velocidad viento (V)	
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:21	0	0.855	0	1.0225	0	0.25	0.25	0.25	1.00	m/s
1:00:00	1:21	0	0.1425	0	0.1704167	0	0.25	0.25	0.25	0.17	m/s
2:00:00	2:21	0	0.11875	0	0.1420139	0	0.25	0.25	0.25	0.14	m/s
3:00:00	3:21	0	0.1425	0	0.1704167	0	0.25	0.25	0.25	0.17	m/s
4:00:00	4:21	0	0.1425	0	0.1704167	0	0.25	0.25	0.25	0.17	m/s
5:00:00	5:21	0	0.30875	0	0.3692361	0	0.25	0.25	0.25	0.36	m/s
6:00:00	6:21	0	0.03125	0	0.51125	0	0.25	0.25	0.25	0.50	m/s
7:00:00	7:21	0	0.6175	0	0.7384722	0	0.25	0.25	0.25	0.72	m/s
8:00:00	8:21	0	0.73625	0	0.8804861	0	0.25	0.25	0.25	0.86	m/s
9:00:00	9:21	0	1.49625	0	1.789375	0	0.25	0.25	0.25	1.75	m/s
10:00:00	10:21	0	2.09	0	2.4994444	0	0.25	0.25	0.25	2.44	m/s
11:00:00	11:21	0	2.77875	0	3.323125	0	0.25	0.25	0.25	3.25	m/s
12:00:00	12:21	0	3.895	0	4.6580556	0	0.25	0.25	0.25	4.56	m/s
13:00:00	13:21	0	4.0375	0	4.8284722	0	0.25	0.25	0.25	4.72	m/s
14:00:00	14:21	0	3.99	0	4.7716667	0	0.25	0.25	0.25	4.67	m/s
15:00:00	15:21	0	4.465	0	5.3397222	0	0.25	0.25	0.25	5.22	m/s
16:00:00	16:21	0	4.15625	0	4.9704861	0	0.25	0.25	0.25	4.86	m/s
17:00:00	17:21	0	3.96625	0	4.7432639	0	0.25	0.25	0.25	4.64	m/s
18:00:00	18:21	0	3.06375	0	3.6639583	0	0.25	0.25	0.25	3.58	m/s
19:00:00	19:21	0	2.1375	0	2.55625	0	0.25	0.25	0.25	2.50	m/s
20:00:00	20:21	0	1.1875	0	1.4201389	0	0.25	0.25	0.25	1.39	m/s
21:00:00	21:21	0	0.57	0	0.6816667	0	0.25	0.25	0.25	0.67	m/s
22:00:00	22:21	0	0.38	0	0.4544444	0	0.25	0.25	0.25	0.44	m/s
23:00:00	23:21	0	0.19	0	0.2272222	0	0.25	0.25	0.25	0.22	m/s

Cálculo de ganancia de calor por usuarios

fórmula	$Q_{mets} = (W / personas) (No. Personas)$	W
	$Q_{metL} = (W / personas) (No. Personas)$	W

actividad	oficina	w/pers. S	65	w/pers. L	55
Hora TSV	Hora Local	Num pers	Qmet S	Qmet L	Total
0:00:00	0:21	0	0	0	0 w
1:00:00	1:21	0	0	0	0 w
2:00:00	2:21	0	0	0	0 w
3:00:00	3:21	0	0	0	0 w
4:00:00	4:21	0	0	0	0 w
5:00:00	5:21	0	0	0	0 w
6:00:00	6:21	0	0	0	0 w
7:00:00	7:21	0	0	0	0 w
8:00:00	8:21	2	130	110	240 w
9:00:00	9:21	5	325	275	600 w
10:00:00	10:21	8	520	440	960 w
11:00:00	11:21	12	780	660	1440 w
12:00:00	12:21	15	975	825	1800 w
13:00:00	13:21	15	975	825	1800 w
14:00:00	14:21	15	975	825	1800 w
15:00:00	15:21	12	780	660	1440 w
16:00:00	16:21	10	650	550	1200 w
17:00:00	17:21	5	325	275	600 w
18:00:00	18:21	2	130	110	240 w
19:00:00	19:21		0	0	0 w
20:00:00	20:21		0	0	0 w
21:00:00	21:21		0	0	0 w
22:00:00	22:21		0	0	0 w
23:00:00	23:21		0	0	0 w

Cálculo de ganancia de calor por equipos electricos

fórmula	$Q_{l\text{igth}} = (\text{potencia}) (\text{No. aparatos})$	W
----------------	--	---

equipos	Potencia	Número	subtotal	
1 computadoras	300	1	300.00	w
2 proyector	200	1	200.00	w
3 lámparas	40	25	1,000.00	w
4				

total lote 1	1,500.00	w
---------------------	----------	---

Hora TSV	Hora Local	equipos	potencia	num lote	Total	
0:00:00	0:21		1,500.00	0	0.00	w
1:00:00	1:21		1,500.00	0	0.00	w
2:00:00	2:21		1,500.00	0	0.00	w
3:00:00	3:21		1,500.00	0	0.00	w
4:00:00	4:21		1,500.00	0	0.00	w
5:00:00	5:21		1,500.00	0	0.00	w
6:00:00	6:21		1,500.00	0	0.00	w
7:00:00	7:21	1,2,3	1,500.00	0	0.00	w
8:00:00	8:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
9:00:00	9:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
10:00:00	10:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
11:00:00	11:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
12:00:00	12:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
13:00:00	13:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
14:00:00	14:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
15:00:00	15:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
16:00:00	16:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
17:00:00	17:21	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
18:00:00	18:21		0	0	0.00	w
19:00:00	19:21		0	0	0.00	w
20:00:00	20:21		0	0	0.00	w
21:00:00	21:21		0	0	0.00	w
22:00:00	22:21		0	0	0.00	w
23:00:00	23:21		0	0	0.00	w

datos climatológicos

Lugar:	Veracruz, Veracruz	Latitud:	19.23 N	Fecha:	01-ene-10
Est. Met.	0	Longitud:	96.1 O	Día juliano	1

hora tsv	hora local	vientos dominantes		humedad		temperatura
		m/s	dirección	relativa (%)	específica	° C
0:00:00	0:21	1.00	N	88.0%	0.012	18.33
1:00:00	1:21	0.17	N	91.0%	0.012	17.81
2:00:00	2:21	0.14	N	91.0%	0.011	17.37
3:00:00	3:21	0.17	N	91.0%	0.011	17.00
4:00:00	4:21	0.17	N	91.0%	0.011	16.70
5:00:00	5:21	0.36	N	90.0%	0.011	16.46
6:00:00	6:21	0.50	N	89.0%	0.011	16.26
7:00:00	7:21	0.72	N	82.0%	0.009	15.65
8:00:00	8:21	0.86	N	77.0%	0.010	17.12
9:00:00	9:21	1.75	N	73.0%	0.010	19.53
10:00:00	10:21	2.44	N	68.0%	0.011	22.03
11:00:00	11:21	3.25	N	66.0%	0.012	24.08
12:00:00	12:21	4.56	N	63.0%	0.012	25.46
13:00:00	13:21	4.72	N	62.0%	0.013	26.15
14:00:00	14:21	4.67	N	61.0%	0.013	26.24
15:00:00	15:21	5.22	N	64.0%	0.014	25.87
16:00:00	16:21	4.86	N	71.0%	0.014	25.18
17:00:00	17:21	4.64	N	76.0%	0.014	24.29
18:00:00	18:21	3.58	N	79.0%	0.014	23.31
19:00:00	19:21	2.50	N	83.0%	0.014	22.31
20:00:00	20:21	1.39	N	84.0%	0.013	21.35
21:00:00	21:21	0.67	N	85.0%	0.013	20.46
22:00:00	22:21	0.44	N	87.0%	0.012	19.65
23:00:00	23:21	0.22	N	89.0%	0.012	18.94

radiación solar global

Localidad Veracruz, Veracruz						
Latitud:	19.23	GRADOS	Fecha	01-ene-10		
	Longitud:	96.12		GRADOS	Día juliano	1
		<small>Meridiano de referencia</small>		90.00		GRADOS
DECLINACION	-23.07		TIEMPO SOLAR VERDADERO	12.0000	12:00:00	
ECUACION DEL TIEMPO	-3.12		AJUSTE EN MINUTOS	21	0.00	
DISTANCIA MEDIA	1.03		HORA LOCAL	12:21		
AZIMUT	180.0		AMANECER	06:30:18	TSV	
VERTICAL	90.0		ATARDECER	17:29:42	TSV	

tiempo		posición solar (grados)		radiación solar (w/m ²)		
hora TSV	hora local	altitud	azimut	irradiación	I vertical	I horizontal
0:00:00	0:21	-86.16	179.79	0.00	0.0	0.00
1:00:00	1:21	-75.52	107.99	0.00	0.0	0.00
2:00:00	2:21	-61.82	103.16	0.00	0.0	0.00
3:00:00	3:21	-48.03	103.46	0.00	0.0	0.00
4:00:00	4:21	-34.31	105.33	0.00	0.0	0.00
5:00:00	5:21	-20.74	108.16	0.00	0.0	0.00
6:00:00	6:21	-7.43	111.90	2.00	2.0	2.00
7:00:00	7:21	5.48	116.77	135.00	134.4	135.00
8:00:00	8:21	17.76	123.20	250.00	238.1	250.00
9:00:00	9:21	29.02	131.91	347.00	303.4	347.00
10:00:00	10:21	38.55	143.95	431.00	337.1	431.00
11:00:00	11:21	45.24	160.22	398.00	280.3	398.00
12:00:00	12:21	47.70	179.98	387.00	260.4	387.00
13:00:00	13:21	45.24	160.25	349.00	245.7	349.00
14:00:00	14:21	38.56	143.98	346.00	270.5	346.00
15:00:00	15:21	29.04	131.93	297.00	259.7	297.00
16:00:00	16:21	17.79	123.21	195.00	185.7	195.00
17:00:00	17:21	5.51	116.78	102.00	101.5	102.00
18:00:00	18:21	-7.40	111.91	0.00	0.0	0.00
19:00:00	19:21	-20.71	108.16	0.00	0.0	0.00
20:00:00	20:21	-34.28	105.33	0.00	0.0	0.00
21:00:00	21:21	-48.00	103.46	0.00	0.0	0.00
22:00:00	22:21	-61.79	103.15	0.00	0.0	0.00
23:00:00	23:21	-75.49	107.96	0.00	0.0	0.00

anexo siete

cálculo térmico local 9, 10 de mayo

objeto de estudio

datos generales

inmueble	Fuerte de San Juan de Ulua, Local Casa del Gobernador						
sitio	Veracruz, Veracruz						
latitud	19.23	N	longitud	96.12	O	altitud	12 msnm

datos para cálculo

día diseño	10-may-10	temperatura ambiente inicio	24.83
hora inicio	0:00:00	temperatura interior inicio	27.00
est. Met.		temperatura confort max min	28.84 23.84

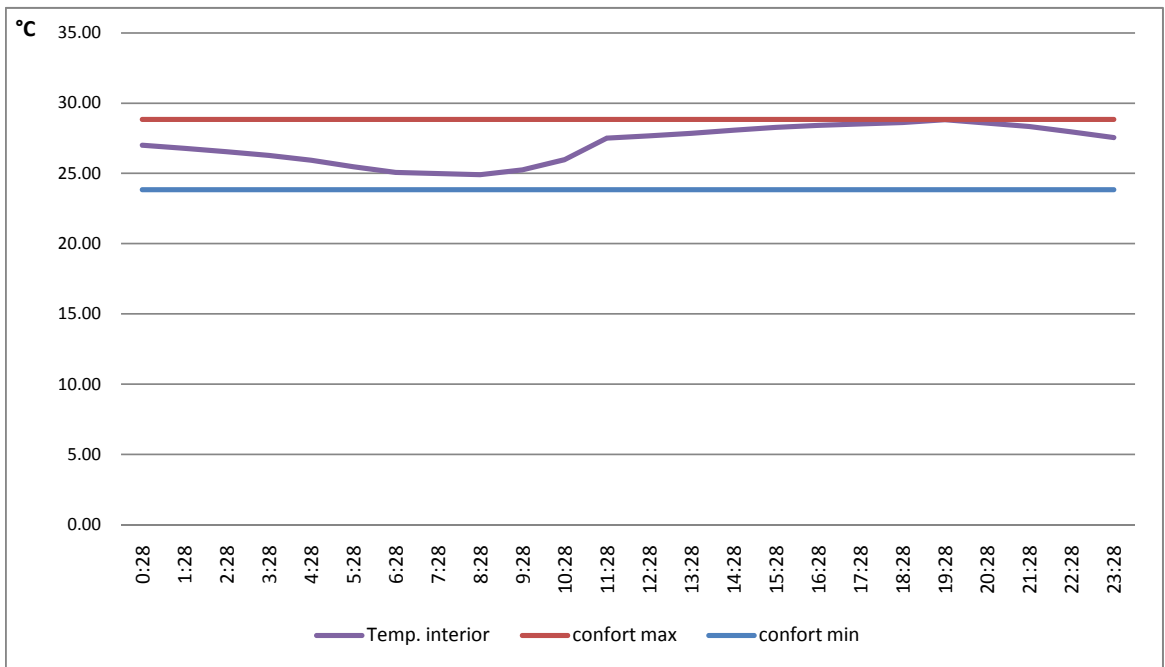
calculo térmico

Hora TSV	hora local	temp. exterior	temp. interior	ganancia/pérdida	temp. confort máx	temp. confort mín
0:00:00	0:28	24.83	27.00	2.17	1.84	3.16
1:00:00	1:28	24.35	26.78	2.43	2.06	2.94
2:00:00	2:28	23.95	26.54	2.59	2.30	2.70
3:00:00	3:28	23.62	26.29	2.67	2.55	2.45
4:00:00	4:28	23.35	25.93	2.58	2.91	2.09
5:00:00	5:28	23.13	25.47	2.33	3.38	1.62
6:00:00	6:28	22.44	25.08	2.64	3.76	1.24
7:00:00	7:28	24.01	24.99	0.98	3.85	1.15
8:00:00	8:28	26.64	24.91	-1.72	3.93	1.07
9:00:00	9:28	29.37	25.24	-4.13	3.60	1.40
10:00:00	10:28	31.63	25.97	-5.65	2.87	2.13
11:00:00	11:28	33.15	27.51	-5.64	1.33	3.67
12:00:00	12:28	33.92	27.67	-6.26	1.17	3.83
13:00:00	13:28	34.04	27.86	-6.18	0.98	4.02
14:00:00	14:28	33.65	28.07	-5.57	0.77	4.23
15:00:00	15:28	32.90	28.27	-4.62	0.57	4.43
16:00:00	16:28	31.93	28.41	-3.52	0.43	4.57
17:00:00	17:28	30.86	28.52	-2.35	0.32	4.68
18:00:00	18:28	29.77	28.62	-1.16	0.23	4.77
19:00:00	19:28	28.72	28.82	0.10	0.02	4.98
20:00:00	20:28	27.74	28.59	0.85	0.25	4.75
21:00:00	21:28	26.86	28.33	1.48	0.51	4.49
22:00:00	22:28	26.08	27.96	1.88	0.88	4.12
23:00:00	23:28	25.41	27.55	2.14	1.30	3.70

Gráfica temperatura ambiente y temperatura interior



Gráfica temperatura interior y temperatura confort



capacitancia

Cantidad de almacenamiento térmico de los materiales

fórmulas	masa = (volumen)(peso volumetrico)	Kg
	capacitancia= (masa)(calor espezifico)	Kj/°K

Cálculo de la capacitancia del edificio

	material	dimensiones			cant	vol m ³	peso Kg/m ³	masa Kg	calor esp. Kj/Kg °C	capacitancia Kj/ °C
		esp	largo	ancho						
me. muros exteriores										
1	ladrillo de barro	0.62	25.8	5.16	1	82.54	2,147.00	177,212.01	0.840	148,858.08
2	aplanado de cal	0.03	25.8	5.16	2	7.99	800.00	6,390.14	0.872	5,572.21
3						0.00		0.00		0.00
mi muros interiores										
1						0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
2						0.00		0.00		0.00
3						0.00		0.00		0.00
v. ventanas										
1	vidrio claro	0.005	1.7	1.25	2	0.02	2,500.00	53.13	0.800	42.50
2	madera	0.08	1.2	1.25	2	0.23	700.00	157.50	0.150	23.63
3						0.00		0.00		0.00
a losa azotea										
1	tejamanil	0.02	12.3	5.21	1	1.22	700.00	852.30	0.150	127.85
2	concreto armado	0.12	12.3	5.21	1	7.66	2,400.00	18,380.88	1.004	18,454.40
3	aislante térmico	0.05	12.3	5.21	1	3.20	25.63	82.12	0.200	16.42
4	viga de madera	0.06	12.3	5.21	1	3.83	9.60	36.76	0.115	4.23
5	entortado	0.08	12.3	5.21	1	5.11	1,800.00	9,190.44	1.004	9,227.20
6	enladrillado	0.02	12.3	5.21	1	1.28	2,147.00	2,740.54	0.840	2,302.05
									Σ=	184,628.57 Kj/ °C
									Σ=	51,285.71 W/°C

Calor total

Calor total

fórmula Qload= Qcond + Qshg + Qvent + Qinf + Qmet + Qlight W

hora TSV	Hora local	Qcond	Qshg	Qvent	Qinf	Qmet	Qlight	Qload	
0:00:00	0:28	-7,230.8	0.0	-3,592.8	-251.1	0.0	0.0	-11,074.7	w
1:00:00	1:28	-7,264.5	0.0	-4,974.1	-398.9	0.0	0.0	-12,637.5	w
2:00:00	2:28	-7,281.3	0.0	-5,052.7	-407.3	0.0	0.0	-12,741.3	w
3:00:00	3:28	-7,287.5	0.0	-9,837.0	-1,052.5	0.0	0.0	-18,177.0	w
4:00:00	4:28	-7,267.0	0.0	-15,154.0	-1,621.4	0.0	0.0	-24,042.4	w
5:00:00	5:28	-7,219.9	0.0	-11,034.7	-1,580.6	0.0	0.0	-19,835.2	w
6:00:00	6:28	-302.4	101.7	-1,008.3	-3,395.4	0.0	0.0	-4,604.3	w
7:00:00	7:28	99.0	156.4	-4,029.8	-191.2	0.0	0.0	-3,965.6	w
8:00:00	8:28	819.1	96.2	13,470.8	908.0	240.0	1,500.0	17,034.2	w
9:00:00	9:28	1,311.0	440.9	32,568.9	1,031.7	600.0	1,500.0	37,452.6	w
10:00:00	10:28	1,521.0	293.0	64,382.1	10,206.4	960.0	1,500.0	78,862.4	w
11:00:00	11:28	1,531.1	0.0	0.0	3,566.7	1,440.0	1,500.0	8,037.7	w
12:00:00	12:28	1,524.3	23.3	0.0	4,988.4	1,800.0	1,500.0	9,835.9	w
13:00:00	13:28	1,759.4	357.6	0.0	5,502.4	1,800.0	1,500.0	10,919.4	w
14:00:00	14:28	1,762.3	568.6	0.0	4,683.3	1,800.0	1,500.0	10,314.2	w
15:00:00	15:28	1,399.3	492.1	0.0	2,066.7	1,440.0	1,500.0	6,898.1	w
16:00:00	16:28	978.1	322.1	0.0	1,575.3	1,200.0	1,500.0	5,575.4	w
17:00:00	17:28	591.5	154.9	0.0	2,144.5	600.0	1,500.0	4,990.9	w
18:00:00	18:28	286.6	36.3	11,411.1	-1,267.6	240.0	0.0	10,706.4	w
19:00:00	19:28	-6,973.5	0.0	-3,922.6	-1,192.9	0.0	0.0	-12,089.0	w
20:00:00	20:28	-7,075.9	0.0	-5,057.5	-861.1	0.0	0.0	-12,994.5	w
21:00:00	21:28	-7,161.4	0.0	-10,477.2	-1,387.6	0.0	0.0	-19,026.2	w
22:00:00	22:28	-7,212.0	0.0	-12,416.7	-1,808.4	0.0	0.0	-21,437.1	w
23:00:00	23:28	-7,239.4	0.0	-10,736.3	-1,548.6	0.0	0.0	-19,524.3	w

Cálculo de flujo de calor por conducción

fórmula

$$Q_{\text{cond}} = (U) (A) [(t_s/a-t_{\text{int}})] \quad \text{W/hr}$$

áreas (A)	techo	63.82	muros	norte	0	este	27.04	sur	63.21	oeste	26.83	m ²
ventanas	norte	0	este	este	3.42	sur	0	oeste	oeste	4.09	m ²	
hora TSV	Hora local	Techo	Muros				Ventana				Total	
			norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:28	-6,916.21	0	-49.08428	-153.5949	-45.31791	0	-30.332773	0	-36.275159	-7230.81	w/hr
1:00:00	1:28	-6,911.23	0	-55.12042	-172.4832	-50.89088	0	-34.062945	0	-40.736096	-7264.53	w/hr
2:00:00	2:28	-6,905.56	0	-58.62588	-183.4526	-54.12736	0	-36.229229	0	-43.326768	-7281.32	w/hr
3:00:00	3:28	-6,899.83	0	-60.48206	-189.2609	-55.84111	0	-37.376296	0	-44.698553	-7287.49	w/hr
4:00:00	4:28	-6,891.66	0	-58.56396	-183.2588	-54.07019	0	-36.190964	0	-43.281007	-7267.03	w/hr
5:00:00	5:28	-6,880.86	0	-52.89601	-165.5226	-48.83716	0	-32.688322	0	-39.092175	-7219.90	w/hr
6:00:00	6:28	54.66	0	-36.62406	-186.894	-55.14276	0	-34.232082	0	-44.139549	-302.37	w/hr
7:00:00	7:28	161.94	0	48.614435	-69.26468	-20.43642	0	-5.4810477	0	-16.358531	99.02	w/hr
8:00:00	8:28	382.13	0	206.36078	122.19458	36.053296	0	43.517996	0	28.859208	819.12	w/hr
9:00:00	9:28	509.27	0	275.07519	292.49647	86.300572	0	78.806064	0	69.080124	1311.02	w/hr
10:00:00	10:28	551.22	0	261.69144	400.62838	118.2047	0	94.605809	0	94.618094	1520.97	w/hr
11:00:00	11:28	633.55	0	198.15813	399.83141	117.96956	0	87.116326	0	94.429869	1531.06	w/hr
12:00:00	12:28	604.47	0	141.72582	443.48954	136.60008	0	87.582767	0	110.43584	1524.31	w/hr
13:00:00	13:28	595.56	0	140.00249	528.96957	217.48439	0	86.517798	0	190.85979	1759.40	w/hr
14:00:00	14:28	513.94	0	126.26469	554.78489	256.93129	0	78.028202	0	232.34594	1762.29	w/hr
15:00:00	15:28	358.29	0	104.75577	455.27359	218.32702	0	64.736269	0	197.88103	1399.27	w/hr
16:00:00	16:28	236.00	0	79.843745	321.38092	153.47539	0	49.341301	0	138.01363	978.06	w/hr
17:00:00	17:28	147.40	0	53.138409	193.3261	87.485929	0	32.838117	0	77.333893	591.52	w/hr
18:00:00	18:28	93.45	0	26.21682	86.805922	34.407578	0	16.201294	0	29.481455	286.57	w/hr
19:00:00	19:28	-6,958.24	0	-2.377786	-7.440585	-2.195332	0	-1.4694079	0	-1.7572744	-6973.48	w/hr
20:00:00	20:28	-6,952.81	0	-19.20301	-60.09022	-17.72952	0	-11.86695	0	-14.191761	-7075.89	w/hr
21:00:00	21:28	-6,946.97	0	-33.45729	-104.6948	-30.89002	0	-20.675711	0	-24.726216	-7161.42	w/hr
22:00:00	22:28	-6,938.42	0	-42.67856	-133.5501	-39.40372	0	-26.374209	0	-31.541086	-7211.97	w/hr
23:00:00	23:28	-6,928.79	0	-48.46019	-151.642	-44.74171	0	-29.947104	0	-35.813934	-7239.40	w/hr

Coefficiente global de transferencia de calor (U)

fórmula

$$U = \frac{1}{\frac{1}{H_e} + \frac{EN}{KN} + \frac{1}{H_i} + \frac{EN}{KN} + \frac{1}{H_i}}$$

TECHO	HE Coef. convección aire exterior	17.03	HI Coef. convección aire interior	9.36	Hc Coef. convección aire interior /2 muros	0	w/hm ² C					
MURO	HE Coef. convección aire exterior	34.06	HI Coef. convección aire interior	9.36	Hc Coef. convección aire interior /2 muros	0	w/hm ² C					
VENTANA	HE Coef. convección aire exterior	34.06	HI Coef. convección aire interior	9.08	Hc Coef. convección aire interior /2 muros	0	w/hm ² C					
área	He	capa 1	capa 2	capa 3	capa 4	capa 5	capa 6	capa 7	Hc	Hi	Total	
techo	0.05872	0.001666667	0.0186916	0.16	0.09375	0.173913	0.3703704	1.7857143	0	0.1068376	0.36	w/m ² *K
Muro	0.02936	0.720930233	0.0344037							0.1068376	1.12	w/m ² *K
Ventana	0.02936	0.004761905	0.1							0.1101322	4.09	w/m ² *K

materiales

espesor

conductividad

1 muro exterior tabique de barro	0.620	0.860
2 ventana vidrio claro	0.005	1.050
3 losa impermeabilizante fester terracota	0.001	0.600
4 enladrillado	0.020	1.070
5 entortado concreto pobre	0.080	0.500
6 losa concreto	0.120	1.280
7 tejamanil	0.020	0.115
8 aplanado de cal	0.030	0.872
9 viga de madera maciza	0.060	0.162
10 aislante termico	0.050	0.028
11 Lamina control solar (hüper optik)	0.005	0.050
12		

Cálculo de temperatura sol-aire

fórmula $T_{s/a} = T_{amb} + \frac{H_r * \alpha}{H_o} - \frac{DR * \epsilon}{H_o}$

absortancia α	muro/techo	0.80	vidrio	0.15	emitancia ϵ	muro/techo	0.99	vidrio	0.99
----------------------	------------	------	--------	------	----------------------	------------	------	--------	------

hora TSV	Hora local	Techo	muros				ventana				altitud solar		
			norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste			
0:00:00	0:28	0.00	297.98	297.98	297.98	297.98	297.98	297.98	297.98	297.98	297.98	-53.4	0
1:00:00	1:28	0.00	297.50	297.50	297.50	297.50	297.50	297.50	297.50	297.50	297.50	-50.5	0
2:00:00	2:28	0.00	297.10	297.10	297.10	297.10	297.10	297.10	297.10	297.10	297.10	-43.0	0
3:00:00	3:28	0.00	296.77	296.77	296.77	296.77	296.77	296.77	296.77	296.77	296.77	-32.6	0
4:00:00	4:28	0.00	296.50	296.50	296.50	296.50	296.50	296.50	296.50	296.50	296.50	-20.6	0
5:00:00	5:28	0.00	296.28	296.28	296.28	296.28	296.28	296.28	296.28	296.28	296.28	-7.8	0
6:00:00	6:28	300.60	295.59	296.61	295.59	295.59	295.59	295.59	295.59	295.59	295.59	5.6	1
7:00:00	7:28	305.17	297.16	300.29	297.16	297.16	297.16	297.16	297.16	297.16	297.16	19.4	1
8:00:00	8:28	314.65	299.79	307.17	299.79	299.79	299.79	299.79	301.17	299.79	299.79	33.3	1
9:00:00	9:28	320.50	302.52	310.53	302.52	302.52	302.52	302.52	304.02	302.52	302.52	47.3	1
10:00:00	10:28	323.05	304.78	310.67	304.78	304.78	304.78	304.78	305.88	304.78	304.78	61.5	1
11:00:00	11:28	328.16	306.30	309.41	306.30	306.30	306.30	306.30	306.88	306.30	306.30	75.6	1
12:00:00	12:28	327.05	307.07	307.07	307.07	307.35	307.35	307.35	307.07	307.07	307.41	88.2	1
13:00:00	13:28	326.86	307.19	307.19	308.47	311.41	311.41	311.41	307.19	307.19	307.43	91.4	1
14:00:00	14:28	323.53	306.80	306.80	309.05	313.51	313.51	313.51	306.80	306.80	307.22	91.4	1
15:00:00	15:28	316.97	306.05	306.05	307.85	311.86	311.86	311.86	306.05	306.05	306.39	82.4	1
16:00:00	16:28	311.80	305.08	305.08	306.09	308.90	308.90	308.90	305.08	305.08	305.27	66.5	1
17:00:00	17:28	308.06	304.01	304.01	304.39	305.85	305.85	305.85	304.01	304.01	304.08	45.5	1
18:00:00	18:28	305.82	302.92	302.92	302.99	303.41	303.41	303.41	302.92	302.92	302.94	24.5	1
19:00:00	19:28	0.00	301.87	301.87	301.87	301.87	301.87	301.87	301.87	301.87	301.87	-7.7	0
20:00:00	20:28	0.00	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	300.89	-20.6	0
21:00:00	21:28	0.00	300.01	300.01	300.01	300.01	300.01	300.01	300.01	300.01	300.01	-32.6	0
22:00:00	22:28	0.00	299.23	299.23	299.23	299.23	299.23	299.23	299.23	299.23	299.23	-43.0	0
23:00:00	23:28	0.00	298.56	298.56	298.56	298.56	298.56	298.56	298.56	298.56	298.56	-50.5	0

Diferencia de radiación entre onda corta y larga (DR)

$DR = \delta \frac{(1 + \cos SLP)}{2} (T_{sky}^4 - T_{amb}^4) - \frac{(1 + \cos SLP)}{2} (T_{surr}^4 - T_{amb}^4)$

Coefficiente de convección + Coeficiente de radiación (Ho)

$HO = HW + HIR$ $HW = 32.7 + 13.7 * W$ $Hir = 4 \delta \epsilon T^3$

hora TSV	Hora local	DR	Inclinación techo (SLP)	Tsky	Tsurr	HO muro /t	HO vidrio	HW	HIR	T	Tse
0:00:00	0:28	-78.48	0.00	283.94	307.98	18.69	18.69	10.99	7.71	325.01	27.02
1:00:00	1:28	-79.16	0.00	283.25	307.50	18.64	18.64	10.99	7.66	324.31	26.81
2:00:00	2:28	-79.71	0.00	282.68	307.10	18.60	18.60	10.99	7.61	323.67	26.57
3:00:00	3:28	-80.16	0.00	282.21	306.77	20.84	20.84	13.27	7.57	323.09	26.32
4:00:00	4:28	-80.52	0.00	281.82	306.50	22.32	22.32	14.79	7.53	322.46	25.96
5:00:00	5:28	-80.81	0.00	281.51	306.28	22.27	22.27	14.79	7.48	321.77	25.49
6:00:00	6:28	-81.70	0.00	280.53	305.59	23.34	23.34	15.93	7.40	320.70	25.11
7:00:00	7:28	-79.63	0.00	282.77	307.16	23.44	23.44	15.93	7.51	322.16	25.00
8:00:00	8:28	-75.82	0.00	286.52	309.79	24.38	24.38	16.69	7.68	324.68	24.89
9:00:00	9:28	-71.37	0.00	290.45	312.52	25.74	25.74	17.84	7.90	327.72	25.20
10:00:00	10:28	-67.30	0.00	293.70	314.78	29.04	29.04	20.92	8.12	330.69	25.91
11:00:00	11:28	-64.33	0.00	295.91	316.30	29.27	29.27	20.92	8.35	333.75	27.45
12:00:00	12:28	-62.77	0.00	297.03	317.07	33.14	33.14	24.73	8.42	334.68	27.60
13:00:00	13:28	-62.53	0.00	297.20	317.19	33.17	33.17	24.73	8.44	334.99	27.80
14:00:00	14:28	-63.34	0.00	296.63	316.80	33.15	33.15	24.73	8.43	334.81	28.01
15:00:00	15:28	-64.84	0.00	295.55	316.05	33.11	33.11	24.73	8.39	334.27	28.23
16:00:00	16:28	-66.71	0.00	294.15	315.08	33.05	33.05	24.73	8.32	333.46	28.37
17:00:00	17:28	-68.71	0.00	292.60	314.01	32.98	32.98	24.73	8.25	332.51	28.49
18:00:00	18:28	-70.67	0.00	291.03	312.92	29.10	29.10	20.92	8.18	331.53	28.60
19:00:00	19:28	-72.47	0.00	289.51	311.87	28.24	28.24	20.12	8.12	330.69	28.83
20:00:00	20:28	-74.08	0.00	288.11	310.89	26.25	26.25	18.22	8.03	329.49	28.60
21:00:00	21:28	-75.48	0.00	286.84	310.01	24.64	24.64	16.69	7.95	328.36	28.35
22:00:00	22:28	-76.66	0.00	285.72	309.23	23.80	23.80	15.93	7.86	327.21	27.98
23:00:00	23:28	-77.66	0.00	284.76	308.56	22.58	22.58	14.79	7.79	326.13	27.57

Cálculo de la temperatura de la superficie exterior (Tse)

Cálculo del calor que se transmite por conducción en el muro

hora TSV	Hora	Tse techo	Tse muros	Q muro	Q techo
----------	------	-----------	-----------	--------	---------

nora tsv	local	tsv techno	norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste	Q techno
0:00:00	0:28	27.02	#DIV/0!	27.07	27.07	27.07	0.00	57.39	153.59	55.26	49.92 -239.09
1:00:00	1:28	26.81	#DIV/0!	26.86	26.86	26.86	0.00	64.45	172.48	62.05	56.06 -239.09
2:00:00	2:28	26.57	#DIV/0!	26.62	26.62	26.62	0.00	68.55	183.45	66.00	59.62 -239.09
3:00:00	3:28	26.32	#DIV/0!	26.38	26.38	26.38	0.00	70.72	189.26	68.09	61.51 -239.09
4:00:00	4:28	25.96	#DIV/0!	26.02	26.02	26.02	0.00	68.48	183.26	65.93	59.56 -239.09
5:00:00	5:28	25.49	#DIV/0!	25.54	25.54	25.54	0.00	61.85	165.52	59.55	53.79 -239.09
6:00:00	6:28	25.11	#DIV/0!	25.17	25.17	25.17	0.00	69.84	186.89	67.24	60.74 -239.09
7:00:00	7:28	25.00	#DIV/0!	25.02	25.02	25.02	0.00	25.88	69.26	24.92	22.51 -239.09
8:00:00	8:28	24.89	#DIV/0!	24.86	24.86	24.86	0.00	-45.66	-122.19	-43.96	-39.71 -239.09
9:00:00	9:28	25.20	#DIV/0!	25.11	25.11	25.11	0.00	-109.30	-292.50	-105.23	-95.06 -239.09
10:00:00	10:28	25.91	#DIV/0!	25.79	25.79	25.79	0.00	-149.70	-400.63	-144.13	-130.20 -239.09
11:00:00	11:28	27.45	#DIV/0!	27.33	27.33	27.33	0.00	-149.41	-399.83	-143.84	-129.94 -239.09
12:00:00	12:28	27.60	#DIV/0!	27.46	27.46	27.46	0.00	-165.72	-443.49	-159.55	-144.13 -239.09
13:00:00	13:28	27.80	#DIV/0!	27.66	27.66	27.66	0.00	-163.71	-438.10	-157.61	-142.38 -239.09
14:00:00	14:28	28.01	#DIV/0!	27.89	27.89	27.89	0.00	-147.64	-395.11	-142.14	-128.41 -239.09
15:00:00	15:28	28.23	#DIV/0!	28.12	28.12	28.12	0.00	-122.49	-327.80	-117.93	-106.54 -239.09
16:00:00	16:28	28.37	#DIV/0!	28.29	28.29	28.29	0.00	-93.36	-249.85	-89.88	-81.20 -239.09
17:00:00	17:28	28.49	#DIV/0!	28.44	28.44	28.44	0.00	-62.14	-166.28	-59.82	-54.04 -239.09
18:00:00	18:28	28.60	#DIV/0!	28.58	28.58	28.58	0.00	-30.66	-82.04	-29.51	-26.66 -239.09
19:00:00	19:28	28.83	#DIV/0!	28.83	28.83	28.83	0.00	2.78	7.44	2.68	2.42 -239.09
20:00:00	20:28	28.60	#DIV/0!	28.62	28.62	28.62	0.00	22.45	60.09	21.62	19.53 -239.09
21:00:00	21:28	28.35	#DIV/0!	28.38	28.38	28.38	0.00	39.12	104.69	37.66	34.03 -239.09
22:00:00	22:28	27.98	#DIV/0!	28.03	28.03	28.03	0.00	49.90	133.55	48.05	43.40 -239.09
23:00:00	23:28	27.57	#DIV/0!	27.62	27.62	27.62	0.00	56.66	151.64	54.55	49.28 -239.09

Cálculo de flujo de calor por radiación solar directa

fórmula	QShg=	AV * FC * HT	w
----------------	-------	--------------	---

area ventanas (AV)	norte	0	este	3.42	sur	0	oeste	4.09	m ²
--------------------	-------	---	------	------	-----	---	-------	------	----------------

hora TSV	Hora local	fracción radiación solar por la ventana (FC)				radiación solar directa (Qshg)				Total
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste	
0:00:00	0:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
1:00:00	1:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
2:00:00	2:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
3:00:00	3:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
4:00:00	4:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
5:00:00	5:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
6:00:00	6:28	0.00	1.00	0.00	0.00	0.0	101.7	0.0	0.0	101.7 w/hr
7:00:00	7:28	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	156.4	0.0	0.0	156.4 w/hr
8:00:00	8:28	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	96.2	0.0	0.0	96.2 w/hr
9:00:00	9:28	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	440.9	0.0	0.0	440.9 w/hr
10:00:00	10:28	0.00	0.40	0.00	0.00	0.0	293.0	0.0	0.0	293.0 w/hr
11:00:00	11:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
12:00:00	12:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	23.3	23.3 w/hr
13:00:00	13:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	357.6	357.6 w/hr
14:00:00	14:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	568.6	568.6 w/hr
15:00:00	15:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	492.1	492.1 w/hr
16:00:00	16:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	322.1	322.1 w/hr
17:00:00	17:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	154.9	154.9 w/hr
18:00:00	18:28	0.00	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0	0.0	36.3	36.3 w/hr
19:00:00	19:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
20:00:00	20:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
21:00:00	21:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
22:00:00	22:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr
23:00:00	23:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 w/hr

hora TSV	Hora local	Radiación global total (HT)				Azimut				radiación solar (w/m ²)	
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste		
0:00:00	0:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
1:00:00	1:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
2:00:00	2:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
3:00:00	3:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
4:00:00	4:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
5:00:00	5:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
6:00:00	6:28	0.00	29.74	0.00	0.00	0	48.38	0	0	44.78	w/m ²
7:00:00	7:28	0.00	91.49	0.00	0.00	0	44.52	0	0	128.31	w/m ²
8:00:00	8:28	0.00	225.02	0.00	0.00	0	41.43	0	0	300.12	w/m ²
9:00:00	9:28	0.00	257.86	0.00	0.00	0	39.05	0	0	332.04	w/m ²
10:00:00	10:28	0.00	214.15	0.00	0.00	0	39.35	0	0	276.94	w/m ²
11:00:00	11:28	0.00	113.65	0.00	0.00	0	50.5	0	0	178.68	w/m ²
12:00:00	12:28	0.00	0.00	0.00	11.39	0	0	0	61.83	24.12	w/m ²
13:00:00	13:28	0.00	0.00	53.14	174.85	0	0	73.1	16.95	182.79	w/m ²
14:00:00	14:28	0.00	0.00	93.33	278.06	0	0	71.45	18.6	293.38	w/m ²
15:00:00	15:28	0.00	0.00	74.42	240.62	0	0	72.82	17.24	251.94	w/m ²
16:00:00	16:28	0.00	0.00	41.68	157.52	0	0	75.18	14.85	162.97	w/m ²
17:00:00	17:28	0.00	0.00	15.73	75.73	0	0	78.27	11.77	77.35	w/m ²
18:00:00	18:28	0.00	0.00	2.45	17.74	0	0	82.15	7.9	17.91	w/m ²
19:00:00	19:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
20:00:00	20:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
21:00:00	21:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
22:00:00	22:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²
23:00:00	23:28	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.00	w/m ²

Cálculo de flujo de calor por infiltración

fórmula		Cpa =	1.0065	P =	1.180
$Q_{Inf_s} = 0.278 * \text{camb} * \text{vol} * P * C_{pa} * (T_{amb} - T_{int})$	$Q_{Inf_l} = 0.278 * \text{camb} * \text{vol} * P * H_{pva} * (W_{amb} - W_{int})$				

volumen	329.324	ancho	5.21	largo	12.25	alto	5.16
---------	---------	-------	------	-------	-------	------	------

hora TSV	Hora local	cambios	volumen	densidad aire (P)	QInfS	QInfL	Total
0:00:00	0:28	0.50	329.3	1.180	-117.8	-133.3	-251.1 w/hr
1:00:00	1:28	0.50	329.3	1.180	-132.3	-266.6	-398.9 w/hr
2:00:00	2:28	0.50	329.3	1.180	-140.7	-266.6	-407.3 w/hr
3:00:00	3:28	1.10	329.3	1.180	-319.3	-733.2	-1,052.5 w/hr
4:00:00	4:28	1.50	329.3	1.180	-421.6	-1,199.8	-1,621.4 w/hr
5:00:00	5:28	1.50	329.3	1.180	-380.8	-1,199.8	-1,580.6 w/hr
6:00:00	6:28	1.80	329.3	1.180	-515.9	-2,879.5	-3,395.4 w/hr
7:00:00	7:28	1.80	329.3	1.180	-191.2	0.0	-191.2 w/hr
8:00:00	8:28	2.00	329.3	1.180	374.8	533.2	908.0 w/hr
9:00:00	9:28	2.30	329.3	1.180	1,031.7	0.0	1,031.7 w/hr
10:00:00	10:28	3.11	329.3	1.180	1,911.5	8,294.9	10,206.4 w/hr
11:00:00	11:28	3.11	329.3	1.180	1,907.7	1,659.0	3,566.7 w/hr
12:00:00	12:28	4.11	329.3	1.180	2,796.1	2,192.2	4,988.4 w/hr
13:00:00	13:28	4.11	329.3	1.180	2,762.1	2,740.3	5,502.4 w/hr
14:00:00	14:28	4.11	329.3	1.180	2,491.1	2,192.2	4,683.3 w/hr
15:00:00	15:28	4.11	329.3	1.180	2,066.7	0.0	2,066.7 w/hr
16:00:00	16:28	4.11	329.3	1.180	1,575.3	0.0	1,575.3 w/hr
17:00:00	17:28	4.11	329.3	1.180	1,048.4	1,096.1	2,144.5 w/hr
18:00:00	18:28	3.11	329.3	1.180	391.4	-1,659.0	-1,267.6 w/hr
19:00:00	19:28	2.90	329.3	1.180	-33.1	-1,159.8	-1,192.9 w/hr
20:00:00	20:28	2.40	329.3	1.180	-221.2	-639.9	-861.1 w/hr
21:00:00	21:28	2.00	329.3	1.180	-321.1	-1,066.5	-1,387.6 w/hr
22:00:00	22:28	1.80	329.3	1.180	-368.7	-1,439.8	-1,808.4 w/hr
23:00:00	23:28	1.50	329.3	1.180	-348.8	-1,199.8	-1,548.6 w/hr

Cálculo de flujo de calor por ventilación

fórmula	$Q_{Vent_s} = 0.278 * P * C_{pa} * G (T_{amb} - T_{int})$	w	$C_{pa} = 1.0065$	Kj/Kg°C	$P = 1.180$	Kg/m ³
	$Q_{Vent_L} = 0.278 * P * H_{vap} * G (W_{amb} - W_{int})$	w	$H_{vap} = 2,468$	Kj/Kg°C	$G =$	variable

hora TSV	Hora local	ventilación sensible (QVentS)				ventilación latente (QVentL)				Total
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste	
0:00:00	0:28	0.0	-1,100.8	0.0	0.0	0.0	-2,492.0	0.0	0.0	-3,592.8 w/hr
1:00:00	1:28	0.0	-1,236.2	0.0	0.0	0.0	-3,737.9	0.0	0.0	-4,974.1 w/hr
2:00:00	2:28	0.0	-1,314.8	0.0	0.0	0.0	-3,737.9	0.0	0.0	-5,052.7 w/hr
3:00:00	3:28	0.0	-2,984.1	0.0	0.0	0.0	-6,852.9	0.0	0.0	-9,837.0 w/hr
4:00:00	4:28	0.0	-3,940.2	0.0	0.0	0.0	-11,213.8	0.0	0.0	-15,154.0 w/hr
5:00:00	5:28	0.0	-3,558.8	0.0	0.0	0.0	-7,475.9	0.0	0.0	-11,034.7 w/hr
6:00:00	6:28	0.0	-352.5	0.0	0.0	0.0	-655.8	0.0	0.0	-1,008.3 w/hr
7:00:00	7:28	0.0	-1,787.1	0.0	0.0	0.0	-2,242.8	0.0	0.0	-4,029.8 w/hr
8:00:00	8:28	0.0	3,503.0	0.0	0.0	0.0	9,967.8	0.0	0.0	13,470.8 w/hr
9:00:00	9:28	0.0	9,642.9	0.0	0.0	0.0	22,926.0	0.0	0.0	32,568.9 w/hr
10:00:00	10:28	0.0	17,865.6	0.0	0.0	0.0	46,516.5	0.0	0.0	64,382.1 w/hr
11:00:00	11:28	0.0	17,830.0	0.0	0.0	0.0	65,898.4	0.0	0.0	83,728.5 w/hr
12:00:00	12:28	0.0	26,133.8	0.0	0.0	0.0	81,957.7	0.0	0.0	108,091.5 w/hr
13:00:00	13:28	0.0	25,816.0	0.0	0.0	0.0	87,080.1	0.0	0.0	112,896.1 w/hr
14:00:00	14:28	0.0	23,282.8	0.0	0.0	0.0	81,957.7	0.0	0.0	105,240.5 w/hr
15:00:00	15:28	0.0	19,316.6	0.0	0.0	0.0	61,468.3	0.0	0.0	80,784.9 w/hr
16:00:00	16:28	0.0	14,722.9	0.0	0.0	0.0	51,223.6	0.0	0.0	65,946.5 w/hr
17:00:00	17:28	0.0	9,798.6	0.0	0.0	0.0	25,611.8	0.0	0.0	35,410.3 w/hr
18:00:00	18:28	0.0	3,658.4	0.0	0.0	0.0	7,752.8	0.0	0.0	11,411.1 w/hr
19:00:00	19:28	0.0	-309.3	0.0	0.0	0.0	-3,613.3	0.0	0.0	-3,922.6 w/hr
20:00:00	20:28	0.0	-2,067.2	0.0	0.0	0.0	-2,990.3	0.0	0.0	-5,057.5 w/hr
21:00:00	21:28	0.0	-3,001.3	0.0	0.0	0.0	-7,475.9	0.0	0.0	-10,477.2 w/hr
22:00:00	22:28	0.0	-3,445.7	0.0	0.0	0.0	-8,971.0	0.0	0.0	-12,416.7 w/hr
23:00:00	23:28	0.0	-3,260.4	0.0	0.0	0.0	-7,475.9	0.0	0.0	-10,736.3 w/hr

Cálculo del flujo de aire (G)

fórmula	$G = (C_v) (A) (V)$	m ³ /hr	$CV = 0.65 - 0.25$	90°	A= norte	este	sur	oeste
			0.35 - 0.25	dif. a 90°	0	3.42	0	4.09

hora TSV	Hora local	Flujo de aire (G)				eficiencia de la ventila (cv)				velocidad viento (V)
		norte	este	sur	oeste	norte	este	sur	oeste	
0:00:00	0:28	0	0.4275	0	0.511225	0	0.25	0.25	0.25	0.50 m/s
1:00:00	1:28	0	0.4275	0	0.511225	0	0.25	0.25	0.25	0.50 m/s
2:00:00	2:28	0	0.4275	0	0.511225	0	0.25	0.25	0.25	0.50 m/s
3:00:00	3:28	0	0.9405	0	1.12475	0	0.25	0.25	0.25	1.10 m/s
4:00:00	4:28	0	1.2825	0	1.53375	0	0.25	0.25	0.25	1.50 m/s
5:00:00	5:28	0	1.2825	0	1.53375	0	0.25	0.25	0.25	1.50 m/s
6:00:00	6:28	0	0.1125	0	1.8405	0	0.25	0.25	0.25	1.80 m/s
7:00:00	7:28	0	1.539	0	1.8405	0	0.25	0.25	0.25	1.80 m/s
8:00:00	8:28	0	1.71	0	2.045	0	0.25	0.25	0.25	2.00 m/s
9:00:00	9:28	0	1.9665	0	2.35175	0	0.25	0.25	0.25	2.30 m/s
10:00:00	10:28	0	2.66	0	3.1811111	0	0.25	0.25	0.25	3.11 m/s
11:00:00	11:28	0	2.66	0	3.1811111	0	0.25	0.25	0.25	3.11 m/s
12:00:00	12:28	0	3.515	0	4.2036111	0	0.25	0.25	0.25	4.11 m/s
13:00:00	13:28	0	3.515	0	4.2036111	0	0.25	0.25	0.25	4.11 m/s
14:00:00	14:28	0	3.515	0	4.2036111	0	0.25	0.25	0.25	4.11 m/s
15:00:00	15:28	0	3.515	0	4.2036111	0	0.25	0.25	0.25	4.11 m/s
16:00:00	16:28	0	3.515	0	4.2036111	0	0.25	0.25	0.25	4.11 m/s
17:00:00	17:28	0	3.515	0	4.2036111	0	0.25	0.25	0.25	4.11 m/s
18:00:00	18:28	0	2.66	0	3.1811111	0	0.25	0.25	0.25	3.11 m/s
19:00:00	19:28	0	2.4795	0	2.96525	0	0.25	0.25	0.25	2.90 m/s
20:00:00	20:28	0	2.052	0	2.454	0	0.25	0.25	0.25	2.40 m/s
21:00:00	21:28	0	1.71	0	2.045	0	0.25	0.25	0.25	2.00 m/s
22:00:00	22:28	0	1.539	0	1.8405	0	0.25	0.25	0.25	1.80 m/s
23:00:00	23:28	0	1.2825	0	1.53375	0	0.25	0.25	0.25	1.50 m/s

Cálculo de ganancia de calor por usuarios

fórmula	$Q_{\text{mets}} = (W / \text{personas}) (\text{No. Personas})$	W
	$Q_{\text{metL}} = (W / \text{personas}) (\text{No. Personas})$	W

actividad	oficina	w/pers. S	65	w/pers. L	55
Hora TSV	Hora Local	Num pers	Qmet S	Qmet L	Total
0:00:00	0:28	0	0	0	0 w
1:00:00	1:28	0	0	0	0 w
2:00:00	2:28	0	0	0	0 w
3:00:00	3:28	0	0	0	0 w
4:00:00	4:28	0	0	0	0 w
5:00:00	5:28	0	0	0	0 w
6:00:00	6:28	0	0	0	0 w
7:00:00	7:28	0	0	0	0 w
8:00:00	8:28	2	130	110	240 w
9:00:00	9:28	5	325	275	600 w
10:00:00	10:28	8	520	440	960 w
11:00:00	11:28	12	780	660	1440 w
12:00:00	12:28	15	975	825	1800 w
13:00:00	13:28	15	975	825	1800 w
14:00:00	14:28	15	975	825	1800 w
15:00:00	15:28	12	780	660	1440 w
16:00:00	16:28	10	650	550	1200 w
17:00:00	17:28	5	325	275	600 w
18:00:00	18:28	2	130	110	240 w
19:00:00	19:28		0	0	0 w
20:00:00	20:28		0	0	0 w
21:00:00	21:28		0	0	0 w
22:00:00	22:28		0	0	0 w
23:00:00	23:28		0	0	0 w

Cálculo de ganancia de calor por equipos electricos

fórmula $Q_{lign} = (potencia) (No. aparatos)$ W

equipos	Potencia	Número	subtotal	
1 computadoras	300	1	300.00	w
2 proyector	200	1	200.00	w
3 lámparas	40	25	1,000.00	w
4				

total lote 1 1,500.00 w

Hora TSV	Hora Local	equipos	potencia	num lote	Total	
0:00:00	0:28		1,500.00	0	0.00	w
1:00:00	1:28		1,500.00	0	0.00	w
2:00:00	2:28		1,500.00	0	0.00	w
3:00:00	3:28		1,500.00	0	0.00	w
4:00:00	4:28		1,500.00	0	0.00	w
5:00:00	5:28		1,500.00	0	0.00	w
6:00:00	6:28		1,500.00	0	0.00	w
7:00:00	7:28	1,2,3	1,500.00	0	0.00	w
8:00:00	8:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
9:00:00	9:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
10:00:00	10:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
11:00:00	11:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
12:00:00	12:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
13:00:00	13:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
14:00:00	14:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
15:00:00	15:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
16:00:00	16:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
17:00:00	17:28	1,2,3	1,500.00	1	1,500.00	w
18:00:00	18:28		0	0	0.00	w
19:00:00	19:28		0	0	0.00	w
20:00:00	20:28		0	0	0.00	w
21:00:00	21:28		0	0	0.00	w
22:00:00	22:28		0	0	0.00	w
23:00:00	23:28		0	0	0.00	w

datos climatológicos

Lugar:	Veracruz, Veracruz	Latitud:	19.23 N	Fecha	10-may-10
Est. Met.	0	Longitud:	96.1 O	Día juliano	130

hora tsv	hora local	vientos dominantes		humedad		temperatura ° C
		m/s	dirección	relativa (%)	específica	
0:00:00	0:28	0.50	NE	92.0%	0.019	24.83
1:00:00	1:28	0.50	NE	94.0%	0.018	24.35
2:00:00	2:28	0.50	NE	94.0%	0.018	23.95
3:00:00	3:28	1.10	NE	94.0%	0.018	23.62
4:00:00	4:28	1.50	NE	94.0%	0.017	23.35
5:00:00	5:28	1.50	NE	94.0%	0.017	23.13
6:00:00	6:28	1.80	NE	83.0%	0.014	22.44
7:00:00	7:28	1.80	NE	83.0%	0.015	24.01
8:00:00	8:28	2.00	NE	78.0%	0.017	26.64
9:00:00	9:28	2.30	NE	79.0%	0.020	29.37
10:00:00	10:28	3.11	NE	74.0%	0.022	31.63
11:00:00	11:28	3.11	NE	66.0%	0.022	33.15
12:00:00	12:28	4.11	NE	66.0%	0.022	33.92
13:00:00	13:28	4.11	NE	66.0%	0.023	34.04
14:00:00	14:28	4.11	NE	66.0%	0.022	33.65
15:00:00	15:28	4.11	NE	63.0%	0.020	32.90
16:00:00	16:28	4.11	NE	66.0%	0.020	31.93
17:00:00	17:28	4.11	NE	74.0%	0.021	30.86
18:00:00	18:28	3.11	NE	66.0%	0.018	29.77
19:00:00	19:28	2.90	NE	74.0%	0.019	28.72
20:00:00	20:28	2.40	NE	78.0%	0.019	27.74
21:00:00	21:28	2.00	NE	80.0%	0.018	26.86
22:00:00	22:28	1.80	NE	82.0%	0.017	26.08
23:00:00	23:28	1.50	NE	83.0%	0.017	25.41

radiación solar global

Localidad Veracruz, Veracruz						
Latitud:	19.23	GRADOS	Fecha	10-may-10		
	Longitud:	96.12		GRADOS	Día juliano	130
		Meridiano de referencia		90.00		
DECLINACION	17.39		TIEMPO SOLAR VERDADERO	12.0000	12:00:00	
ECUACION DEL TIEMPO	3.76		AJUSTE EN MINUTOS	28	0.00	
DISTANCIA MEDIA	0.98		HORA LOCAL	12:28		
AZIMUT	180.0		AMANECER	05:31:11	TSV	
VERTICAL	90.0		ATARDECER	18:28:49	TSV	

tiempo		posición solar (grados)		radiación solar (w/m²)		
hora TSV	hora local	altitud	azimut	irradiación	I vertical	I horizontal
0:00:00	0:28	-53.38	0.02	0.00	0.0	0.00
1:00:00	1:28	-50.53	22.84	0.00	0.0	0.00
2:00:00	2:28	-43.00	40.70	0.00	0.0	0.00
3:00:00	3:28	-32.61	53.21	0.00	0.0	0.00
4:00:00	4:28	-20.63	62.00	0.00	0.0	0.00
5:00:00	5:28	-7.76	68.47	0.00	0.0	0.00
6:00:00	6:28	5.63	73.52	45.00	44.8	45.00
7:00:00	7:28	19.35	77.71	136.00	128.3	136.00
8:00:00	8:28	33.28	81.40	359.00	300.1	359.00
9:00:00	9:28	47.34	84.92	490.00	332.0	490.00
10:00:00	10:28	61.48	88.80	580.00	276.9	580.00
11:00:00	11:28	75.63	-85.05	720.00	178.7	720.00
12:00:00	12:28	88.16	-0.45	750.00	24.1	750.00
13:00:00	13:28	75.66	-85.03	738.00	182.8	738.00
14:00:00	14:28	61.51	-91.19	615.00	293.4	615.00
15:00:00	15:28	47.37	-95.07	372.00	251.9	372.00
16:00:00	16:28	33.31	-98.60	195.00	163.0	195.00
17:00:00	17:28	19.38	-102.29	82.00	77.4	82.00
18:00:00	18:28	5.66	-106.47	18.00	17.9	18.00
19:00:00	19:28	-7.73	-111.52	0.00	0.0	0.00
20:00:00	20:28	-20.60	-117.99	0.00	0.0	0.00
21:00:00	21:28	-32.59	-126.77	0.00	0.0	0.00
22:00:00	22:28	-42.98	-139.27	0.00	0.0	0.00
23:00:00	23:28	-50.52	-157.12	0.00	0.0	0.00

anexo ocho

Cálculo NOM-008-ENER-2001

2.- Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envoltente (*)

2.1.- Ciudad
 Latitud °

2.2.- Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a).- Techo b).- Superficie inferior

c).- Muros

	Masivo	Ligero		Partes transparentes
Norte	<input type="text" value="31"/>	<input type="text"/>	Tragaluz y domo	<input type="text" value="27"/>
Este	<input type="text" value="34"/>	<input type="text"/>	Norte	<input type="text" value="28"/>
Sur	<input type="text" value="32"/>	<input type="text"/>	Este	<input type="text" value="28"/>
Oeste	<input type="text" value="32"/>	<input type="text"/>	Sur	<input type="text" value="28"/>
			Oeste	<input type="text" value="29"/>

2.3.- Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m² K)

Techo Muro
 Tragaluz y domo Ventana

2.4.- Factor de ganancia de calor solar "FG" (w/m²)

Tragaluz y domo
 Norte
 Este
 Sur
 Oeste

2.5.- Barrera para vapor

Si No

2.6.- Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

	nte	es	e	ea	ate		
Número (**)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>
L/H o P/E (***)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0.83"/>	<input type="text" value="0.92"/>	<input type="text" value="0.92"/>	<input type="text" value="0.99"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
W/H o W/E (***)	<input type="text" value="0.73"/>	<input type="text" value="0.63"/>	<input type="text" value="0.78"/>	<input type="text" value="0.99"/>	<input type="text" value="0.95"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Norte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Este/Oeste	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

* Los valores se obtienen de la Tabla 1 para los incisos 2.2, a 2.5, y del Apéndice A, Tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6

** Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá usar una columna para cada tipo

*** Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple, 2 volado extendido y 3 ventana remetida.

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1,0	13	0.0769
enladrillado	0.02	0.872	0.0229
impermeabilizante	0.006	0.17	0.0352
entortado	0.08	0.63	0.0793
aislante f	0.05	0.028	1.785
losa concreto	0.12	0.698	0.1719
tejamanil	0.02	0.162	0.123
viga madera	0.06	0.13	0.461
Convección interior	1,0	6.4	0.1515

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior **M** m² K/W

[Fórmula $M = \sum M$]

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) **K** W/m² K

[Fórmula $K = 1/M$]

- * Estos valores se obtienen del Apéndice D
- ** Dar un número consecutivo (1,2... N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1 / (h o λ)]
Convección exterior (****)	1,0	13	0.0769
aplanado cal	0.02	0.872	0.0229
tabique	0.60	0.872	0.608
aplanado cal	0.02	0.698	0.028
Convección interior	1,0	0.6	0.1515

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior **M** m² K/W

[Fórmula **M** = Σ M]

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) **K** W/m² K

[Fórmula **K** = 1 / M]

* Estos valores se obtienen del Apéndice D
 ** Dar un número consecutivo (1,2... N) el cual será indicado en el inciso 4.3
 *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
 **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
 ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m² K/W) [1 / (h o λ)]
Convección exterior (****)	1,0	13	0.0769
vidrio claro.	0.005	1.05	0.00476
Lam. cent. sd	0.001	0.05	0.02
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	6.6	0.1515

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior **M** m² K/W

[Fórmula $M = \sum M$]

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) **K** W/m² K

[Fórmula $K = 1 / M$]

- * Estos valores se obtienen del Apéndice D
- ** Dar un número consecutivo (1,2... N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)

(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (****)	1,0	<input type="text" value="13"/>	<input type="text" value="0.0769"/>
<input type="text" value="madera"/>	<input type="text" value="0.06"/>	<input type="text" value="0.162"/>	<input type="text" value="0.3703"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="0.1515"/>

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior **M** m² K/W

[Fórmula $M = \sum M$]

Coefficiente global de transferencia de calor de la porción (k) **K** W/m² K

[Fórmula $K = 1/M$]

* Estos valores se obtienen del Apéndice D
 ** Dar un número consecutivo (1,2... N) el cual será indicado en el inciso 4.3
 *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
 **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
 ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

4.- Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.1.- Datos Generales

Temperatura interior (t) 25 °C

4.2.- Edificio de referencia

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (te - t)]$$

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de Transferencia de Calor (W/m ² K) [K]	Area del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{rci} (*) [KxAxFx(te-t)]
Techo	0.358		0,95	44	2785.08
Tragaluz y domo	5.952	43	0,05	27	256.53
Muro norte	0.687	68.21	0,6	31	168.69
Ventana norte	5.319		0,4	28	435.37
Muro este	0.687	210	0,6	34	779.06
Ventana este	5.319		0,4	28	1340.39
Muro sur	0.687	68.21	0,6	32	196.81
Ventana sur	5.319		0,4	28	435.38
Muro oeste	0.687	210	0,6	32	605.93
Ventana oeste	5.319		0,4	29	446.79
SUBTOTAL					7489.03

* Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_j \times SE_{ij}]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Ganancia por Radiación ϕ_{rs} (*) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0,85	0	0,05	272	0
Ventana norte	1,0	9.20	0,4	102	375.36
Ventana este	1,0	27.36	0,4	140	1532.16
Ventana sur	1,0	0	0,4	114	0
Ventana oeste	1,0	32.72	0,4	134	1753.79
SUBTOTAL					3661.31

4.- Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3- Edificio proyectado

4.3.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Coeficiente Global de Transferencia de Calor (k)		Área (m ²) [A]	Temperatura Equivalente (°C) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{pc} (****) [KxAxFx(te-t)]
	Número de la porción (**)	Valor calculado (W/m ² K) (***)			
				Subtotal [1]	
				Subtotal [2]	
				Subtotal [3]	
techo	1	0.344	431	44	2817.02
Muro norte.	1	1.033	59	31	315.68
Ventana norte	3	3.95	4.6	28	54.51
ventana norte	4	1.67	4.6	28	23.05
muro este	1	1.033	182.64	34	1698.01
ventana este	3	3.95	13	28	154.05
ventana este	4	1.67	14.36	28	71.94
muro sur	1	1.033	68.21	32	493.23
muro oeste	1	1.033	177.28	32	1281.91
ventana oeste	3	3.95	12	29	189.60
ventana oeste	4	1.67	20.71	29	34.59
				Subtotal (****) []	
				Total (Sumar todas las ϕ_{pc})	7183.57

* Abreviar considerando tipo: 1 techo, 2 tragaluz, 3 domo, 4 muro y 5 ventana; y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur, 5 oeste y 6 superficie inferior. Por ejemplo " 4.2 " corresponde a un muro en la orientación norte.

** Número consecutivo asignado en el inciso 3.1

*** Valor obtenido en el inciso 3.1

**** Si valores son negativos significan una bonificación, por lo que deben sumar algebraicamente

***** Cuando el número de porciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en una hoja, utilice el subtotal 1 para la primera hoja, y así sucesivamente

5.- Resumen de Cálculo

5.1.- Presupuesto energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$ $\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$ (W)
Referencia	(ϕ_{rc}) <input type="text" value="7459.03"/>	(ϕ_{rs}) <input type="text" value="3661.31"/>	(ϕ_r) <input type="text" value="11,120.34"/>
Proyectado	(ϕ_{pc}) <input type="text" value="7183.57"/>	(ϕ_{ps}) <input type="text" value="1219.08"/>	(ϕ_p) <input type="text" value="8,402.65"/>

5.2.- Cumplimiento

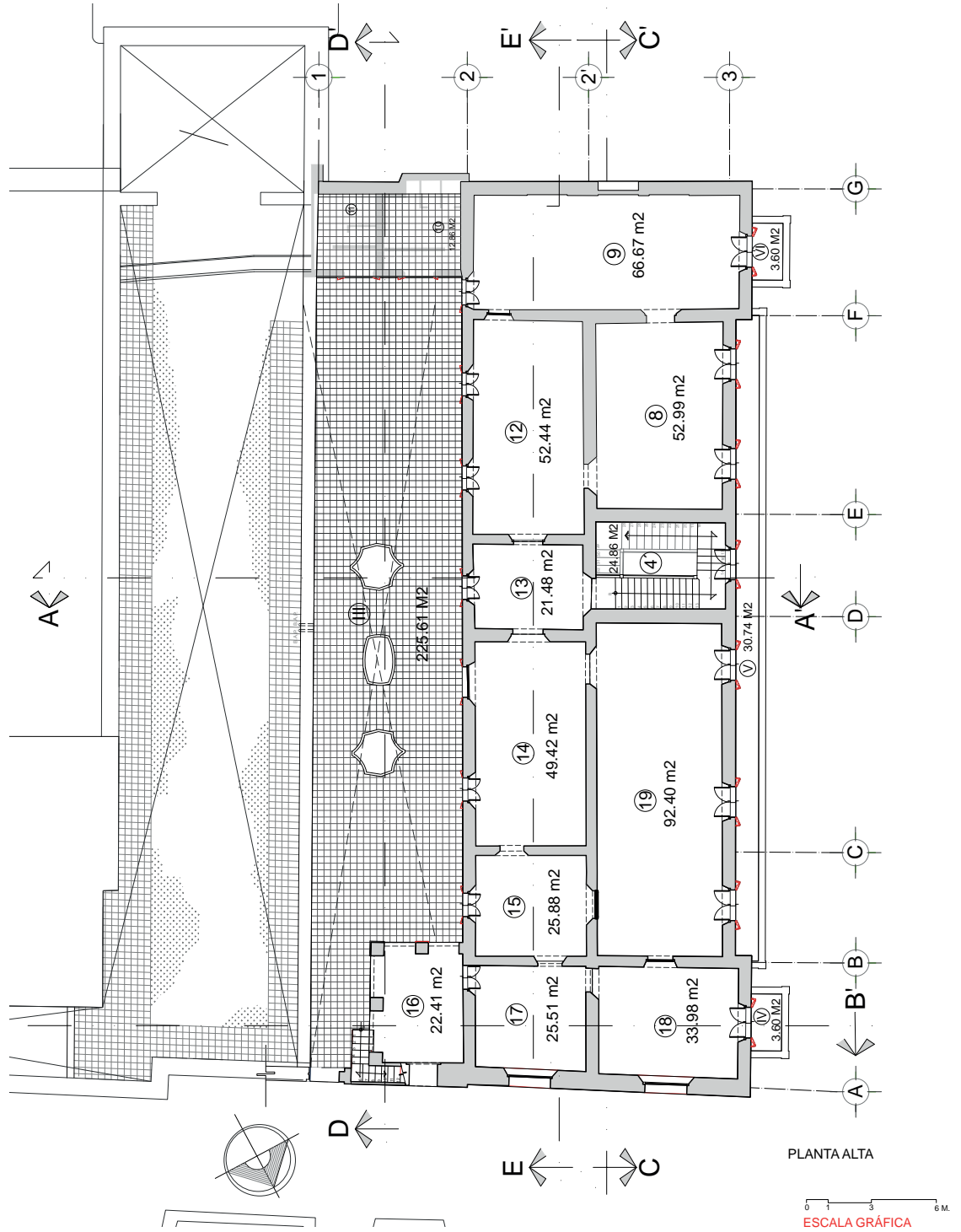
Si ($\phi_r > \phi_p$) No ($\phi_r < \phi_p$)

Altorizado: 24.44%

anexo nueve

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Ubicación locales con sistema de aire acondicionado (levantamiento y dibujo INAH)



Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 8.

Air System Sizing Summary for minisplit 8		06/20/2011 09:20p.m.
Project Name: casa gobernador ulua		
Prepared by: hightech		

Air System Information

Air System Name	minisplit 8	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	53.0 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	12.6 kW	Load occurs at	Jul 1500
Sensible coil load	10.5 kW	OA DB / WB	34.4 / 26.7 °C
Coil L/s at Jul 1500	940 L/s	Entering DB / WB	23.6 / 17.8 °C
Max block L/s	940 L/s	Leaving DB / WB	14.3 / 13.8 °C
Sum of peak zone L/s	940 L/s	Coil ADP	13.3 °C
Sensible heat ratio	0.833	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	4.2	Resulting RH	56 %
W/m ²	237.8	Design supply temp.	14.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.1 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	940 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	938 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	17.73 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	49 L/s	L/s/person	3.70 L/s/person
L/(s-m ²)	0.93 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	3.6 Tons	Load occurs at	Jul 1500
Total coil load	43.0 MBH	OA DB / WB	94.0 / 80.0 °F
Sensible coil load	35.8 MBH	Entering DB / WB	74.4 / 64.0 °F
Coil CFM at Jul 1500	1991 CFM	Leaving DB / WB	57.8 / 56.8 °F
Max block CFM	1991 CFM	Coil ADP	55.9 °F
Sum of peak zone CFM	1991 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.833	Resulting RH	56 %
ft ² /Ton	159.2	Design supply temp.	57.2 °F
BTU/(hr-ft ²)	75.4	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.3 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	1991 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	1988 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	3.49 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	104 CFM	CFM/person	7.84 CFM/person
CFM/ft ²	0.18 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 8

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/201
09:20p.r

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 8 " IN ZONE " Zone 1 "

		DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
		COOLING DATA AT Jul 1600 COOLING OA DB / WB 34.2 °C / 26.6 °C OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)	
SPACE LOADS							
Window & Skylight Solar Loads	9 m ²	2322	-	9 m ²	-	-	
Wall Transmission	36 m ²	439	-	36 m ²	254	-	
Roof Transmission	53 m ²	2986	-	53 m ²	535	-	
Window Transmission	9 m ²	307	-	9 m ²	204	-	
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-	
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-	
Floor Transmission	53 m ²	57	-	53 m ²	0	-	
Partitions	30 m ²	161	-	30 m ²	0	-	
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-	
Overhead Lighting	848 W	688	-	0	0	-	
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-	
Electric Equipment	1500 W	1374	-	0	0	-	
People	13	727	796	0	0	0	
Infiltration	-	0	0	-	0	0	
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0	
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0	
>> Total Zone Loads		9060	796		992	0	

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 8 " IN ZONE " Zone 1 "

	Area (m ²)	U-Value (W/(m ² ·°K))	Shade Coeff.	COOLING TRANS (W)	COOLING SOLAR (W)	HEATING TRANS (W)
WNW EXPOSURE						
WALL	36	0.967	-	439	-	254
WINDOW 1	9	3.237	1.000	307	2322	204
H EXPOSURE						
ROOF	53	1.396	-	2986	-	535

July DESIGN COOLING DAY, 1500

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	34.4	0.01895	49	400	677	1307
Vent - Return Mixing	Outlet	23.6	0.01036	940	1491	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	14.3	0.00960	940	1491	10501	2103
Supply Fan	Outlet	14.3	0.00960	940	1491	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	14.3	0.00960	940	1491	-	-
Zone Air	-	23.0	0.00989	940	1551	9824	796
Return Plenum	Outlet	23.0	0.00989	940	1551	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m*

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	9020	Cooling	9824	23.0	940	1551	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 9.

Air System Sizing Summary for minisplit 9

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 9	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	66.7 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	15.0 kW	Load occurs at	Jul 1400
Sensible coil load	12.3 kW	OA DB / WB	34.2 / 26.6 °C
Coil L/s at Jul 1400	1054 L/s	Entering DB / WB	23.7 / 17.7 °C
Max block L/s	1054 L/s	Leaving DB / WB	14.0 / 13.4 °C
Sum of peak zone L/s	1054 L/s	Coil ADP	12.9 °C
Sensible heat ratio	0.821	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	4.5	Resulting RH	55 %
W/m ²	224.3	Design supply temp.	14.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.2 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	1054 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	1053 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	15.81 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	62 L/s	L/s/person	3.70 L/s/person
L/(s-m ²)	0.92 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	4.3 Tons	Load occurs at	Jul 1400
Total coil load	51.0 MBH	OA DB / WB	93.6 / 79.9 °F
Sensible coil load	41.9 MBH	Entering DB / WB	74.6 / 63.9 °F
Coil CFM at Jul 1400	2234 CFM	Leaving DB / WB	57.2 / 56.2 °F
Max block CFM	2234 CFM	Coil ADP	55.3 °F
Sum of peak zone CFM	2234 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.821	Resulting RH	55 %
ft ² /Ton	168.8	Design supply temp.	57.2 °F
BTU/(hr-ft ²)	71.1	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.3 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	2234 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	2230 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	3.11 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	131 CFM	CFM/person	7.84 CFM/person
CFM/ft ²	0.18 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 9

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 9 " IN ZONE " Zone 1 "						
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1500			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 34.4 °C / 26.7 °C			HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C		
OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C			
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
SPACE LOADS	Details	(W)	(W)	Details	(W)	(W)
Window & Skylight Solar Loads	8 m ²	1404	-	8 m ²	-	-
Wall Transmission	111 m ²	1067	-	111 m ²	721	-
Roof Transmission	67 m ²	4234	-	67 m ²	673	-
Window Transmission	8 m ²	275	-	8 m ²	181	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	67 m ²	72	-	67 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	1067 W	852	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1500 W	1365	-	0	0	-
People	17	896	1002	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	10165	1002	-	1574	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 9 " IN ZONE " Zone 1 "						
	Area (m ²)	U-Value (W/(m ² ·°K))	Shade Coeff.	COOLING	COOLING	HEATING
				TRANS (W)	SOLAR (W)	TRANS (W)
WNW EXPOSURE						
WALL	24	0.967	-	287	-	165
WINDOW 1	4	3.237	1.000	154	1003	102
SSW EXPOSURE						
WALL	64	0.834	-	491	-	383
ESE EXPOSURE						
WALL	24	0.987	-	290	-	172
WINDOW 2	3	3.339	0.811	120	402	79
N EXPOSURE						
ROOF	67	1.396	-	4234	-	673

July DESIGN COOLING DAY, 1400

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	34.2	0.01895	62	400	832	1676
Vent - Return Mixing	Outlet	23.7	0.01026	1054	1529	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	14.0	0.00939	1054	1529	12281	2679
Supply Fan	Outlet	14.0	0.00939	1054	1529	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	14.0	0.00939	1054	1529	-	-
Zone Air	-	23.0	0.00971	1054	1599	11450	1002
Return Plenum	Outlet	23.0	0.00971	1054	1599	0	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)

Site Altitude = 13.7 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	10113	Cooling	11450	23.0	1054	1599	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 12.

Air System Sizing Summary for minisplit 12

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:30p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 12	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	564.0 ft ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	3.8 Tons	Load occurs at	Aug 1400
Total coil load	45.5 MBH	OA DB / WB	93.6 / 79.9 °F
Sensible coil load	30.6 MBH	Entering DB / WB	75.2 / 65.9 °F
Coil CFM at Aug 1400	1580 CFM	Leaving DB / WB	57.2 / 56.4 °F
Max block CFM	1580 CFM	Coil ADP	55.2 °F
Sum of peak zone CFM	1580 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.674	Resulting RH	61 %
ft ² /Ton	148.8	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	80.7	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.0 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	1580 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	1577 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	2.80 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	174 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 12

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:15p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 12 " IN ZONE " Zone 1 "						
DESIGN COOLING			DESIGN HEATING			
COOLING DATA AT Aug 1400			HEATING DATA AT DES HTG			
COOLING OA DB / WB 34.2 °C / 26.6 °C			HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C			
OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C			
SPACE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	6 m ²	801	-	6 m ²	-	-
Wall Transmission	45 m ²	548	-	45 m ²	318	-
Roof Transmission	52 m ²	3379	-	52 m ²	528	-
Window Transmission	6 m ²	212	-	6 m ²	143	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	52 m ²	56	-	52 m ²	0	-
Partitions	5 m ²	25	-	5 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	838 W	763	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	960	-	0	0	-
People	17	1342	2328	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	8086	2328	-	989	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 12 " IN ZONE " Zone 1 "						
	Area (m ²)	U-Value (W/(m ² ·K))	Shade Coeff.	COOLING TRANS (W)	COOLING SOLAR (W)	HEATING TRANS (W)
ESE EXPOSURE						
WALL	45	0.987	-	548	-	318
WINDOW 1	6	3.339	0.811	212	801	143
H EXPOSURE						
ROOF	52	1.396	-	3379	-	528

August DESIGN COOLING DAY, 1400

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	34.2	0.01895	82	400	1132	2024
Vent - Return Mixing	Outlet	24.0	0.01149	745	2052	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	14.0	0.00951	745	2052	8981	4352
Supply Fan	Outlet	14.0	0.00951	745	2052	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	14.0	0.00951	745	2052	-	-
Zone Air	-	22.8	0.01057	745	2257	7849	2328
Return Plenum	Outlet	22.8	0.01057	745	2257	0	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)

Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)

Site Altitude = 13.7 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	8086	Cooling	7849	22.8	745	2257	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 13.

Air System Sizing Summary for minisplit 13

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 13	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	21.5 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	6.1 kW	Load occurs at	Aug 1400
Sensible coil load	4.3 kW	OA DB / WB	34.2 / 26.6 °C
Coil L/s at Aug 1400	373 L/s	Entering DB / WB	23.9 / 18.6 °C
Max block L/s	373 L/s	Leaving DB / WB	14.2 / 13.8 °C
Sum of peak zone L/s	373 L/s	Coil ADP	13.2 °C
Sensible heat ratio	0.708	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	3.5	Resulting RH	60 %
W/m ²	285.6	Design supply temp.	13.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.1 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	373 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	372 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	17.34 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	34 L/s	L/s/person	4.70 L/s/person
L/(s-m ²)	1.57 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	1.7 Tons	Load occurs at	Aug 1400
Total coil load	21.0 MBH	OA DB / WB	93.6 / 79.9 °F
Sensible coil load	14.8 MBH	Entering DB / WB	75.1 / 65.5 °F
Coil CFM at Aug 1400	790 CFM	Leaving DB / WB	57.6 / 56.8 °F
Max block CFM	790 CFM	Coil ADP	55.7 °F
Sum of peak zone CFM	790 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.708	Resulting RH	60 %
ft ² /Ton	132.6	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	90.5	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.1 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	790 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	789 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	3.41 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	71 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 13

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 13 " IN ZONE " Zone 1 "						
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Aug 1400			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 34.2 °C / 26.6 °C OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
SPACE LOADS	Details	(W)	(W)	Details	(W)	(W)
Window & Skylight Solar Loads	3 m ²	401	-	3 m ²	-	-
Wall Transmission	17 m ²	203	-	17 m ²	118	-
Roof Transmission	22 m ²	1387	-	22 m ²	217	-
Window Transmission	3 m ²	106	-	3 m ²	72	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	22 m ²	23	-	22 m ²	0	-
Partitions	19 m ²	102	-	19 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	344 W	313	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	960	-	0	0	-
People	7	551	955	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	4045	955	-	406	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 13 " IN ZONE " Zone 1 "						
	Area (m ²)	U-Value (W/(m ² ·°K))	Shade Coeff.	COOLING	COOLING	HEATING
				TRANS (W)	SOLAR (W)	TRANS (W)
ESE EXPOSURE						
WALL	17	0.987	-	203	-	118
WINDOW 1	3	3.339	0.811	106	401	72
H EXPOSURE						
ROOF	22	1.396	-	1387	-	217

August DESIGN COOLING DAY, 1400

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	34.2	0.01895	34	400	459	837
Vent - Return Mixing	Outlet	23.9	0.01126	373	2012	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	14.2	0.00963	373	2012	4347	1793
Supply Fan	Outlet	14.2	0.00963	373	2012	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	14.2	0.00963	373	2012	-	-
Zone Air	-	22.9	0.01050	373	2172	3889	955
Return Plenum	Outlet	22.9	0.01050	373	2172	0	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 14.

Air System Sizing Summary for minisplit 14

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 14	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	49.4 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	12.8 kW	Load occurs at	Jun 1300
Sensible coil load	8.6 kW	OA DB / WB	33.0 / 26.4 °C
Coil L/s at Jun 1300	724 L/s	Entering DB / WB	23.6 / 18.6 °C
Max block L/s	724 L/s	Leaving DB / WB	13.8 / 13.3 °C
Sum of peak zone L/s	724 L/s	Coil ADP	12.7 °C
Sensible heat ratio	0.672	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	3.9	Resulting RH	61 %
W/m ²	258.7	Design supply temp.	13.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.0 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	724 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	723 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	14.66 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	77 L/s	L/s/person	4.70 L/s/person
L/(s-m ²)	1.57 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	3.6 Tons	Load occurs at	Jun 1300
Total coil load	43.6 MBH	OA DB / WB	91.4 / 79.6 °F
Sensible coil load	29.3 MBH	Entering DB / WB	74.5 / 65.5 °F
Coil CFM at Jun 1300	1534 CFM	Leaving DB / WB	56.8 / 56.0 °F
Max block CFM	1534 CFM	Coil ADP	54.8 °F
Sum of peak zone CFM	1534 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.672	Resulting RH	61 %
ft ² /Ton	146.3	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	82.0	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.0 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	1534 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	1532 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	2.88 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	164 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 14

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 14 " IN ZONE " Zone 1 "						
DESIGN COOLING			DESIGN HEATING			
COOLING DATA AT Aug 1400 COOLING OA DB / WB 34.2 °C / 26.6 °C OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C OCCUPIED T-STAT 21.1 °C			
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
SPACE LOADS	Details	(W)	(W)	Details	(W)	(W)
Window & Skylight Solar Loads	7 m ²	929	-	7 m ²	-	-
Wall Transmission	40 m ²	495	-	40 m ²	287	-
Roof Transmission	49 m ²	3186	-	49 m ²	498	-
Window Transmission	7 m ²	246	-	7 m ²	166	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	49 m ²	53	-	49 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	790 W	720	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	960	-	0	0	-
People	16	1265	2195	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	7853	2195	-	951	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 14 " IN ZONE " Zone 1 "						
	Area	U-Value	Shade	COOLING	COOLING	HEATING
	(m ²)	(W/(m ² ·K))	Coeff.	TRANS	SOLAR	TRANS
ESE EXPOSURE				(W)	(W)	(W)
WALL	40	0.987	-	495	-	287
WINDOW 1	3	3.339	0.811	106	401	72
WINDOW 2	4	3.339	0.811	140	529	95
H EXPOSURE						
ROOF	49	1.396	-	3186	-	498

June DESIGN COOLING DAY, 1300

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	33.0	0.01918	77	400	977	2000
Vent - Return Mixing	Outlet	23.6	0.01134	724	2048	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	13.8	0.00937	724	2048	8585	4195
Supply Fan	Outlet	13.8	0.00937	724	2048	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	13.8	0.00937	724	2048	-	-
Zone Air	-	22.5	0.01040	724	2245	7608	2195
Return Plenum	Outlet	22.5	0.01040	724	2245	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m*

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	7645	Cooling	7608	22.5	724	2245	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 15.

Air System Sizing Summary for minisplit 15

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 15	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	25.9 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	7.1 kW	Load occurs at	Jun 1400
Sensible coil load	4.9 kW	OA DB / WB	33.6 / 26.6 °C
Coil L/s at Jun 1400	411 L/s	Entering DB / WB	23.7 / 18.5 °C
Max block L/s	411 L/s	Leaving DB / WB	13.8 / 13.4 °C
Sum of peak zone L/s	411 L/s	Coil ADP	12.7 °C
Sensible heat ratio	0.688	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	3.7	Resulting RH	60 %
W/m ²	273.5	Design supply temp.	13.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.0 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	411 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	410 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	15.85 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	41 L/s	L/s/person	4.70 L/s/person
L/(s-m ²)	1.57 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	2.0 Tons	Load occurs at	Jun 1400
Total coil load	24.2 MBH	OA DB / WB	92.6 / 79.9 °F
Sensible coil load	16.6 MBH	Entering DB / WB	74.6 / 65.3 °F
Coil CFM at Jun 1400	870 CFM	Leaving DB / WB	56.9 / 56.1 °F
Max block CFM	870 CFM	Coil ADP	54.9 °F
Sum of peak zone CFM	870 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.688	Resulting RH	60 %
ft ² /Ton	138.4	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	86.7	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.0 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	870 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	869 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	3.12 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	86 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 15

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 15 " IN ZONE " Zone 1 "

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING				
	COOLING DATA AT Aug 1400			HEATING DATA AT DES HTG				
	COOLING OA DB / WB 34.2 °C / 26.6 °C			HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C				
			OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
		Sensible	Latent		Sensible	Latent		
SPACE LOADS	Details	(W)	(W)	Details	(W)	(W)		
Window & Skylight Solar Loads	3 m²	401	-	3 m²	-	-		
Wall Transmission	20 m²	249	-	20 m²	144	-		
Roof Transmission	26 m²	1670	-	26 m²	261	-		
Window Transmission	3 m²	106	-	3 m²	72	-		
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-		
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-		
Floor Transmission	26 m²	28	-	26 m²	0	-		
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-		
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-		
Overhead Lighting	414 W	377	-	0	0	-		
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-		
Electric Equipment	1000 W	960	-	0	0	-		
People	9	663	1151	0	0	0		
Infiltration	-	0	0	-	0	0		
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0		
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0		
>> Total Zone Loads	-	4454	1151	-	477	0		

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 15 " IN ZONE " Zone 1 "

	Area (m²)	U-Value (W/(m²·°K))	Shade Coeff.	COOLING	COOLING	HEATING
				TRANS (W)	SOLAR (W)	TRANS (W)
ESE EXPOSURE						
WALL	20	0.987	-	249	-	144
WINDOW 1	3	3.339	0.811	106	401	72
H EXPOSURE						
ROOF	26	1.396	-	1670	-	261

June DESIGN COOLING DAY, 1400

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	33.6	0.01918	41	400	541	1057
Vent - Return Mixing	Outlet	23.7	0.01120	411	2034	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	13.8	0.00938	411	2034	4876	2208
Supply Fan	Outlet	13.8	0.00938	411	2034	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	13.8	0.00938	411	2034	-	-
Zone Air	-	22.6	0.01033	411	2213	4335	1151
Return Plenum	Outlet	22.6	0.01033	411	2213	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m*

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	4376	Cooling	4335	22.6	411	2213	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 17.

Air System Sizing Summary for minisplit 17

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 17	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	25.5 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	7.4 kW	Load occurs at	Jul 1500
Sensible coil load	5.2 kW	OA DB / WB	34.4 / 26.7 °C
Coil L/s at Jul 1500	450 L/s	Entering DB / WB	23.9 / 18.6 °C
Max block L/s	450 L/s	Leaving DB / WB	14.2 / 13.8 °C
Sum of peak zone L/s	450 L/s	Coil ADP	13.2 °C
Sensible heat ratio	0.711	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	3.5	Resulting RH	60 %
W/m ²	288.9	Design supply temp.	13.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.0 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	450 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	449 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	17.64 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	40 L/s	L/s/person	4.70 L/s/person
L/(s-m ²)	1.57 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	2.1 Tons	Load occurs at	Jul 1500
Total coil load	25.1 MBH	OA DB / WB	94.0 / 80.0 °F
Sensible coil load	17.9 MBH	Entering DB / WB	75.0 / 65.5 °F
Coil CFM at Jul 1500	953 CFM	Leaving DB / WB	57.6 / 56.8 °F
Max block CFM	953 CFM	Coil ADP	55.7 °F
Sum of peak zone CFM	953 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.711	Resulting RH	60 %
ft ² /Ton	131.0	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	91.6	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.1 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	953 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	951 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	3.47 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	85 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 17

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 17 " IN ZONE " Zone 1 "						
DESIGN COOLING			DESIGN HEATING			
COOLING DATA AT Jul 1400			HEATING DATA AT DES HTG			
COOLING OA DB / WB 34.2 °C / 26.6 °C			HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C			
OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			OCCUPIED T-STAT 21.1 °C			
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
SPACE LOADS	Details	(W)	(W)	Details	(W)	(W)
Window & Skylight Solar Loads	8 m ²	513	-	8 m ²	-	-
Wall Transmission	42 m ²	431	-	42 m ²	273	-
Roof Transmission	26 m ²	1648	-	26 m ²	257	-
Window Transmission	8 m ²	274	-	8 m ²	185	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	26 m ²	27	-	26 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	408 W	371	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	960	-	0	0	-
People	8	653	1133	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	4878	1133	-	715	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 17 " IN ZONE " Zone 1 "						
				COOLING	COOLING	HEATING
	Area	U-Value	Shade	TRANS	SOLAR	TRANS
	(m ²)	(W/(m ² ·K))	Coeff.	(W)	(W)	(W)
ESE EXPOSURE						
WALL	20	0.987	-	247	-	146
WINDOW 1	3	3.339	0.100	109	48	74
NNE EXPOSURE						
WALL	21	0.834	-	184	-	128
WINDOW 2	5	3.339	0.811	165	466	111
H EXPOSURE						
ROOF	26	63.5	-	1648	-	257
July DESIGN COOLING DAY, 1500				1648	-	257

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	34.4	0.01895	40	400	558	996
Vent - Return Mixing	Outlet	23.9	0.01123	450	2007	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	14.2	0.00962	450	2007	5237	2130
Supply Fan	Outlet	14.2	0.00962	450	2007	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	14.2	0.00962	450	2007	-	-
Zone Air	-	22.9	0.01047	450	2164	4679	1133
Return Plenum	Outlet	22.9	0.01047	450	2164	0	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	4814	Cooling	4679	22.9	450	2164	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 18.

Air System Sizing Summary for minisplit 18

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 18	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	34.0 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	10.1 kW	Load occurs at	Jun 1500
Sensible coil load	7.3 kW	OA DB / WB	33.9 / 26.7 °C
Coil L/s at Jun 1500	627 L/s	Entering DB / WB	23.9 / 18.6 °C
Max block L/s	627 L/s	Leaving DB / WB	14.3 / 13.8 °C
Sum of peak zone L/s	627 L/s	Coil ADP	13.2 °C
Sensible heat ratio	0.716	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	3.4	Resulting RH	60 %
W/m ²	298.5	Design supply temp.	13.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.1 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	627 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	626 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	18.44 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	53 L/s	L/s/person	4.70 L/s/person
L/(s-m ²)	1.57 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	2.9 Tons	Load occurs at	Jun 1500
Total coil load	34.6 MBH	OA DB / WB	93.0 / 80.0 °F
Sensible coil load	24.8 MBH	Entering DB / WB	75.0 / 65.4 °F
Coil CFM at Jun 1500	1328 CFM	Leaving DB / WB	57.7 / 56.8 °F
Max block CFM	1328 CFM	Coil ADP	55.8 °F
Sum of peak zone CFM	1328 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.716	Resulting RH	60 %
ft ² /Ton	126.8	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	94.6	Zone T-stat Check	0 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.2 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	1328 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	1326 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	3.63 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	113 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 18

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 18 " IN ZONE " Zone 1 "						
DESIGN COOLING			DESIGN HEATING			
COOLING DATA AT Jun 1500 COOLING OA DB / WB 33.9 °C / 26.7 °C OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C OCCUPIED T-STAT 21.1 °C			
		Sensible (W)	Latent (W)		Sensible (W)	Latent (W)
SPACE LOADS	Details			Details		
Window & Skylight Solar Loads	9 m ²	1529	-	9 m ²	-	-
Wall Transmission	52 m ²	514	-	52 m ²	335	-
Roof Transmission	34 m ²	2075	-	34 m ²	343	-
Window Transmission	9 m ²	307	-	9 m ²	213	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	34 m ²	36	-	34 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	544 W	498	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	962	-	0	0	-
People	11	877	1511	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	6800	1511	-	891	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 18 " IN ZONE " Zone 1 "						
	Area (m ²)	U-Value (W/(m ² ·K))	Shade Coeff.	COOLING TRANS (W)	COOLING SOLAR (W)	HEATING TRANS (W)
WNW EXPOSURE						
WALL	23	0.967	-	267	-	159
WINDOW 1	4	3.237	1.000	147	1037	102
NNE EXPOSURE						
WALL	29	0.834	-	247	-	176
WINDOW 2	5	3.339	0.811	160	492	111
H EXPOSURE						
ROOF	34	1.396	-	2075	-	343

June DESIGN COOLING DAY, 1500

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	33.9	0.01918	53	400	702	1368
Vent - Return Mixing	Outlet	23.9	0.01120	627	1994	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	14.3	0.00964	627	1994	7269	2878
Supply Fan	Outlet	14.3	0.00964	627	1994	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	14.3	0.00964	627	1994	-	-
Zone Air	-	23.0	0.01046	627	2142	6567	1511
Return Plenum	Outlet	23.0	0.01046	627	2142	0	-

Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m

TABLE 2: ZONE DATA

Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	6800	Cooling	6567	23.0	627	2142	0	0

Cálculo capacidad de equipos de aire acondicionado

Local 19.

Air System Sizing Summary for minisplit 19

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

Air System Information

Air System Name	minisplit 19	Number of zones	1
Equipment Class	SPLT AHU	Floor Area	92.4 m ²
Air System Type	SZCAV	Location	Veracruz, Mexico

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone L/s	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space L/s	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	24.1 kW	Load occurs at	Jun 1500
Sensible coil load	16.2 kW	OA DB / WB	33.9 / 26.7 °C
Coil L/s at Jun 1500	1347 L/s	Entering DB / WB	23.8 / 18.6 °C
Max block L/s	1347 L/s	Leaving DB / WB	13.8 / 13.3 °C
Sum of peak zone L/s	1347 L/s	Coil ADP	12.7 °C
Sensible heat ratio	0.674	Bypass Factor	0.100
m ² /kW	3.8	Resulting RH	61 %
W/m ²	260.7	Design supply temp.	13.0 °C
Water flow @ 5.6 °K rise	N/A	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
		Max zone temperature deviation	0.0 °K

Supply Fan Sizing Data

Actual max L/s	1347 L/s	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard L/s	1344 L/s	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max L/(s-m ²)	14.57 L/(s-m ²)	Fan static	0 Pa

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow L/s	145 L/s	L/s/person	4.70 L/s/person
L/(s-m ²)	1.57 L/(s-m ²)		

Sizing Calculation Information

Zone and Space Sizing Method:

Zone CFM	Sum of space airflow rates	Calculation Months	Jan to Dec
Space CFM	Individual peak space loads	Sizing Data	Calculated

Central Cooling Coil Sizing Data

Total coil load	6.8 Tons	Load occurs at	Jun 1500
Total coil load	82.2 MBH	OA DB / WB	93.0 / 80.0 °F
Sensible coil load	55.4 MBH	Entering DB / WB	74.8 / 65.6 °F
Coil CFM at Jun 1500	2853 CFM	Leaving DB / WB	56.8 / 56.0 °F
Max block CFM	2853 CFM	Coil ADP	54.8 °F
Sum of peak zone CFM	2853 CFM	Bypass Factor	0.100
Sensible heat ratio	0.674	Resulting RH	61 %
ft ² /Ton	145.2	Design supply temp.	55.4 °F
BTU/(hr-ft ²)	82.6	Zone T-stat Check	1 of 1 OK
Water flow @ 10.0 °F rise	N/A	Max zone temperature deviation	0.0 °F

Supply Fan Sizing Data

Actual max CFM	2853 CFM	Fan motor BHP	0.00 BHP
Standard CFM	2849 CFM	Fan motor kW	0.00 kW
Actual max CFM/ft ²	2.87 CFM/ft ²	Fan static	0.00 in wg

Outdoor Ventilation Air Data

Design airflow CFM	307 CFM	CFM/person	9.96 CFM/person
CFM/ft ²	0.31 CFM/ft ²		

Space Design Load Summary for minisplit 19

Project Name: casa gobernador ulua
Prepared by: hightech

06/20/2011
09:20p.m.

TABLE 1.1.A. COMPONENT LOADS FOR SPACE " local 19 " IN ZONE " Zone 1 "						
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jul 1500 COOLING OA DB / WB 34.4 °C / 26.7 °C OCCUPIED T-STAT 22.0 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 13.9 °C / 8.8 °C OCCUPIED T-STAT 21.1 °C		
		Sensible	Latent		Sensible	Latent
SPACE LOADS	Details	(W)	(W)	Details	(W)	(W)
Window & Skylight Solar Loads	13 m²	3008	-	13 m²	-	-
Wall Transmission	68 m²	820	-	68 m²	473	-
Roof Transmission	92 m²	5743	-	92 m²	932	-
Window Transmission	13 m²	463	-	13 m²	305	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	92 m²	99	-	92 m²	0	-
Partitions	30 m²	163	-	30 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	1478 W	1354	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1000 W	962	-	0	0	-
People	31	1994	4106	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	14607	4106	-	1710	0

TABLE 1.1.B. ENVELOPE LOADS FOR SPACE " local 19 " IN ZONE " Zone 1 "						
	Area (m²)	U-Value (W/(m²·°K))	Shade Coeff.	COOLING	COOLING	HEATING
				TRANS (W)	SOLAR (W)	TRANS (W)
WNW EXPOSURE						
WALL	68	0.967	-	820	-	473
WINDOW 1	13	3.237	1.000	463	3008	305
H EXPOSURE						
ROOF	92	1.396	-	5743	-	932

June DESIGN COOLING DAY, 1500

TABLE 1: SYSTEM DATA

Component	Location	Dry-Bulb Temp (°C)	Specific Humidity (kg/kg)	Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Sensible Heat (W)	Latent Heat (W)
Ventilation Air	Inlet	33.9	0.01918	145	400	1974	3742
Vent - Return Mixing	Outlet	23.8	0.01134	1347	2049	-	-
Central Cooling Coil	Outlet	13.8	0.00936	1347	2049	16240	7849
Supply Fan	Outlet	13.8	0.00936	1347	2049	0	-
Cold Supply Duct	Outlet	13.8	0.00936	1347	2049	-	-
Zone Air	-	22.6	0.01040	1347	2247	14267	4106
Return Plenum	Outlet	22.6	0.01040	1347	2247	0	-

*Air Density x Heat Capacity x Conversion Factor: At sea level = 1.207; At site altitude = 1.205 W/(L/s-K)
Air Density x Heat of Vaporization x Conversion Factor: At sea level = 2947.6; At site altitude = 2942.8 W/(L/s)
Site Altitude = 13.7 m*

TABLE 2: ZONE DATA

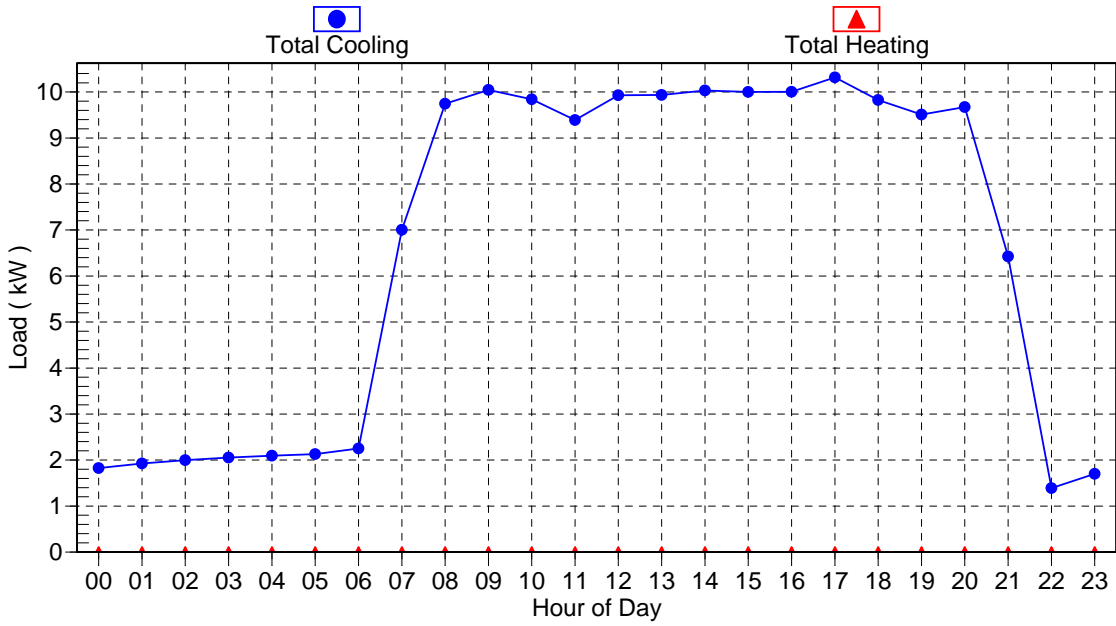
Zone Name	Zone Sensible Load (W)	T-stat Mode	Zone Cond (W)	Zone Temp (°C)	Zone Airflow (L/s)	CO2 Level (ppm)	Terminal Heating Coil (W)	Zone Heating Unit (W)
Zone 1	14556	Cooling	14267	22.6	1347	2247	0	0

Hourly Air System Design Day Loads for MINISPLIT

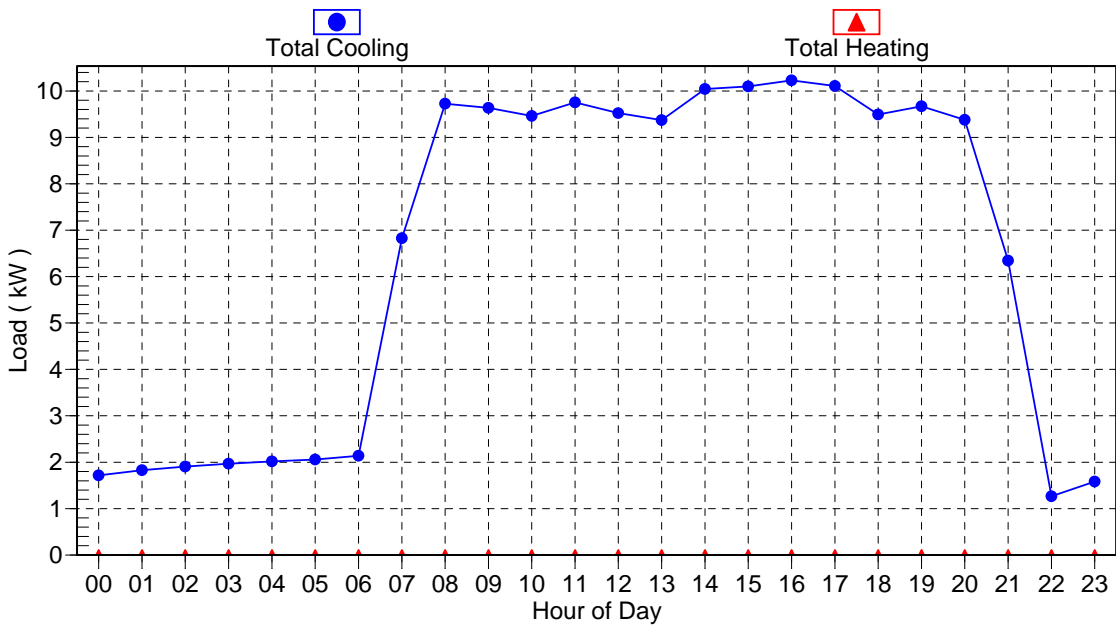
Project Name: Casa del Gobernador
Prepared by: hightechservices

03/14/2011
10:28

Data for July



Data for August

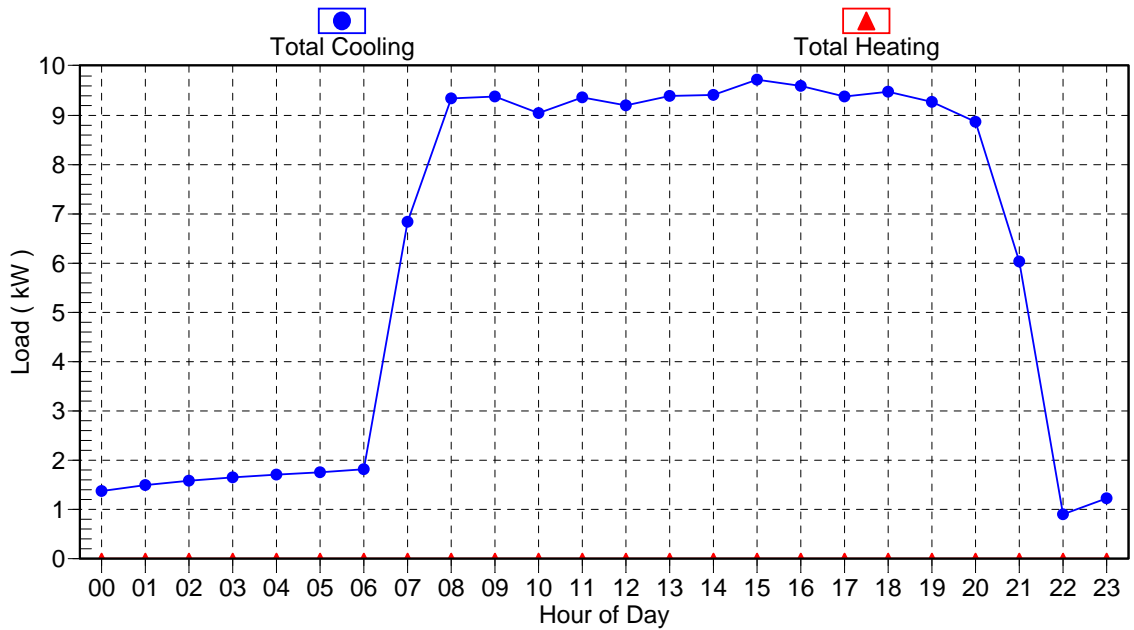


Hourly Air System Design Day Loads for MINISPLIT

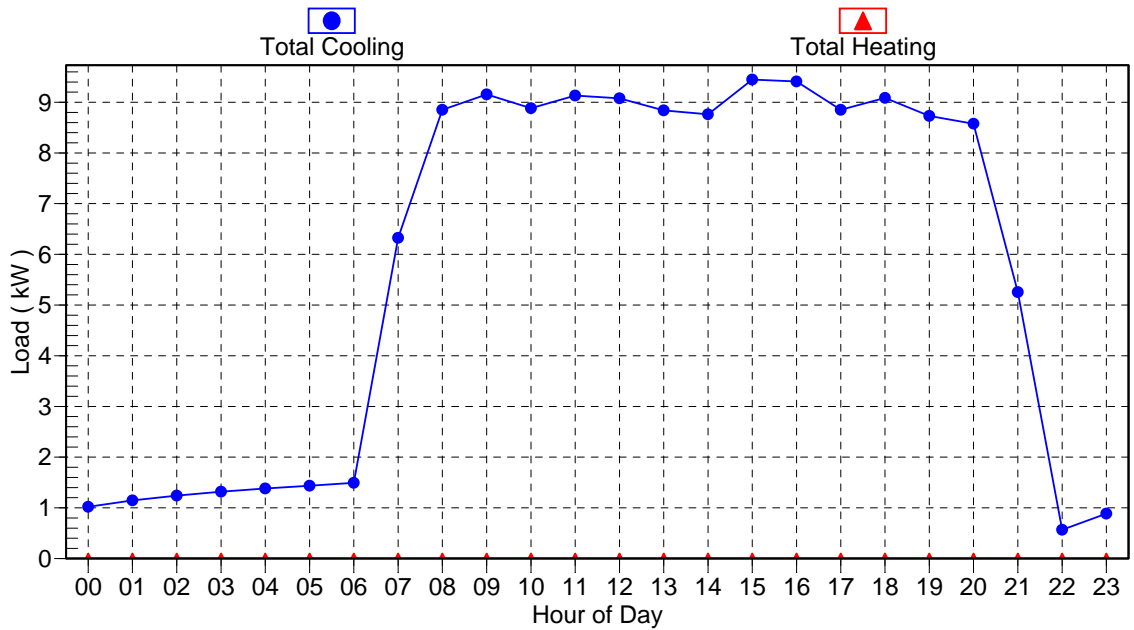
Project Name: Casa del Gobernador
Prepared by: hightechservices

03/14/2011
10:28

Data for September



Data for October

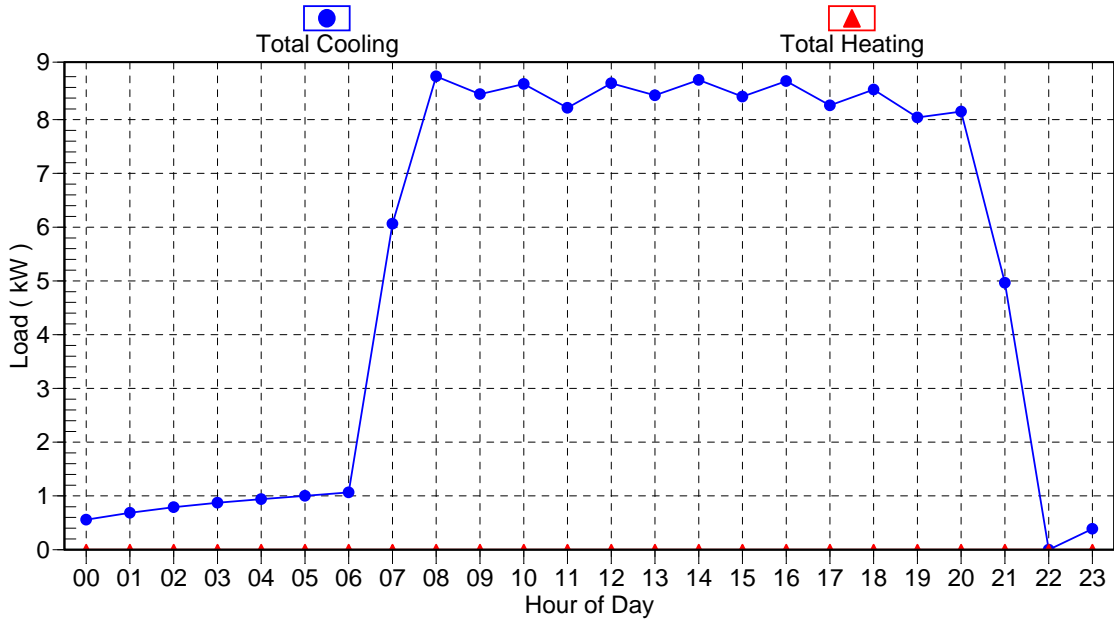


Hourly Air System Design Day Loads for MINISPLIT

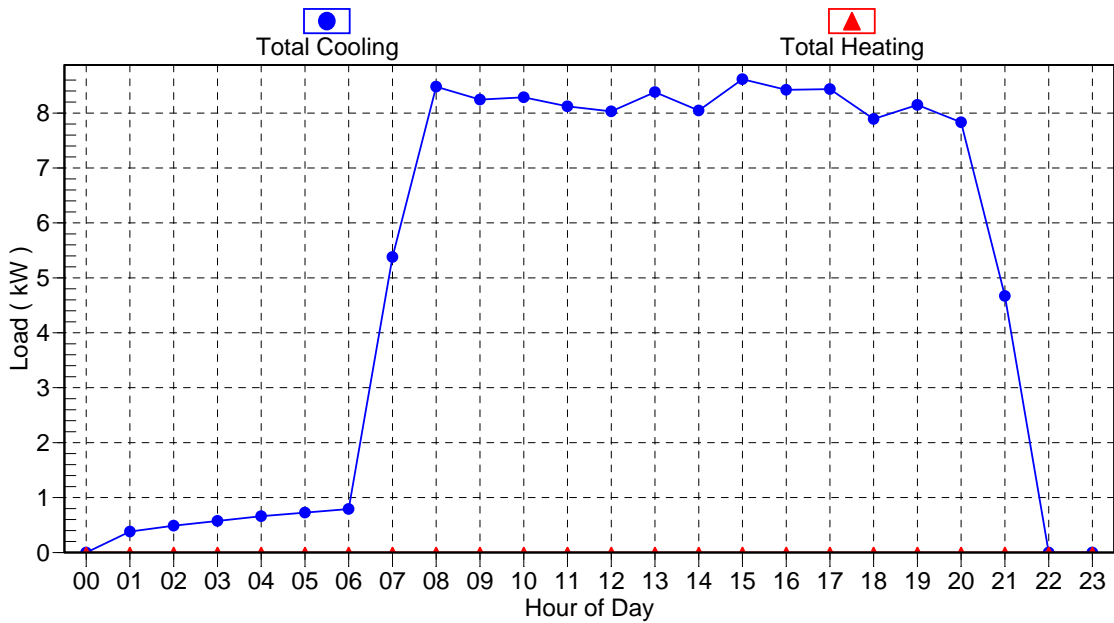
Project Name: Casa del Gobernador
Prepared by: hightechservices

03/14/2011
10:28

Data for November



Data for December

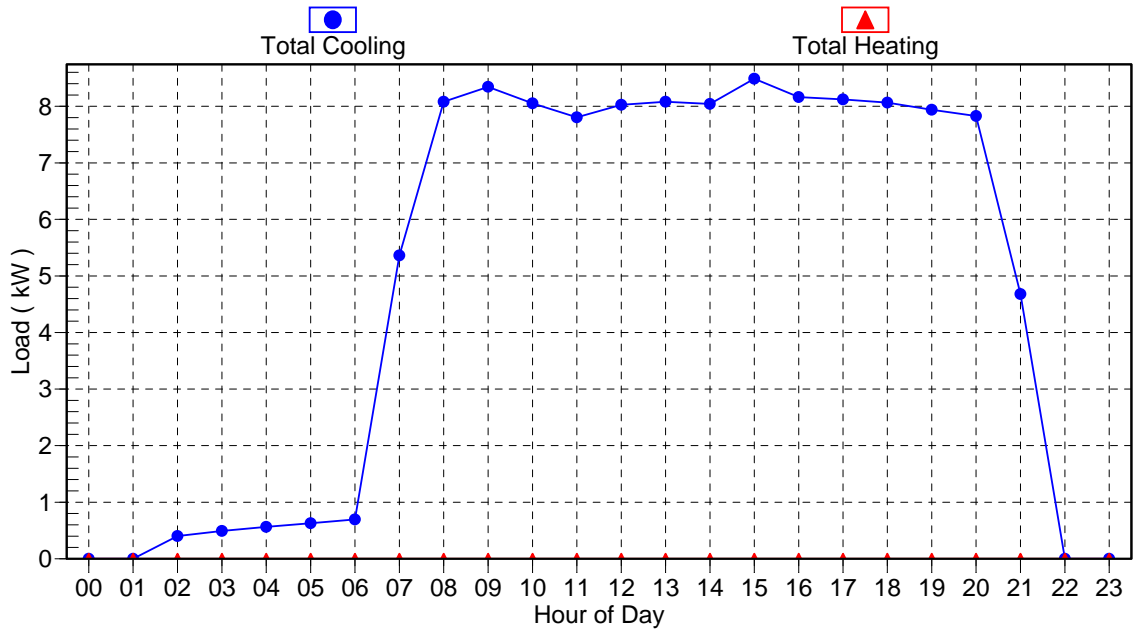


Hourly Air System Design Day Loads for MINISPLIT

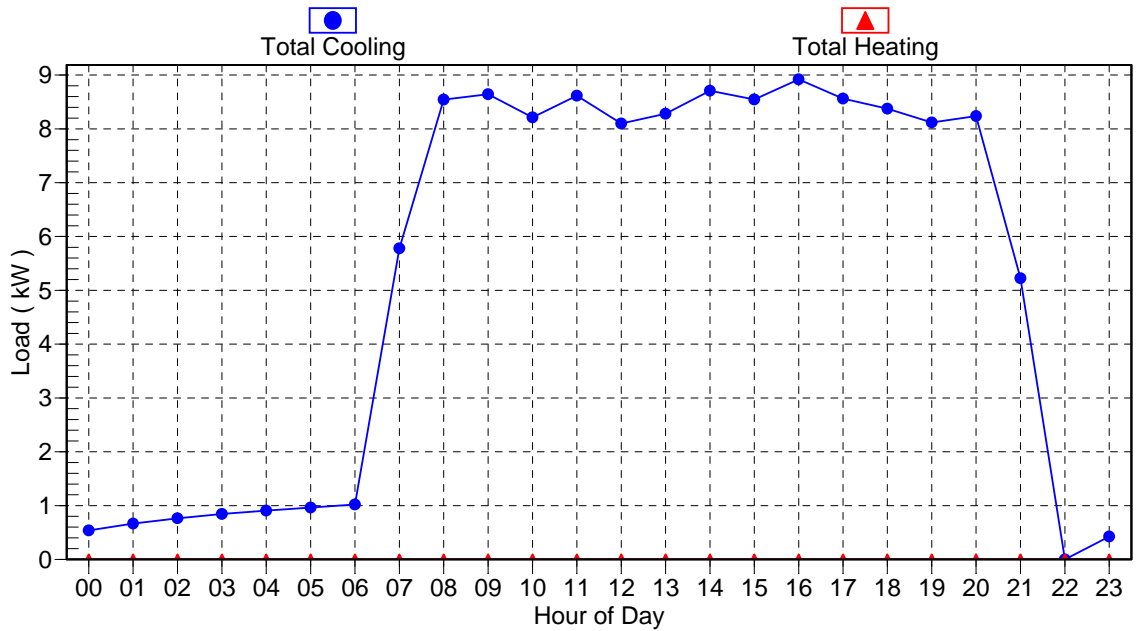
Project Name: Casa del Gobernador
Prepared by: hightechservices

03/14/2011
10:28

Data for January



Data for February

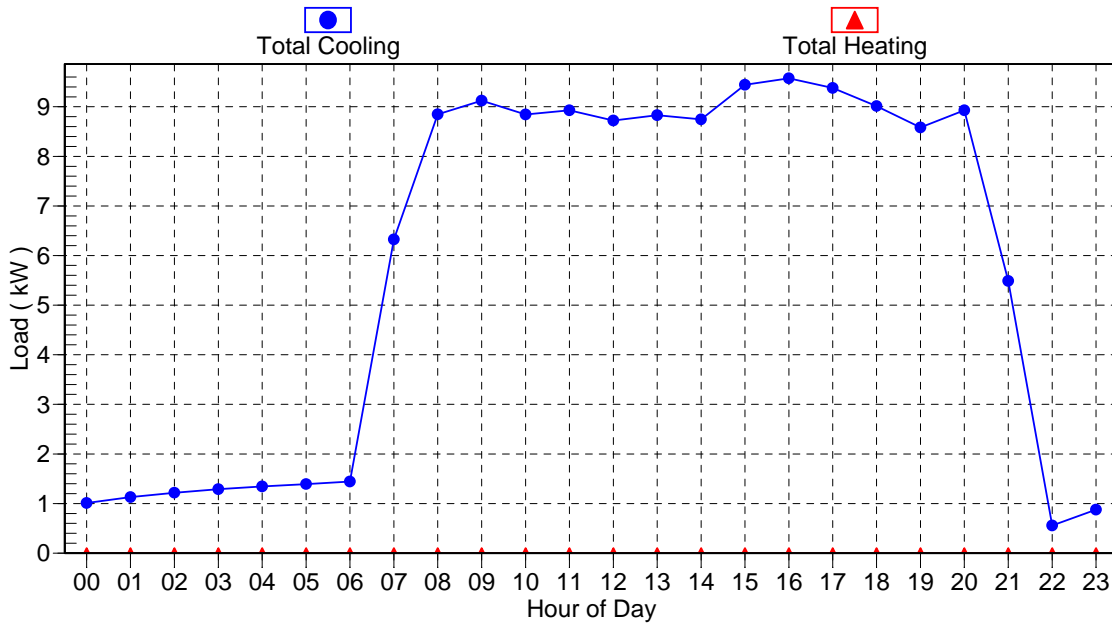


Hourly Air System Design Day Loads for MINISPLIT

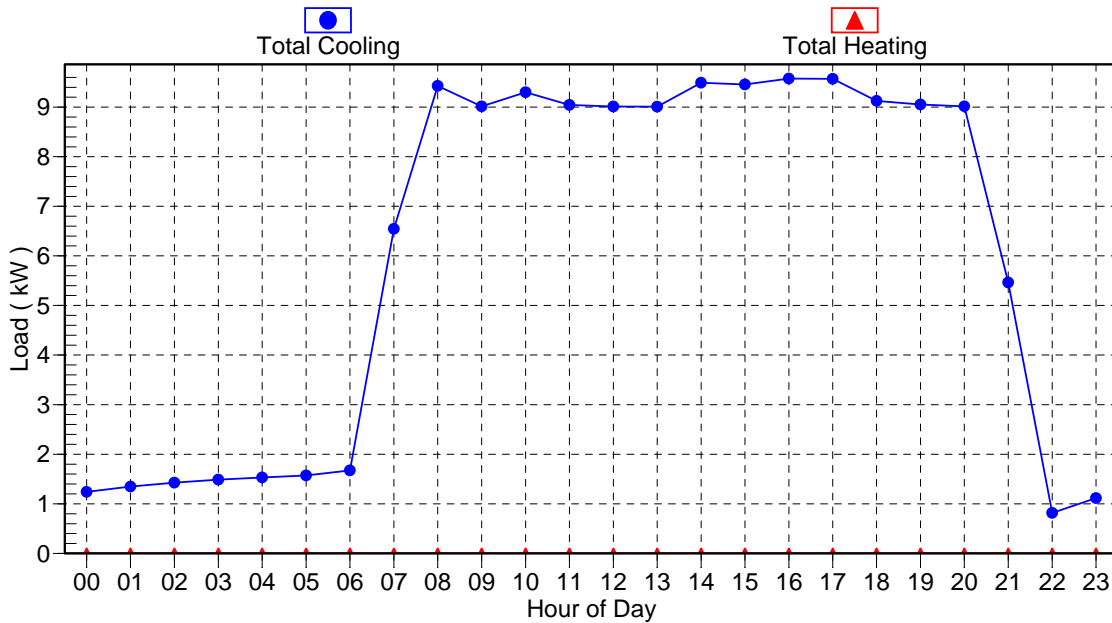
Project Name: Casa del Gobernador
Prepared by: hightechservices

03/14/2011
10:28

Data for March



Data for April

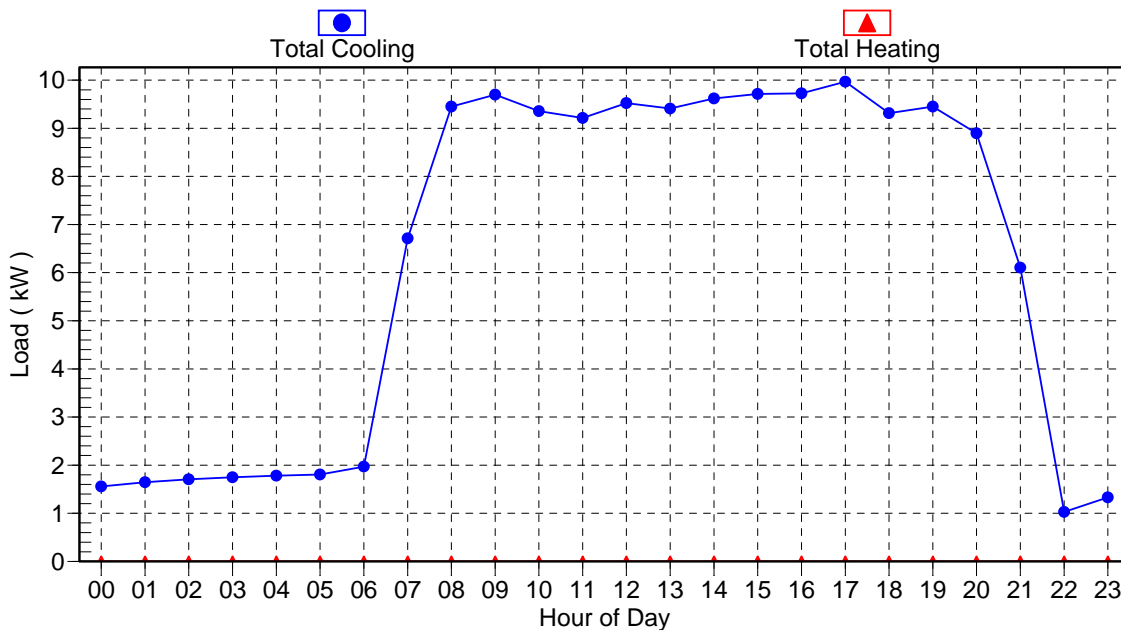


Hourly Air System Design Day Loads for MINISPLIT

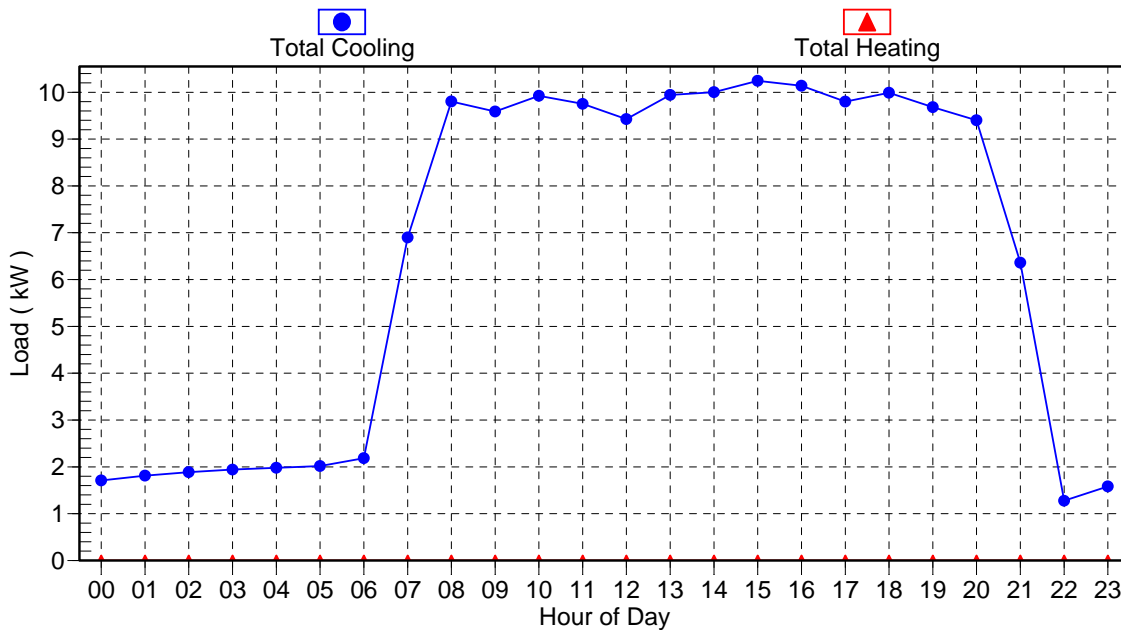
Project Name: Casa del Gobernador
Prepared by: hightechservices

03/14/2011
10:28

Data for May



Data for June

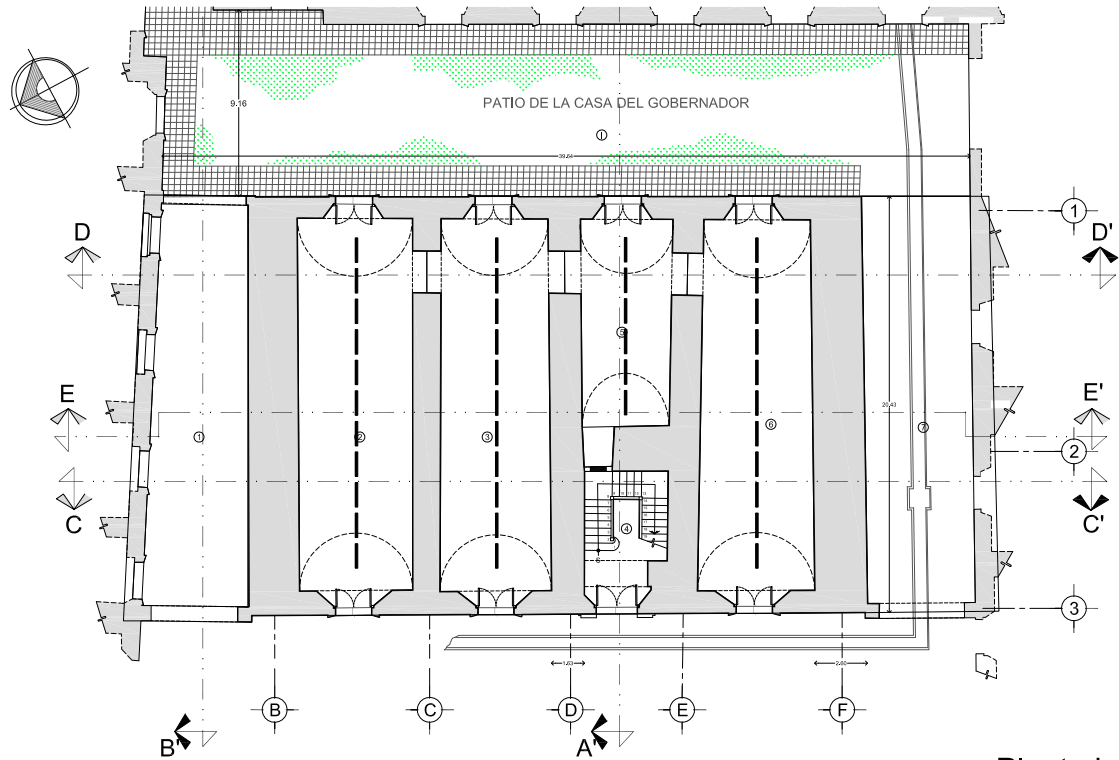


Cargas térmicas, dimensionamiento y potencia equipos de aire acondicionado

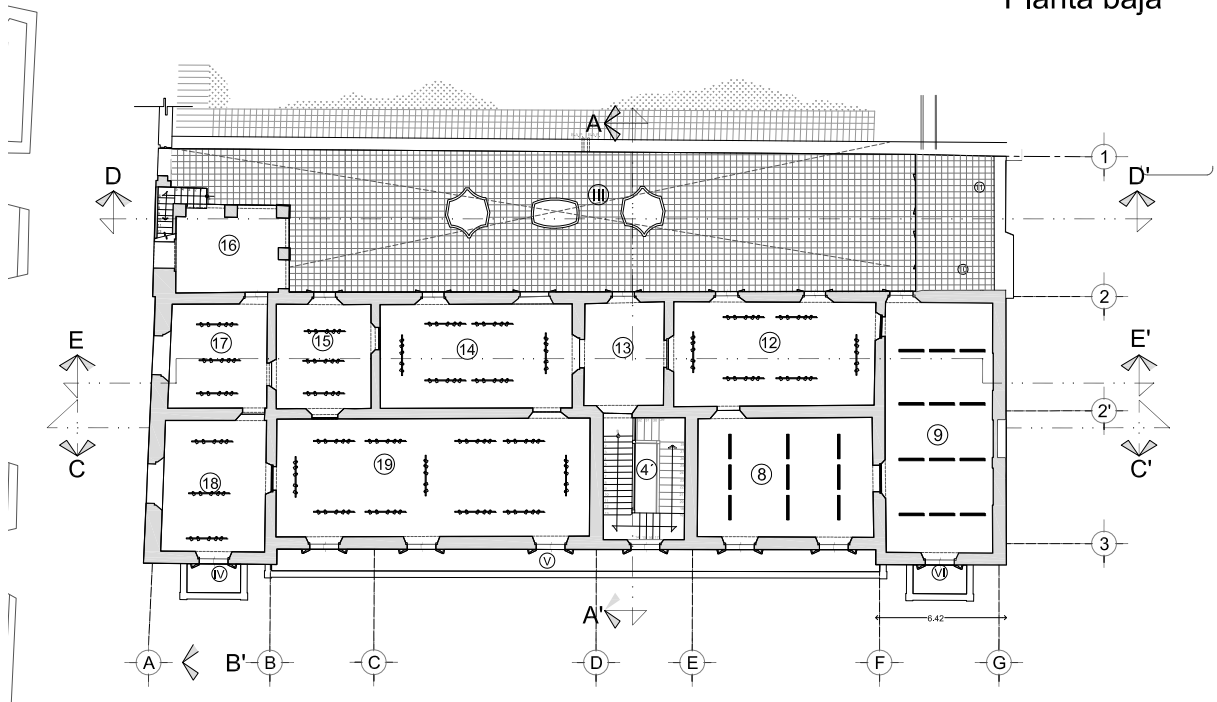
Local	Ubicación	Orientación	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Carga térmica (kW)	Carga térmica (ton)	Enfriamiento (cfm)	Tipo de equipo AA	Capacidad equipo (ton)	Potencia (watts)
1	Planta baja	SE-NO	100.30	401.20	na	na	na	na	na	na
2	Planta baja	SE-NO	108.81	435.24	na	na	na	na	na	na
3	Planta baja	SE-NO	105.81	423.24	na	na	na	na	na	na
4	Planta baja	NO	25.20	escalera	na	na	na	na	na	na
5	Planta baja	SE	53.12	212.48	na	na	na	na	na	na
6	Planta baja	SE-NO	106.36	425.44	na	na	na	na	na	na
7	Planta baja	SE-NO	108.61	434.44	na	na	na	na	na	na
8	Planta alta	NO	52.99	275.55	12.60	3.60	1991.00	minisplit	4.00	3860
9	Planta alta	SE-NO	66.67	346.68	15.00	4.30	2234.00	minisplit	5.00	4650
10	agregado demolido		na	na	na	na	na	na	na	na
11	agregado demolido		na	na	na	na	na	na	na	na
12	Planta alta	SE	52.44	267.44	13.30	3.80	1580.00	minisplit	4.00	3860
13	Planta alta	SE	21.48	107.40	6.10	1.70	790.00	minisplit	2.00	2300
14	Planta alta	SE	49.42	247.10	12.80	3.60	1534.00	minisplit	4.00	3860
15	Planta alta	SE	25.88	129.40	7.10	2.00	870.00	minisplit	2.00	2300
16	Planta alta	SE	22.41	113.17	na	na	na	na	na	na
17	Planta alta	SE	25.51	128.83	7.40	2.10	953.00	minisplit	2.00	2300
18	Planta alta	NO	33.98	180.09	10.10	2.90	1328.00	minisplit	3.00	2720
19	Planta alta	NO	92.40	485.10	24.10	6.80	2853.00	multisplit	7.00	6560
total:			1,051.39	4,612.81	108.50	30.80	14,133.00		33.00	32,410.00

anexo once

Distribución de luminarias en la Casa del Gobernador (levantamiento INAH)



Planta baja



Planta alta

Simbología

Gabinete T5 (2x54 w)
 Riel (MR16, AR111)

0 5 10 m.
 ESCALA GRÁFICA

iluminación artificial edificio de referencia

Local	Ubicación	Superficie (m ²)	Uso	luminarias						demanda total (w)	densidad de potencia
				tipo 1	cantidad	potencia (w)	tipo 2	cantidad	potencia (w)		
1	Planta baja	100.30	pórtico								
2	Planta baja	108.81	museo	T5 (2x54)	7.00	756.00	MR16 (35w)	10.00	350.00	1106.00	10.16
3	Planta baja	105.81	museo	T5 (2x54)	7.00	756.00	MR16 (35w)	10.00	350.00	1106.00	10.45
4	Planta baja	25.20	escalera	T5 (1x28)	4.00	216.00	na	na	na	216.00	8.57
5	Planta baja	53.12	museo	T5 (2x54)	4.00	432.00	MR16 (35w)	8.00	280.00	712.00	13.40
6	Planta baja	106.36	museo	T5 (2x54)	8.00	864.00	MR16 (35w)	10.00	350.00	1214.00	11.41
7	Planta baja	108.61	museo								
8	Planta alta	52.99	oficinas	T5 (2x54)	9.00	972.00	na	na	na	972.00	18.34
9	Planta alta	66.67	oficinas	T5 (2x54)	6.00	648.00	na	na	na	648.00	9.72
10	agregado demolido		terrazza								
11	agregado demolido		terrazza								
12	Planta alta	52.44	oficinas	AR111 (50w)	12.00	600.00	MR16 (35w)	20.00	700.00	1300.00	24.79
13	Planta alta	21.48	museo	AR111 (50w)	4.00	200.00	MR16 (35w)	6.00	210.00	410.00	19.09
14	Planta alta	49.42	museo	AR111 (50w)	12.00	600.00	MR16 (35w)	20.00	700.00	1300.00	26.31
15	Planta alta	25.88	museo	AR111 (50w)	6.00	300.00	MR16 (35w)	9.00	315.00	615.00	23.76
16	Planta alta	22.41	pórtico								
17	Planta alta	25.51	museo	AR111 (50w)	6.00	300.00	MR16 (35w)	9.00	315.00	615.00	24.11
18	Planta alta	33.98	museo	AR111 (50w)	6.00	300.00	MR16 (35w)	9.00	315.00	615.00	18.10
19	Planta alta	92.40	museo	AR111 (50w)	21.00	1050.00	MR16 (35w)	30.00	1050.00	2100.00	22.73
total:		1,051.39			82.00	4,970.00		103.00	3,605.00	12,929.00	12.30

oficinas 1620.00 W 1.62 kW
 Museo 11,309.00 W 11.309 kW

iluminación artificial edificio sustentable

Local	Ubicación	Superficie (m ²)	Uso	luminarias						demanda total (w)	densidad de potencia
				tipo 1	cantidad	potencia (w)	tipo 2	cantidad	potencia (w)		
1	Planta baja	100.30	pórtico								
2	Planta baja	108.81	museo	T5 (2x54)	7.00	756.00	MR16 (4w)	10.00	40.00	796.00	7.32
3	Planta baja	105.81	museo	T5 (2x54)	7.00	756.00	MR16 (4w)	10.00	40.00	796.00	7.52
4	Planta baja	25.20	escalera	T5 (1x28)	4.00	216.00	na	na	na	216.00	8.57
5	Planta baja	53.12	museo	T5 (2x54)	4.00	432.00	MR16 (4w)	8.00	32.00	464.00	8.73
6	Planta baja	106.36	museo	T5 (2x54)	8.00	864.00	MR16 (4w)	10.00	40.00	904.00	8.50
7	Planta baja	108.61	museo								0.00
8	Planta alta	52.99	oficinas	T5 (2x54)	9.00	972.00	na	na	na	972.00	18.34
9	Planta alta	66.67	oficinas	T5 (2x54)	6.00	648.00	na	na	na	648.00	9.72
10	agregado demolido		terrazza								
11	agregado demolido		terrazza								
12	Planta alta	52.44	oficinas	AR111 (9w)	12.00	108.00	MR16 (4w)	20.00	80.00	188.00	3.59
13	Planta alta	21.48	museo	AR111 (9w)	4.00	36.00	MR16 (4w)	6.00	24.00	60.00	2.79
14	Planta alta	49.42	museo	AR111 (9w)	12.00	108.00	MR16 (4w)	20.00	80.00	188.00	3.80
15	Planta alta	25.88	museo	AR111 (9w)	6.00	54.00	MR16 (4w)	9.00	36.00	90.00	3.48
16	Planta alta	22.41	pórtico			0.00			0.00		0.00
17	Planta alta	25.51	museo	AR111 (9w)	6.00	54.00	MR16 (4w)	9.00	36.00	90.00	3.53
18	Planta alta	33.98	museo	AR111 (9w)	6.00	54.00	MR16 (4w)	9.00	36.00	90.00	2.65
19	Planta alta	92.40	museo	AR111 (9w)	21.00	189.00	MR16 (4w)	30.00	120.00	309.00	3.34
total:		1,051.39			82.00	2,223.00		103.00	412.00	5,811.00	5.53

oficinas 1620.00 W 1.62 kW
 Museo 4,191.00 W 4.191 kW

anexo torce

Calculo numero de paneles fotovoltaicos para el edificio de referencia

sistema fotovoltaico interconectado a la red

datos generales

inmueble	Fuerte de San Juan de Ulua, Casa del Gobernador						
sitio	Veracruz, Veracruz						
latitud	19.23	N	longitud	96.12	O	altitud	12 msnm

datos panel fotovoltaico

tipo	monocristalino	potencia	240 w	eficiencia	17.00 %
medidas L	164 cm	ancho	99.2 cm	espesor	5 cm
peso	20.5 kg	marca	solartec	modelo	S60MC-240

cálculo de separación

día diseño	21-Dec	δ	-23.45 °	ω	0.00 °
λ	0.336 rad	α	19 °	β	47.57 °
h	53.39 cm	x	48.81 cm	y	155.07 cm

consumo eléctrico

E (w*h)	0 w/día	rend. Sist.	0.88	E real	0.00 w/h
---------	---------	-------------	------	--------	----------

irradiación - HPS

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
4.4	5.2	5.8	5.8	5.7	5.1	4.9	4.9	4.7	4.4	4.20	3.80	hps

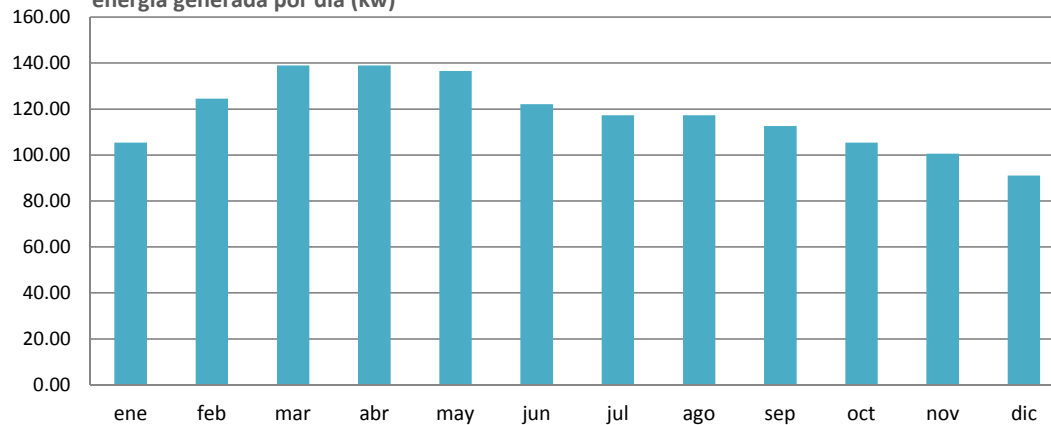
número de paneles

N mayor irrad	0.00	N menor irrad	0	N promedio	126.00 pzas
---------------	------	---------------	---	------------	-------------

energía generada

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	23.95	kw/hr
105.38	124.54	138.91	138.91	136.52	122.15	117.36	117.36	112.57	105.38	100.59	91.01	kw/día

energía generada por día (kw)



anexo catorce

Calculo numero de paneles fotovoltaicos para el edificio sustentable

sistema fotovoltaico interconectado a la red

datos generales

inmueble	Fuerte de San Juan de Ulua, Casa del Gobernador						
sitio	Veracruz, Veracruz						
latitud	19.23	N	longitud	96.12	O	altitud	12 msnm

datos panel fotovoltaico

tipo	monocristalino	potencia	240 w	eficiencia	17.00 %
medidas L	164 cm	ancho	99.2 cm	espesor	5 cm
peso	20.5 kg	marca	solartec	modelo	S60MC-240

cálculo de separación

día diseño	21-Dec	δ	-23.45 °	ω	0.00 °
λ	0.336 rad	α	19 °	β	47.57 °
h	53.39 cm	x	48.81 cm	y	155.07 cm

consumo eléctrico

E (w*h)	0 w/día	rend. Sist.	0.88	E real	0.00 w/h
---------	---------	-------------	------	--------	----------

irradiación - HPS

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
4.4	5.2	5.8	5.8	5.7	5.1	4.9	4.9	4.7	4.4	4.20	3.80	hps

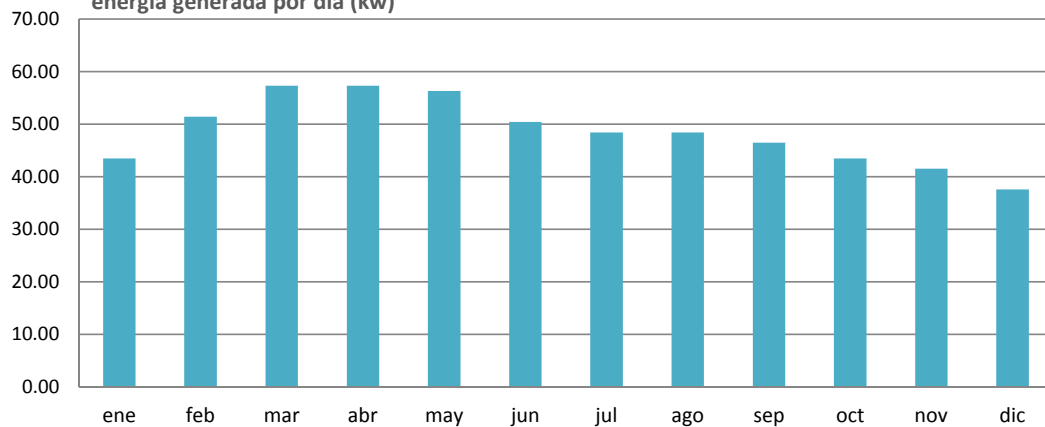
número de paneles

N mayor irrad	0.00	N menor irrad	0	N promedio	52.00 pzas
---------------	------	---------------	---	------------	------------

energía generada

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	9.88	kw/hr
43.49	51.40	57.33	57.33	56.34	50.41	48.43	48.43	46.46	43.49	41.51	37.56	kw/día

energía generada por día (kw)



anexo quince

Costo de los equipos

1. Costo edificio de referencia					
Uso	superficie (m ²)	costo equipos AA	costo luminarias		
			T5 (2x54)	AR111	MR16
			650.00	80.00	60.00
oficinas	119.11	93,046.88	9,750.00	0.00	0.00
museo	932.28	321,911.15	22,100.00	5,360.00	8,460.00
Σ	1,051.39	414,958.04	31,850.00	5,360.00	8,460.00

Inversión equipos AA	\$414,958.04
Inversión luminarias T5	\$31,850.00
Inversión halógenas	\$13,820.00
Inversión luminarias led	\$0.00
Inversión aislante termico	\$0.00
Paneles fotovoltaicos (18)	\$0.00
Costo total inversión	\$460,628.04

2. Costo edificio sustentable					
Uso	superficie (m ²)	costo equipos AA	costo luminarias		
			T5 (2x54)	AR111	MR16
			650.00	590.00	325.00
oficinas	119.11	0.00	9,750.00	0.00	0.00
museo	932.28	0.00	22,100.00	39,530.00	45,825.00
Σ	1,051.39	0.00	31,850.00	39,530.00	45,825.00

Inversión equipos AA	\$0.00
Inversión luminarias T5	\$31,850.00
Inversión halógenas	\$0.00
Inversión luminarias led	\$85,355.00
Inversión aislante termico	\$56,000.00
52 Paneles fotovoltaicos	\$624,000.00
Costo total inversión	\$797,205.00
Diferencia	-\$336,576.96

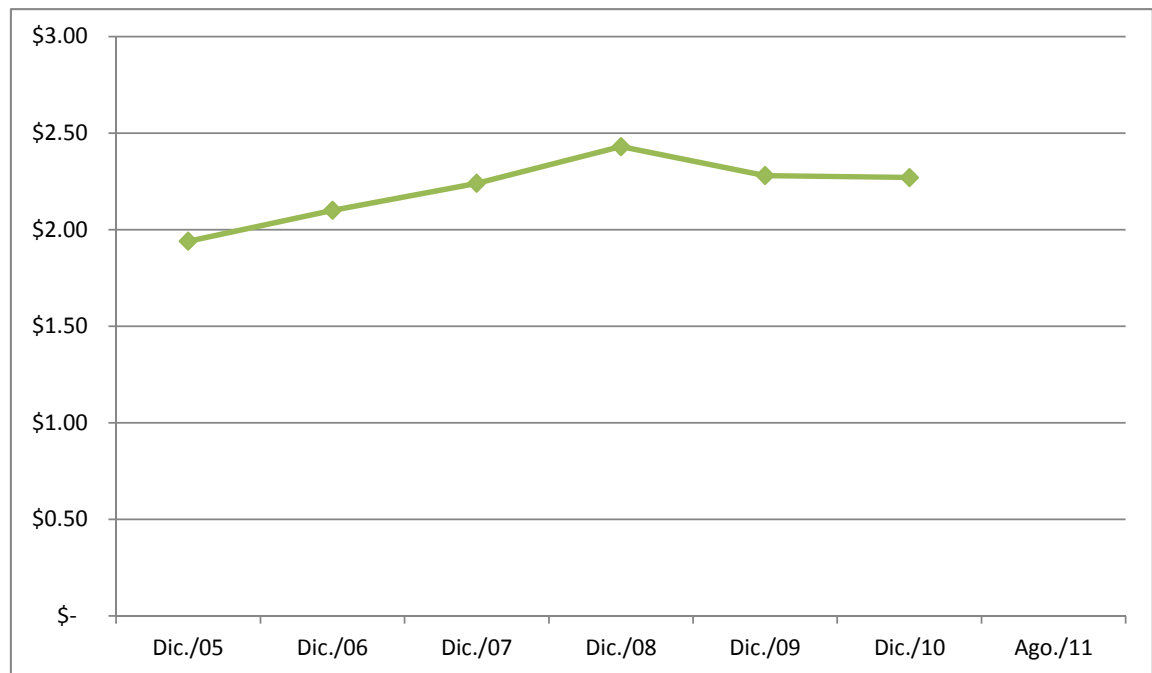
anexo dieciséis

Datos históricos de la tarifa 02, Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Tarifa 2 Baja tensión

Cargos	0	1	2	3	4	5	6
	Dic./05	Dic./06	Dic./07	Dic./08	Dic./09	Dic./10	Ago./11
Energía 02 (\$/kWh)	\$ 1.94	\$ 2.10	\$ 2.24	\$ 2.43	\$ 2.28	\$ 2.27	
incremento		8%	7%	8%	-6%	0%	

incremento promedio anual 3.36%



anexo diecisiete

Datos históricos inflación anual 2006-2011, Fuente: Banco de México.

Inflación (índices de precios al consumidor)

Fecha de consulta: 26/09/2011 03:57:18

Periodo	Sep 2006 - Ago 2011
Periodicidad	Mensual
Cifra	Porcentajes
Unidad	Sin Unidad
Base	
Tipo de información	Índices

Inflación promedio
4.44

Fecha	SP30578
Sep 2006	4.09000000
Oct 2006	4.29000000
Nov 2006	4.09000000
Dic 2006	4.05000000
Ene 2007	3.98000000
Feb 2007	4.11000000
Mar 2007	4.21000000
Abr 2007	3.99000000
May 2007	3.95000000
Jun 2007	3.98000000
Jul 2007	4.14000000
Ago 2007	4.03000000
Sep 2007	3.79000000
Oct 2007	3.74000000
Nov 2007	3.93000000
Dic 2007	3.76000000
Ene 2008	3.70000000
Feb 2008	3.72000000
Mar 2008	4.25000000
Abr 2008	4.55000000
May 2008	4.95000000
Jun 2008	5.26000000
Jul 2008	5.39000000
Ago 2008	5.57000000
Sep 2008	5.47000000
Oct 2008	5.78000000
Nov 2008	6.23000000
Dic 2008	6.53000000
Ene 2009	6.28000000
Feb 2009	6.20000000

Fecha	SP30578
Mar 2009	6.04000000
Abr 2009	6.17000000
May 2009	5.98000000
Jun 2009	5.74000000
Jul 2009	5.44000000
Ago 2009	5.08000000
Sep 2009	4.89000000
Oct 2009	4.50000000
Nov 2009	3.86000000
Dic 2009	3.57000000
Ene 2010	4.46000000
Feb 2010	4.83000000
Mar 2010	4.97000000
Abr 2010	4.27000000
May 2010	3.92000000
Jun 2010	3.69000000
Jul 2010	3.64000000
Ago 2010	3.68000000
Sep 2010	3.70000000
Oct 2010	4.02000000
Nov 2010	4.32000000
Dic 2010	4.40000000
Ene 2011	3.78000000
Feb 2011	3.57000000
Mar 2011	3.04000000
Abr 2011	3.36000000
May 2011	3.25000000
Jun 2011	3.28000000
Jul 2011	3.55000000
Ago 2011	3.42000000

anexo dieciocho

Flujos de dinero mensuales durante 10 años

1. Flujos de dinero mensual								
meses	Ahorros tecnología sustentable		c) climatización pasiva (noAA)	(d) cuota mantenimiento	Ahorro total (a+b+c) - d	Cantidad		
	(a) paneles fv	(b) led						
0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 797,205.00	inversion
1	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 22,080.51		tarifa BT-2 CFE
2	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 44,161.02		\$ 2.27 kWh
3	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 66,241.52		
4	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 88,322.03		Mantenimiento
5	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 110,402.54		\$700.00 mes
6	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 132,483.05		
7	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 154,563.56		
8	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 176,644.07		
9	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 198,724.57		
10	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 220,805.08		
11	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$700.00	\$ 22,080.51	\$ 242,885.59		
12	\$ 3,178.00	\$ 4,407.70	\$ 15,194.81	-\$ 700.00	\$ 22,080.51	\$ 264,966.10		primer año
13	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 22,814.85		
14	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 45,629.71		tarifa BT-2 CFE
15	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 68,444.56		\$ 2.35 kWh
16	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 91,259.41		
17	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 114,074.27		Mantenimiento
18	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 136,889.12		\$731.08 mes
19	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 159,703.97		
20	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 182,518.83		
21	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 205,333.68		
22	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 228,148.53		
23	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$731.08	\$ 22,814.85	\$ 250,963.39		
24	\$ 3,284.78	\$ 4,555.80	\$ 15,705.35	-\$ 731.08	\$ 22,814.85	\$ 273,778.24		segundo año
25	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 23,573.54		
26	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 47,147.07		tarifa BT-2 CFE
27	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 70,720.61		\$ 2.43 kWh
28	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 94,294.15		
29	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 117,867.68		Mantenimiento
30	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 141,441.22		\$763.54 mes
31	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 165,014.76		
32	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 188,588.29		
33	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 212,161.83		
34	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 235,735.37		
35	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$763.54	\$ 23,573.54	\$ 259,308.90		
36	\$ 3,395.15	\$ 4,708.88	\$ 16,233.05	-\$ 763.54	\$ 23,573.54	\$ 282,882.44		tercer año
37	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 24,357.36		
38	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 48,714.72		tarifa BT-2 CFE
39	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 73,072.08		\$ 2.51 kWh
40	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 97,429.45		
41	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 121,786.81		Mantenimiento
42	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 146,144.17		\$797.44 mes
43	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 170,501.53		
44	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 194,858.89		
45	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 219,216.25		
46	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 243,573.61		
47	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$797.44	\$ 24,357.36	\$ 267,930.98		
48	\$ 3,509.23	\$ 4,867.09	\$ 16,778.48	-\$ 797.44	\$ 24,357.36	\$ 292,288.34		cuarto año
49	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 25,167.16		
50	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 50,334.31		tarifa BT-2 CFE
51	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 75,501.47		\$ 2.59 kWh
52	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 100,668.63		
53	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 125,835.78		

1. Flujos de dinero mensual

meses	Ahorros tecnología sustentable		c) climatización	(d) cuota	Ahorro total	Cantidad	
	(a) paneles fv	(b) led	pasiva (noAA)	mantenimiento	(a+b+c) - d		
54	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 151,002.94	Mantenimiento
55	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 176,170.09	\$832.85 mes
56	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 201,337.25	
57	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 226,504.41	
58	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 251,671.56	
59	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$832.85	\$ 25,167.16	\$ 276,838.72	
60	\$ 3,627.14	\$ 5,030.63	\$ 17,342.24	-\$ 832.85	\$ 25,167.16	\$ 302,005.88	quinto año
61	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 302,005.88	tarifa BT-2 CFE
62	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 328,009.65	\$ 2.68 kWh
63	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 354,013.43	
64	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 380,017.21	Mantenimiento
65	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 406,020.99	\$869.83 mes
66	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 432,024.77	
67	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 458,028.55	
68	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 484,032.32	
69	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 510,036.10	
70	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 536,039.88	
71	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$869.83	\$ 26,003.78	\$ 562,043.66	
72	\$ 3,749.01	\$ 5,199.66	\$ 17,924.94	-\$ 869.83	\$ 26,003.78	\$ 588,047.44	sexto año
73	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 26,868.11	
74	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 53,736.22	
75	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 80,604.33	tarifa BT-2 CFE
76	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 107,472.44	\$ 2.77 kWh
77	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 134,340.55	
78	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 161,208.67	Mantenimiento
79	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 188,076.78	\$908.45 mes
80	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 214,944.89	
81	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 241,813.00	
82	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 268,681.11	
83	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$908.45	\$ 26,868.11	\$ 295,549.22	
84	\$ 3,874.97	\$ 5,374.37	\$ 18,527.22	-\$ 908.45	\$ 26,868.11	\$ 322,417.33	séptimo año
85	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 27,761.07	
86	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 55,522.14	tarifa BT-2 CFE
87	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 83,283.20	\$ 2.86 kWh
88	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 111,044.27	
89	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 138,805.34	
90	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 166,566.41	Mantenimiento
91	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 194,327.48	\$948.78 mes
92	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 222,088.55	
93	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 249,849.61	
94	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 277,610.68	
95	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$948.78	\$ 27,761.07	\$ 305,371.75	
96	\$ 4,005.17	\$ 5,554.95	\$ 19,149.73	-\$ 948.78	\$ 27,761.07	\$ 333,132.82	octavo año
97	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 28,683.59	
98	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 57,367.19	
99	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 86,050.78	tarifa BT-2 CFE
100	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 114,734.37	\$ 2.96 kWh
101	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 143,417.97	
102	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 172,101.56	Mantenimiento
103	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 200,785.15	\$990.91 mes
104	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 229,468.75	
105	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 258,152.34	
106	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 286,835.93	
107	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$990.91	\$ 28,683.59	\$ 315,519.53	

1. Flujos de dinero mensual

meses	Ahorros tecnología sustentable		c) climatización pasiva (noAA)	(d) cuota mantenimiento	Ahorro total (a+b+c) - d	Cantidad	
	(a) paneles fv	(b) led					
108	\$ 4,139.75	\$ 5,741.59	\$ 19,793.16	-\$ 990.91	\$ 28,683.59	\$ 344,203.12	noveno año
109	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 29,636.66	tarifa BT-2 CFE \$ 3.06 kWh Mantenimiento \$1,034.90 mes
110	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 59,273.32	
111	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 88,909.98	
112	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 118,546.64	
113	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 148,183.30	
114	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 177,819.96	
115	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 207,456.62	
116	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 237,093.28	
117	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 266,729.94	
118	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 296,366.60	
119	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 326,003.26	
120	\$ 4,278.84	\$ 5,934.51	\$ 20,458.21	-\$ 1,034.90	\$ 29,636.66	\$ 355,639.92	

México: C e t e s¹ (tasa de rendimiento anualizado²) 1982-2011
(tasa anualizada, promedio mensual y anual)

Periodo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PROMEDIO
1982	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	68.49	42.89	46.76	61.80	54.99
1983	69.36	74.39	82.95	79.06	79.91	78.19	78.56	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	77.49
1984	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1985	n.d.	60.50	71.69	75.81	72.99	83.00	89.29	96.17	88.95	82.95	87.10	100.56	82.64
1986	101.50	102.15	111.91	117.96	117.96	126.55	138.36	149.89	163.46	160.48	150.91	159.57	133.39
1987	153.55	153.48	150.77	144.84	141.52	141.84	140.98	138.67	138.02	138.40	170.89	219.71	152.72
1988	337.57	324.03	152.94	85.66	68.17	48.80	48.67	50.15	50.87	54.81	63.21	66.85	112.65
1989	64.44	61.88	59.78	63.35	66.10	73.99	58.62	40.87	40.31	45.26	46.77	49.00	55.86
1990	50.07	55.85	58.04	55.01	43.85	37.65	35.36	34.12	34.67	32.79	27.85	29.32	41.21
1991	26.38	25.77	24.41	23.29	21.66	19.26	20.12	18.05	19.03	19.41	17.95	17.98	21.11
1992	16.43	15.57	12.50	13.17	14.48	16.11	17.49	17.80	19.02	21.21	19.74	18.25	16.81
1993	18.06	19.26	18.94	17.42	16.12	16.65	14.76	14.57	14.61	13.95	15.37	12.44	16.01
1994	11.04	9.87	10.18	16.98	17.64	17.44	18.47	15.46	14.66	14.48	14.64	20.16	15.09
1995	44.32	50.65	96.60	106.50	78.17	58.95	49.57	41.39	39.10	48.63	68.23	61.06	61.93
1996	49.64	46.19	50.31	41.49	32.47	31.64	36.14	29.98	26.70	29.02	33.93	30.90	36.53
1997	26.27	21.70	23.95	23.57	20.06	22.14	20.51	20.66	19.59	19.47	22.13	20.57	21.72
1998	19.50	20.44	21.76	20.78	19.46	21.34	22.04	25.14	49.36	41.01	37.30	39.37	28.12
1999	37.31	32.87	26.17	22.29	21.81	23.24	21.68	22.59	21.59	19.41	18.34	17.75	23.75
2000	17.45	17.01	14.55	13.72	15.14	16.82	14.63	16.34	16.14	17.09	19.04	18.45	16.37
2001	19.43	18.79	17.00	16.03	12.63	9.85	9.80	7.77	9.73	8.69	7.69	6.47	11.99
2002	7.20	8.20	7.47	5.91	6.81	7.55	7.63	6.89	7.59	7.93	7.55	7.10	7.32
2003	8.59	9.42	9.57	8.15	5.38	5.33	4.67	4.54	4.83	5.23	5.11	6.23	6.42
2004	5.06	5.71	6.46	6.15	6.79	6.77	7.03	7.45	7.61	8.04	8.52	8.84	7.04
2005	8.95	9.54	9.83	10.07	10.20	10.07	10.04	10.03	9.61	9.28	9.07	8.54	9.60
2006	8.17	7.88	7.62	7.41	7.25	7.25	7.26	7.26	7.29	7.28	7.27	7.27	7.44
2007	7.27	7.27	7.27	7.24	7.49	7.44	7.43	7.44	7.45	7.44	7.70	7.70	7.43
2008	7.68	7.69	7.69	7.70	7.70	7.83	8.22	8.49	8.48	8.02	7.69	8.32	7.96
2009	7.86	7.36	7.26	6.22	5.42	5.10	4.69	4.58	4.57	4.60	4.60	4.59	5.57
2010	4.58	4.58	4.54	4.53	4.61	4.69	4.69	4.61	4.52	4.10	4.04	4.39	4.49
2011	4.21	4.12	4.35	4.36	4.40	4.46	4.22						4.30
Tasa promedio anual (2007-2011)													5.95

1/ Certificados de la Tesorería de la Federación a 28 días; es una tasa de interés pasiva -Instituciones de ahorro no bancarios- en México. Títulos de crédito al portador denominados en moneda nacional a cargo del Gobierno Federal. El Decreto mediante el cual la Secretaría de Hacienda y Crédito Público fue autorizada a emitir Cetes apareció publicado en el Diario Oficial de la Federación del 28 de noviembre de 1977, el cual fue abrogado por el Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de julio de 1993.

2/ Calculada en base a la siguiente ecuación: $ra = \left(\frac{1 + (rn/100)}{365/28} \right)^{365/28} - 1 \times 100$; donde ra es la tasa de rendimiento anualizado e rn es la tasa de rendimiento nominal anual. Para su estimación se utilizó el cuadro No. 28. n.d.: No disponible.

Fuente: Elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados con datos del Banco de México.