

# **UNIVERSIDAD DE SONORA**

DIVISION DE HUMANIDADES Y BELLAS ARTES

**DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

PROGRAMA DE ARQUITECTURA



**“CONTROL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y  
CONFORT TÉRMICO EN EDIFICIOS MEDIANTE EL  
DISEÑO DE LOS ESPACIOS EXTERIORES EN  
LUGARES DE CLIMA CÁLIDO SECO”**

**TESIS**

Que presenta para obtener el título de:

**ARQUITECTO**

1942  
PRESENTA

**ESAIY ANTONIO VALDENEBRO GALAZ**

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. JOSÉ MANUEL OCHOA DE LA TORRE

**Hermosillo, Sonora.**

**Mayo de 2013**

# Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

# **UNIVERSIDAD DE SONORA**

DIVISION DE HUMANIDADES Y BELLAS ARTES

**DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

PROGRAMA DE ARQUITECTURA



**“CONTROL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y  
CONFORT TÉRMICO EN EDIFICIOS MEDIANTE EL  
DISEÑO DE LOS ESPACIOS EXTERIORES EN  
LUGARES DE CLIMA CÁLIDO SECO”**

**TESIS**

Que presenta para obtener el título de:

**ARQUITECTO**

1942  
PRESENTA

**ESAIY ANTONIO VALDENEBRO GALAZ**

ASESORES:

DRA. IRENE MARINCIC LOVRIHA

M. EN C. BEATRIZ CLEMENTE MARROQUIN

DRA. MARIA GUADALUPE ALPUCHE CRUZ

**Hermosillo, Sonora.**

**Mayo de 2013**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la oportunidad de llegar hasta aquí.

A mis padres, quienes con amor y consejos me han guiado para ser mejor persona, sin su empuje y tenacidad nada de esto fuera posible; A mi madre, quien desde pequeño me enseñó lo importante de exigirme cada vez más, y que me mostró como con creatividad e ingenio la vida es más divertida. A mi padre, quien admiro y aprecio por su gran fortaleza y quien siempre estuvo al pendiente de mis necesidades brindándome acertados consejos de vida cuando los necesitaba. Siempre serán mi principal motivación para alcanzar el éxito.

A mis hermanos; Magda, Hannia, Eliot y Rubén por su motivación a seguir luchando por esto y por el apoyo incondicional que siempre me brindaron.

A mis amigos y compañeros arquitectos, con los que tanto conviví y de los que tanto he aprendido, doy gracias de haberlos conocido.

A mi director de tesis, el Dr. José Manuel Ochoa, por brindarme su amistad, conocimientos y orientación en el desarrollo de esta tesis.

A la Dra. Irene Marincic, por su continua disposición de ayuda, consejos para la realización de esta tesis y por su amistad.

A la Arq. Beatriz Clemente, por siempre demostrar su compromiso con el aprendizaje de sus alumnos.

A la Arq. Laura Mercado por su disposición de ayuda, y por ser guía en la organización y presentación de esta tesis.

A mi gran amiga, la Dra. Guadalupe Alpuche a la cual admiro por siempre ofrecerme su ayuda incondicional, cariño y consejos en la elaboración de esta tesis.

A la Arq. Martha Robles, por brindarme su amistad, por alentarme a cumplir mis metas y por demostrar siempre su compromiso con el desarrollo académico de los alumnos.

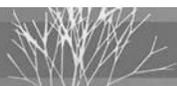
A la Universidad de Sonora, la cual mediante su programa de Sustentabilidad me apoyó económicamente en la realización de esta investigación.

Todos ustedes fueron pieza fundamental para el logro de esta meta: Mis estudios universitarios en Arquitectura.

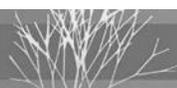
¡Muchas gracias!

# ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	08
OBJETIVOS.....	10
HIPÓTESIS.....	11
JUSTIFICACIÓN.....	12
METODOLOGÍA.....	15
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
1.1 CONCEPTOS Y ESTRATEGIAS.....	18
1.2. NORMATIVIDAD Y REGLAMENTOS.....	25
1.2.1 Reglamento de Construcción Hermosillo.....	25
1.2.2 Recomendaciones de la Comisión Nacional de Vivienda.....	26
1.2.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-ENER-201: Eficiencia energética en edificaciones.- Envolverte de edificios para uso habitacional. ....	28
<b>CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES</b>	<b>30</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.....	31
2.2 EXPERIENCIAS SIMILARES Y CASOS ANÁLOGOS.....	35
2.2.1 Caso 1: Influencia del diseño de espacios exteriores en la disminución de cargas térmicas de los edificios de la unidad centro de la Universidad de Sonora.....	35
2.2.2 Caso 2: Investigación “Confort Térmico y Ahorro de Energía en la Vivienda Económica en México: Regiones de Clima Cálido Seco y Húmedo”.....	37
2.2.3 Caso 3: Propuesta de vivienda económica para clima cálido seco: Caso Hermosillo, Sonora.....	38
<b>CAPÍTULO 3. ESTUDIOS PRELIMINARES</b>	<b>41</b>
3.1 ANÁLISIS CLIMÁTICO DEL SITIO.....	42
3.1.1 Ubicación.....	42
3.1.2 Temperatura.....	44
3.1.3 Precipitación pluvial.....	46
3.1.4 Humedad.....	46
3.1.5 Viento.....	47
3.1.6 Radiación Solar.....	48
3.1.7 Confort y clima.....	51

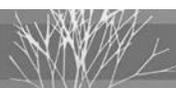


3.3 VARIABLES FÍSICAS COMPLEMENTARIAS.....	53
3.2.1 Hidrología.....	53
3.2.2 Tipos de suelo.....	54
3.2.3 Topografía.....	54
3.4 EL TERRENO.....	55
3.5 ESTUDIO DEL USUARIO.....	56
3.5.1 Usuario vivienda interés social.....	56
<b>CAPITULO 4. PAUTAS DE DISEÑO DE ESPACIOS EXTERIORES EN REGIONES DE CLIMA CÁLIDO SECO</b>	<b>58</b>
4.1 Proceso de diseño de espacios exteriores .....	59
4.2 Estrategias de ahorro de recursos.....	63
4.2.1 Ahorro energético.....	63
4.2.2 Ahorro de agua.....	74
4.4 Estrategias de diseño formal y ornamental.....	84
4.5 Propuesta de paleta arquitectónica-microclimática de especies vegetales de la región.....	92
<b>CAPITULO 5. EJEMPLO DE APLICACIÓN</b>	<b>100</b>
Lámina 1. Descripción del proyecto.....	102
Lámina 2. Descripción del proyecto.....	103
Lamina 3. Análisis de sombras.....	104
Lámina 4. Análisis exterior en prototipo construido.....	105
Lámina 5. Análisis exterior en prototipo construido.....	106
Lámina 6. Análisis confort exterior en prototipo construido.....	107
Lámina 7. Zonificación.....	108
Lámina 8 Propuesta exterior.....	109
Lámina 9. Propuesta exterior.....	110
Lámina 10. Especies vegetales en propuesta.....	111
Lámina 11. Paleta arquitectónica-microclimática de especies vegetales.....	112
Lámina 12. Apariencia vegetal por temporada.....	113
Lámina 13. Evaluación de la propuesta.....	114
Plano A-1. Planta arquitectónica.....	115
Plano A-2. Cortes arquitectónicos.....	116
Plano A-3. Fachadas arquitectónicas.....	117
Plano A-4. Acabados exteriores.....	118
Plano A-1. Plano de Plantación.....	119
Plano A-1. Propuesta sistema de riego.....	120
CONCLUSIÓN.....	121
ANEXOS.....	124
BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS.....	137

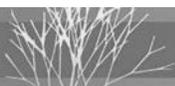


## ÍNDICE DE IMÁGENES

CONTENIDO	PÁGINA
1.1 Principales factores y parámetros que afectan el confort según los modelos de equilibrio térmico.....	20
3.1 Distribución de las zonas climáticas en el mundo.....	42
3.2 Distribución de los climas en México.....	43
4.1 Obstrucción de radiación solar directa con árboles caducifolios.....	64
4.2 Obstrucción de radiación solar directa por elementos vegetales o constructivos.....	64
4.3 Disminución de radiación reflejada por uso de cubiertas vegetales.....	65
4.4 Uso de materiales de baja reflectancia para disminuir la radiación reflejada hacia el edificio.....	65
4.5 Uso de elementos constructivos o vegetales de baja altura para obstruir la radiación reflejada hacia el edificio.....	66
4.6 Control del flujo de radiación solar en el edificio con el uso de elementos vegetales.....	67
4.7 Uso de coberturas vegetales sobre el edificio para controlar la ganancia de calor en sus superficies.....	67
4.8 Mantener fresco el microclima exterior al irrigar las coberturas vegetales..	68
4.9 Uso de materiales de alto albedo que no emitan grandes cantidades de radiación infrarroja posterior a la exposición solar.....	68
4.10 Intercalar césped con otros materiales para aminorar la acumulación de energía.....	69
4.11 Uso de materiales permeables que permitan el paso del agua hacia el terreno.....	69
4.12 Obstrucción del aire por elementos vegetales.....	70
4.13 Conducción del viento por medio de la vegetación.....	71
4.14 Uso de coberturas vegetales para disminuir el calentamiento del edificio..	71
4.15 Uso de árboles para evitar que las superficies se calienten.....	72
4.16 Uso de vegetación o de materiales porosos para mantener fresco el microclima al ser irrigados.....	73
4.17 Confinamiento del aire fresco que pasa a través de la vegetación.....	73
4.18 El juego de texturas en el diseño con el uso de variedad de especies vegetales es importante para lograr una imagen interesante del mismo....	85
4.19 Barrera física, visual o acústica por medio de la vegetación.....	86
4.20 Alegrar la geometría de la construcción.....	87
4.21 Enfatizar la horizontalidad.....	87
4.22 Contrastar la horizontalidad.....	87
4.23 Enmarcar una vista.....	88
4.24 Semi-esconder un volumen para hacerlo atractivo.....	88

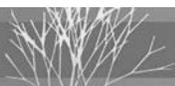


CONTENIDO	PÁGINA
4.25 Disimular o esconder líneas de instalaciones.....	88
4.26 Proporcionar un espacio.....	89
4.27 Lograr unidad ambiental.....	89
4.28 Canalizar circulaciones.....	89
4.29 Delimitar un área.....	90
4.30 Crear una ventana al paisaje.....	90
4.31 Incrementar la altura de la topografía.....	90
4.32 Ocultar imágenes visuales negativas.....	91
4.33 Proteger laderas contra la erosión.....	91
4.34 Clasificación de la vegetación según su comportamiento y altura.....	92
4.35 Círculo cromático de los colores cálidos y fríos.....	95



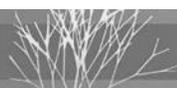
## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

CONTENIDO	PÁGINA
2.1 Fachada principal-sur y fachada este del prototipo construido.....	39
2.2 Fachada trasera-norte y lateral-oeste del prototipo construido.....	40
2.4 Vista del contexto arquitectónico del prototipo construido.....	40
4.1 Ejemplos de disposición de follaje.....	94
4.2 Clasificación del tamaño de hoja.....	96
4.3 Clasificación de transmitancia según la densidad de follaje.....	96



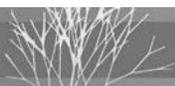
## ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
2.1 Dimensiones de lotes habitacionales.....	32
2.2 Cronología de la vivienda de interés social en México.....	33
3.1 Velocidad y dirección del viento, Hermosillo, Sonora.....	47
4.1 Plantas cubresuelos de uso común en la región.....	77
4.2 Tipos comunes de recubrimientos.....	78
4.3 Diferencias entre microaspersores y microdifusores.....	81
4.4 Tabla comparativa de los 3 tipos de sistemas de riego.....	82
4.5 Modelos geométricos de los follajes.....	93
4.6 Clasificación de árboles y arbustos según su altura.....	95
4.7 Porcentaje de transmisividad según su tipo de follaje.....	97
4.8 Porcentaje de Permeabilidad según su tipo de follaje.....	97
4.9 Fechas aproximadas de las épocas de foliación y defoliación de especies caducifolias.....	98
4.10 Características de adaptación ambiental de la vegetación.....	99



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

CONTENIDO	PÁGINA
0.1 Consumo eléctrico por aparato electrodoméstico.....	12
0.2 Consumo energético en México del sector residencial, comercial y público	13
3.1 Temperaturas horarias promedio en la ciudad de Hermosillo, Sonora.....	45
3.2 Rango de temperaturas y zona de Confort.....	45
3.3 Humedad relativa horaria en la ciudad de Hermosillo, Sonora.....	46
3.4 Radiación Global horaria promedio en la ciudad de Hermosillo, Sonora.....	48
3.5 Gráfica 3d de radiación Solar Global Promedio Mensual.....	48
3.6 Gráfica solar para Hermosillo, Sonora.....	49
3.7 Tabla de protecciones solares para el período del 21 de dic. al 21 de jun..	50
3.8 Tabla de protecciones solares para el período del 21 de dic. al 21 de jun..	50
3.9 Diagrama psicométrico, condiciones máximas y mínimas.....	51
3.10 Estrategias de diseño seleccionadas para considerarse en el diseño paisajístico .....	52



## INTRODUCCIÓN

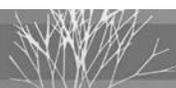
México sufre, de manera cada vez más obvia, los efectos del calentamiento global, incremento de temperatura, desajustes en los niveles de precipitación, duración de las temporadas y en la fuerza y calendarización de fenómenos climatológicos. Estos fenómenos mantienen una estrecha relación con la expansión y el crecimiento de los centros de población y, en particular, con la edificación y el espacio urbano.

Las condiciones climáticas que existen en gran parte del estado han sido un reto para sus habitantes, debido a que el verano es muy largo y caluroso y se alcanzan temperaturas superiores a los 40°C, y el invierno es relativamente corto, con temperaturas extremas menores a los 5°C, casi sin estaciones intermedias, lo que dificulta realizar las actividades diarias en el exterior y que a pesar del rigor del clima en verano, se tienen que seguir realizando.

Desde hace unos años el problema se agravó por la escasez de agua que existe, lo que afectó de manera importante a sus habitantes y también al paisaje en las distintas edificaciones y en general en el espacio urbano; las sombras de los árboles fueron desapareciendo provocando espacios exteriores no confortantes con la falta del resguardo del sol y por otro lado las áreas verdes fueron reemplazadas por áreas cubiertas de concreto o con otros elementos que no contribuyen a la habitabilidad de estos espacios exteriores ni al del edificio en particular al no proteger estos elementos de la ganancia térmica en la envolvente del mismo.

Este fenómeno se puede observar en muchos espacios urbanos de la ciudad, al igual que en las instalaciones de la Universidad de Sonora, que consciente del problema de escasez de agua que sufre Hermosillo, optó por cambiar sus jardines por áreas cubiertas de piedra o concreto y los árboles por cactus y/o palmeras, con el objetivo de reducir al mínimo el consumo de agua necesario para mantener los jardines y al mismo tiempo disminuir los costos generado por el mantenimiento de los espacios ajardinados. Las condiciones ambientales que se generan con estas acciones, crean espacios con un microclima cálido y no confortable y el cual a su vez influye sobre los edificios, provocando una mayor ganancia de calor en el interior del edificio, debido a la radiación que es reflejada y emitida por sus materiales. Esto se traduce en el aumento del consumo de energía eléctrica de la edificación necesaria para lograr un ambiente confortable y adecuado en el interior de estos, mediante la utilización de climatización artificial.

Esta tesis surge para brindar una estrategia de solución a los efectos negativos del calentamiento global causado, como lo mencioné anteriormente, por el excesivo consumo energético, apreciable en lugares donde el clima es riguroso, y donde los sistemas de climatización son necesarios buscando el confort interior en los edificios.

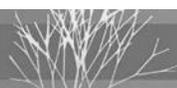


Este proyecto analiza los beneficios de la vegetación y de un diseño paisajístico adecuado con el ahorro energético de edificios, la generación de confort en los usuarios y la habitabilidad de los espacios exteriores considerando el clima cálido seco de la región.

Busca ofrecer de manera práctica recomendaciones de diseño que promuevan la reducción de consumo energético de los edificios y la conservación de los recursos naturales mediante el diseño paisajístico en espacios exteriores en nuestra región. Además de promover el uso de la vegetación local, en pro de la habitabilidad de los espacios exteriores, además de los beneficios que esta vegetación tiene con el medio ambiente.

Esta tesis pretende servir como guía para sus lectores sobre el diseño paisajístico adecuado circundante a edificaciones en lugares donde el clima es cálido-seco extremo, considerando el ahorro de recursos como el agua y la energía y el confort de los usuarios en el mismo espacio exterior.

El capítulo 1 corresponde al “Marco teórico” donde se estudian conceptos involucrados en el tema, entre los que se encuentran las condiciones de confort térmico, sistemas pasivos de control climático y el diseño paisajístico bioclimático. Además se investiga acerca de reglamentos, normas y recomendaciones que hacen instituciones públicas acerca del diseño de espacios exteriores. En “Antecedentes” se analizarán distintos proyectos de investigación que ofrecen información importante, así como métodos y estrategias de análisis a utilizarse en el desarrollo de este proyecto. El análisis del sitio, corresponde al capítulo 3 de “Estudios Preliminares” y el capítulo 4, titulado “Pautas de diseño de espacios exteriores en regiones de clima cálido seco”, abordará recomendaciones y estrategias recopiladas de distintas fuentes acerca del ahorro de recursos tanto en consumo eléctrico como de agua para el mantenimiento de las áreas verdes. Finalmente el capítulo 5 describe un ejemplo de diseño exterior donde se aplican las estrategias anteriormente señaladas y su efecto positivo en temas de eficiencia energética y ahorro de recursos.



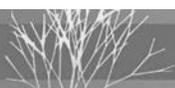
## OBJETIVOS

### General

Realizar un análisis del beneficio de la vegetación y de un diseño paisajístico adecuado en las condiciones térmicas y ambientales que propicie el ahorro energético de edificios y contribuya a la habitabilidad de los espacios exteriores con la generación del confort en los usuarios, considerando el clima cálido seco de la región Noroeste de México.

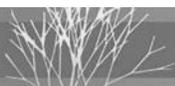
### Específicos

- Determinar, enlistar y representar las estrategias bioclimáticas mas adecuadas para el diseño paisajístico exterior de edificios considerando tipologías en la región. Poner a prueba estas distintas estrategias de diseño, con modelos a escala o mediciones en campo en situaciones similares.
- Establecer de manera concreta un listado de recomendaciones que permitan obtener un diseño paisajístico adecuado considerando las condiciones climáticas de la región.
- Generar una propuesta de diseño de espacio exterior para el modelo de vivienda de interés social propuesta por el Laboratorio de Energía, Medio Ambiente y Arquitectura de la Universidad de Sonora que considere estrategias bioclimáticas que permitan reducir el consumo energético en las edificaciones y el ahorro de agua en su mantenimiento.
- Obtener una propuesta de paleta arquitectónica-microclimática de especies vegetales de la región, que considere sus características particulares útiles para el control del microclima de las edificaciones.



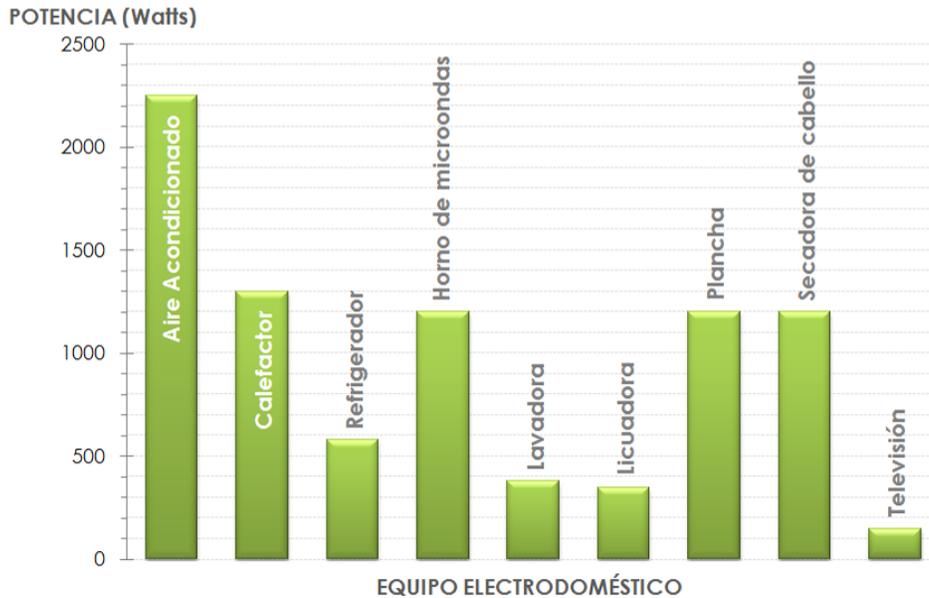
## HIPÓTESIS

Un diseño paisajístico adecuado, considerando las características propias de las especies vegetales utilizadas, los materiales y la composición arquitectónica entorno a una edificación, mejora su eficiencia energética al reducir las ganancias térmicas de su envolvente y por lo tanto su consumo de energía eléctrica en sistemas de climatización, asimismo, este diseño puede lograr condiciones de confort no solo en el interior sino también en el exterior, aún cuando las condiciones climáticas son tan extremas como en esta región.



## JUSTIFICACIÓN

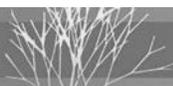
Las condiciones climáticas extremas en el noroeste del país, en donde los inviernos pueden alcanzar temperaturas inferiores a los 0°C y los veranos temperaturas superiores a los 50 °C, ocasiona un consumo energético excesivo en sistemas de climatización dentro de las edificaciones buscando el confort de sus usuarios.

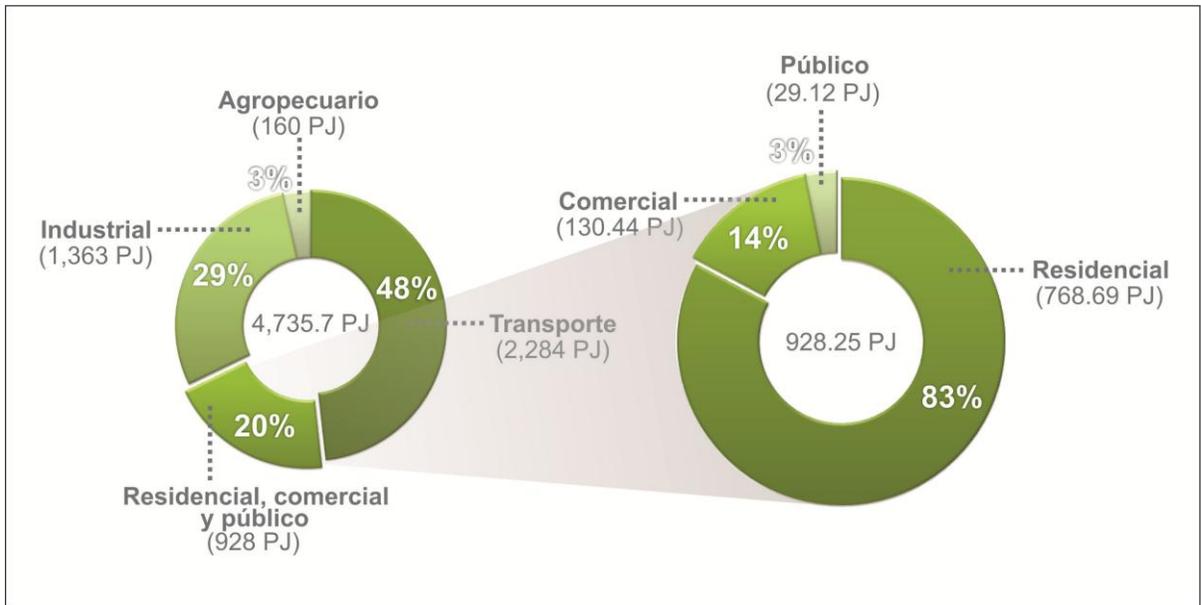


Gráfica 0.1. Consumo eléctrico por aparato electrodoméstico.  
(Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica FIDE, con cálculos propios)

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía del año 2011, el consumo total de energía fue de 4,735.7 PJ<sup>1</sup>. El sector residencial (vivienda), comercial y público (alumbrado público, bombeo de agua potable, etc.) registró el 20% del consumo total; el consumo energético en el sector residencial incrementó 0.5% en 2011 con respecto a 2010, totalizando 768.69 PJ. Este crecimiento se debió principalmente al mayor consumo de electricidad en las viviendas. Es decir, como las estadísticas lo muestran, en este sector el consumo energético en las viviendas es el de mayor impacto.

<sup>1</sup> Un Petajoule (PJ) es igual a 10<sup>15</sup> joules.





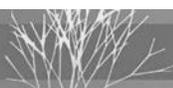
Gráfica 0.2. Consumo energético en México del sector residencial, comercial y público.  
(Sistema de información energética SENER, con cálculos propios)

Cabe mencionar que este consumo se refiere al uso de energéticos en general, considerando el gas licuado, leña, queroseno, gas natural y electricidad; de los cuales la electricidad representó en el 2011 el 25 % de consumo total entre estos energéticos, ubicándose en segundo lugar después del gas natural con el 41%.

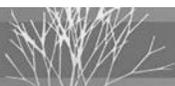
Un diseño paisajístico adecuado, considerando los efectos de la vegetación sobre el clima exterior de un edificio, puede mejorar su eficiencia energética y por lo tanto su consumo de energía eléctrica para sistemas de climatización, asimismo propicia mejores condiciones de confort tanto en el interior como en el exterior del mismo. Se ha investigado en gran medida como con el diseño arquitectónico de una edificación contribuye a reducir las ganancias térmicas por la envolvente y con esto el ahorro energético, sin embargo no existen muchos que se enfoquen en el diseño de espacios exteriores y su efecto positivo. Existe información sobre el tema, pero no de manera adecuada para ofrecerle al diseñador herramientas de diseño paisajístico considerando las condiciones extremas del clima del noroeste de México.

El beneficio de reducir el gasto económico con el empleo de estas estrategias sería de gran impacto social.

A una escala mayor, el uso de la vegetación urbana puede contribuir en la reducción de la isla de calor y por lo tanto en la emisión de gases de efecto invernadero con los consecuentes beneficios ambientales.



La finalidad de este proyecto es conjuntar parte de esta información y ofrecer recomendaciones en metodología del diseño paisajístico, en selección de especies vegetales y en la consideración de pautas de diseño que busquen el confort en el espacio exterior, además del ahorro energético en edificaciones en lugares con clima cálido seco sin olvidarnos por completo de la función estética que muchos autores han estudiado en el diseño paisajístico.



## METODOLOGÍA

La metodología que se utilizara se divide en tres fases:

### I. PRELIMINARES

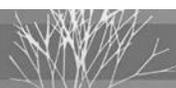
- I.1 **Observación de la problemática:** después de establecer los objetivos de trabajo, se procede a realizar un análisis de la situación actual en los distintos edificios en la región en cuanto a confort interior y su relación con la existencia o no de jardines u otros elementos paisajísticos.
- I.2 **Antecedentes:** se busca la información referente a proyectos de investigación que puedan ofrecer información importante, así como métodos y estrategias de análisis a utilizarse en el desarrollo de este proyecto.
- I.3 **Estudio del sitio:** seguido se identifica y registran las distintas variables contextuales (geografía, clima, topografía, social, urbano-arquitectónico, especies vegetales de la región, etc.) que afectan directamente el diseño de la propuesta paisajística en distintas edificaciones y permitan finalmente la solución al problema planteado.

### II. ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

- II.1 **Análisis y representación de la información:** con la información recopilada anteriormente se procede a organizarla y analizarla con la elaboración de esquemas y gráficos que busquen determinar el listado de consideraciones bioclimáticas para el diseño de espacios exteriores en la región.
- II.2 **Generación de nueva información:** después de la representación de lo analizado, se corrigen las veces que sea necesario para llegar a generar las pautas de diseño. Aquí se pondrán a prueba distintas estrategias mediante modelos reales, con la toma de datos y con el uso de dispositivos de simulación climática con el apoyo del Laboratorio de Energía Medio Ambiente y Arquitectura (LEMA) del Departamento de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Sonora.

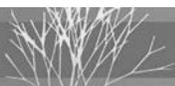
### III. EJEMPLO DE APLICACIÓN Y CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

- III.1 **Ejemplo de aplicación:** Basándose en las pautas de diseño generales, se diseña un espacio exterior como ejemplo de aplicación siguiendo fielmente el listado de consideraciones bioclimáticas y para finalmente observar el comportamiento energético en software especializado. Tomando en cuenta lo anterior, se genera toda la infografía necesaria



(alzados, plantas, modelos 3D, etcétera) que explique el ejemplo demostrativo desarrollado.

**III.2 Conclusiones de la investigación:** tomando en cuenta la información recopilada, analizada y generada, de manera breve y concisa se elaboran las conclusiones del estudio, que permitan observar un panorama de la situación de la región con respecto a este tema y de los beneficios que con acciones como las referentes al diseño exterior se logran.





# CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

Aquí se establecen los conceptos que se requiere conocer para el desarrollo de esta investigación, además de los conocimientos en materia de normatividad y reglamentación que regulan nuestro campo de acción en el diseño paisajístico.

## 1.1 CONCEPTOS Y ESTRATEGIAS

La arquitectura bioclimática es aquella que considera las condiciones climatológicas de un entorno, con la finalidad de aprovechar los recursos naturales disponibles, como luz natural, soleamiento, viento, entre otros y protegerse de las condiciones adversas como las precipitaciones, las altas o bajas temperaturas, buscando lograr el acondicionamiento en el ambiente interior que propicie el confort de sus usuarios con el mínimo consumo de fuentes energéticas convencionales.

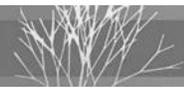
Estos principios deberían de ser parte de toda arquitectura y no de un “estilo” de arquitectura, que busque siempre la calidad en el ambiente interior con las condiciones adecuadas de temperatura, humedad, ventilación, etc., al menor consumo energético reduciendo de esta manera los efectos negativos sobre el entorno.

Una herramienta para lograr un óptimo diseño arquitectónico que contemple estos principios bioclimáticos es mediante el diseño de espacios exteriores. Para su diseño se requiere del análisis de varios aspectos importantes, como las características del usuario y sus condiciones de confort, condiciones climatológicas del sitio, y las propiedades de los materiales y sistemas constructivos disponibles para su construcción. A continuación se presenta la definición de conceptos importantes:

### Condiciones de confort

La Organización Mundial de la Salud define salud como aquel estado de bienestar físico, psicológico y social del individuo en relación con su entorno. Se dice que el cuerpo está en condiciones de confort cuando ofrece el menor esfuerzo para mantener sus condiciones de equilibrio y mantener en óptimo funcionamiento todos sus órganos. Si bien el concepto de salud y confort están muy relacionados, su significado no es similar; su diferencia recae en que el segundo se refiere a un estado de percepción ambiental momentáneo, el cual está ciertamente determinado por el estado de salud del individuo. El confort suele dividirse de acuerdo al canal de percepción sensorial (Fuentes, 2004):

- Confort térmico: condiciones de temperatura
- Confort higrométrico: condiciones de humedad
- Confort lumínico: niveles de iluminación



- Confort acústico: niveles de sonido
- Confort olfativo: referente a olores
- Confort psicológico: condiciones psicológicas

## Sistemas pasivos

El diseño pasivo es un método utilizado en arquitectura con la finalidad de obtener edificios que logren su acondicionamiento ambiental mediante procedimientos naturales. Utilizando el sol, las brisas y vientos, las características propias de los materiales, la orientación, y la vegetación y diseño del espacio exterior, estrategia en la que se evoca este estudio.

El diseño pasivo busca minimizar el uso de sistemas de calefacción y refrigeración cuando las condiciones del exterior impiden el confort del espacio interior contribuyendo al ahorro energético del edificio.

El diseño del espacio exterior deberá depender de las condiciones físicas del sitio (Hermosillo, Sonora, México), y sus condiciones climáticas. Considerando que en la ciudad se presenta un clima cálido seco, el fin principal será protegerse de la radiación solar, evitando el aumento de la temperatura en el interior de la vivienda en los meses más críticos, buscando condiciones térmicas agradables en el interior con el menor gasto energético.

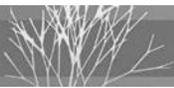
## Confort térmico

A continuación se presentan algunas definiciones que ayudan a entender este concepto:

- Según la American Society of Heating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE el confort, *“es la condición de la mente que expresa la satisfacción con el entorno térmico”*.
- “El confort térmico de un individuo se alcanza cuando las condiciones del medio permiten que el sistema termorregulador esté en mínima tensión.” (Rivero, 1988)
- Según Serra y Coch (1995), el confort o el disconfort por ser una sensación propia del inconsciente podemos o no conocerla hasta que algunas circunstancias nos obligan a fijarnos en esa sensación de bienestar.
- Para la Organización Mundial de la Salud, OMS, (Roset, 2001), el confort “es un estado de bienestar físico y social”.

Entonces, el confort térmico es la condición de bienestar y satisfacción con el entorno físico cuando las condiciones del medio permiten que el sistema termorregulador esté en mínima tensión.

Existen dos teorías que explican el funcionamiento del confort térmico: la escuela de confort estática y la adaptativa.



El modelo estático considera a la persona como un receptor pasivo de estímulos térmicos. Este modelo supone que los efectos de un ambiente térmico dado son mediados exclusivamente por la física de la termodinámica y de los intercambios de temperatura de masa en la superficie del cuerpo. Los parámetros de confort (variables decididas por el diseñador) que este modelo considera son:

Interiores:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante
- Humedad Relativa del aire
- Velocidad del aire

Los factores de confort (variables que no dependen del diseñador) que este modelo considera son:

Socioculturales:

- Tipo de vestimenta

Fisiológicos

- Tasa de metabolismo

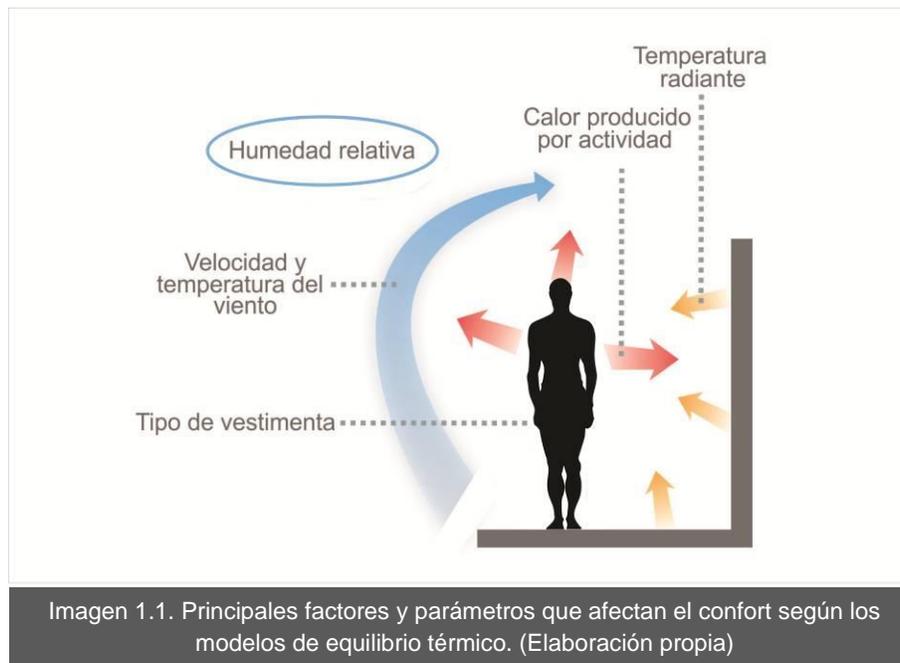
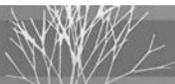


Imagen 1.1. Principales factores y parámetros que afectan el confort según los modelos de equilibrio térmico. (Elaboración propia)



El modelo de adaptación considera “*al ocupante no como un simple receptor pasivo del ambiente térmico, sino como un agente activo en interacción con todos los niveles del sistema persona-medio ambiente a través de relaciones que se retroalimentan*” (FARQ, 2010)

Los parámetros de confort (variables decididas por el diseñador) que este modelo considera son:

Interiores:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante
- Humedad Relativa del aire
- Velocidad del aire

Adaptabilidad del espacio:

- Movilidad del ocupante dentro del espacio
- Modificación de elementos y dispositivos de control ambiental

Los factores de confort (variables que no dependen del diseñador) que este modelo considera son:

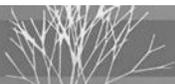
Fisiológicos

- Sexo, Edad y Peso
- Tasa de metabolismo (actividad).
- Estado de salud.
- Intercambio de calor por ingestión de bebidas y alimentos
- Historial térmico
- Tiempo de permanencia
- Variabilidad temporal de los estímulos físicos ambientales

Socioculturales y Psicológicos

- Tipo de vestimenta
- Expectativas de confort
- Contacto visual con el exterior.

En esta investigación seleccionaremos el modelo adaptativo, debido a que considera más parámetros y factores obteniendo un resultado más exacto, en las consideraciones para el confort térmico.



## El paisaje bioclimático

El uso de la vegetación tiene la capacidad de obstruir, encauzar y filtrar el viento, además de proteger contra la radiación directa al edificio. Su eficacia depende de sus características, como altura, ancho, forma, densidad de follaje, etc. Además de esto, la vegetación tiene efectos positivos sobre el entorno como la purificación del aire, control de la erosión, del ruido y la luz, creando una sensación de confort en el contexto urbano, sin mencionar las cualidades formales y decorativas que estos representan.

Los beneficios de la vegetación son (Morillón, 2002):

### Arquitectónicos:

- Control de privacidad
- Articulación de espacios
- Manejo de visuales

### Ingenieriles

- Purificación del aire
- Control de la erosión
- Control acústico
- Control lumínico
- Control de tráfico

### Climáticos

- Control de vientos
- Control de humedad

### Económicos

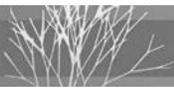
- Conservación y utilización de material orgánico
- Provisión de alimento

### Psicológicos

- Humanización del espacio

Los efectos que produce el diseño del paisaje en el edificio y su entorno son:

- Enfriamiento. Producido por sombra densa.
- Humidificación. Producida por enfriamiento evaporativo.
- Ventilación. Producida por canalización o filtración.
- Deshumidificación. Debido al proceso de condensación del aire.



- Purificación. Mediante la fotosíntesis y retención de partículas.
- Aromatización. Lograda por follaje o floración.
- Deflexión. Debido a barreras densas.

La combinación de estos efectos siempre debe de estar presente en el diseño paisajístico, buscando el confort del usuario con el menor consumo energético.

El control de vientos por medio de la vegetación es más efectivo que por medio de materiales sólido, y su eficiencia depende de la densidad de follaje, tamaño y patrón de crecimiento de las plantas, así como de la ubicación de las mismas.

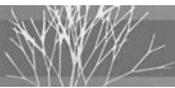
El producir la infiltración del aire con la vegetación causa diferentes efectos en el entorno y ambiente interior de los edificios:

- Enfriamiento: logrado con árboles de follaje ancho o agrupado y denso.
- Humidificación: con plantas de textura lisa o media, diseñada por lo menos en 2 capas o estratos.
- Ventilación: con plantas de follaje fino y poco denso.
- Aromatización: integrando plantas con follaje o floración aromática.
- Deshumidificación: utilizando plantas de textura rugosa y/o hojas en forma de agujas para captar niebla o brisa.
- Purificación: con plantas siempre verdes, textura rugosa.

La vegetación también puede provocar la obstrucción del viento y controlar la velocidad del viento haciendo resistencia a su paso. La efectividad depende del largo, ancho, alto, densidad vegetal, etc. de la vegetación utilizada para ello.

Existen 3 tipos de barrera, solida, abierta e incompleta, y son colocadas siempre perpendicularmente a la dirección del viento (Morillón, 2002):

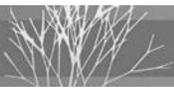
- La barrera sólida busca obstruir la velocidad del viento y reducirla en un 75%, creando zonas de turbulencia por el vacío que se provoca, el edificio deberá de estar ubicado fuera de esta zona de inestabilidad.
- Barrera abierta: Es más apta para encausar el viento que como obstrucción debido a que permite su paso. Este efecto puede lograrse con la poda de la vegetación. Esta barrera es utilizada para dirigir el viento hacia las ventanas y puertas, cuando el clima interior lo necesita.
- Barrera incompleta: reduce la velocidad del viento de un 15 a un 50%. Para este tipo de barreras se recomiendan especies cuyas ramas tengan cadencia o movimiento para provocar sonidos agradables, con aroma o especies vegetales con hoja de textura rugosa para refrescar el ambiente.



El encauzamiento es uno de los efectos que más se buscan con el diseño paisajístico, y consiste en direccionar el viento para canalizarlo hacia un edificio, o bien desviarlo para que este no afecte el mismo (deflexión del viento).

La vegetación provoca sombras proporcionales a la densidad de su follaje, que con su correcta ubicación protege contra la radiación directa a materiales y elementos arquitectónicos, o al edificio mismo.

Además de estos efectos, la vegetación como elemento de diseño paisajístico, controla y regula la iluminación y ondas sonoras que buscan penetrar el ambiente, determinando su efectividad, las características de las mismas como densidad de follaje, altura, ubicación, etc.



## 1.2 NORMATIVIDAD Y REGLAMENTOS

La existencia de reglamentos y normas que establezcan límites en el diseño de espacios exteriores en casa de interés social es muy escasa, mas sin embargo, a continuación se enlistan las especificaciones para viviendas de este tipo que influirán en el diseño del espacio exterior.

### 1.2.1 Reglamento de Construcción Hermosillo (2012).

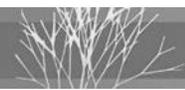
Cabe señalar que en el presente Reglamento de Construcción para la ciudad de Hermosillo 2012 existe poca información referente al diseño de espacios exteriores, por lo que se mencionará solo los aspectos que se relacionan con el ejemplo de aplicación de este proyecto, vivienda de interés social.

Los lineamientos mínimos que marca dicho reglamento para las edificaciones de tipo habitacional son los siguientes:

- Dimensiones de predios para vivienda de interés social:
  - Sobre calle local: Frente mínimo 6.5 m. Superficie mínima 117.0 m<sup>2</sup>
  - Sobre calle Colectora: Frente mínimo 7.5 m. Superficie mínima 135.0 m<sup>2</sup>
  
- Dimensiones para patios de iluminación y ventilación para piezas habitables mínimas en relación a la altura de los parámetros verticales que los limiten:
  - Altura 4.0 m: Dimensiones mínimas de 2.50 m
  - Altura 6.0 m: Dimensiones mínimas de 3.00 m
  - Altura 9.0 m: Dimensiones mínimas de 3.50 m
  - Altura 12.0 m: Dimensiones mínimas de 4.00 m

Las habitaciones destinadas a dormitorios, alcobas, salas o estancias, tendrán iluminación y ventilación natural por medio de vanos que den directamente a la vía pública o a superficies descubiertas. La superficie total de ventanas para iluminación libre de obstrucción será por lo menos de la quinta parte del área superficial del piso de la habitación. La superficie libre para ventilación será cuando menos de una tercera parte de la mínima de iluminación.

- Circulaciones horizontales: Ancho mínimo de pasillos, escaleras y circulaciones en interiores de viviendas unifamiliares: 0.9 m.
- Dimensiones mínimas de edificios para habitación: Las piezas habitables tendrán cuando menos una superficie útil de seis metros cuadrados, y la dimensión mínima de uno de sus lados será, de dos metros libre, sin embargo, en cada casa, vivienda o departamento, deberá existir por lo menos una



recámara con dimensión libre mínima de dos metros sesenta centímetros por lado. La altura libre interior mínimo de 2.40 M.

- Estacionamiento: 1 cajón mínimo por cada vivienda unifamiliar.
- Vivienda mínima: Podrá otorgarse licencia de construcción a las viviendas que tengan, como mínimo una pieza habitable con sus servicios completos de cocina y baño.

### 1.2.2 Recomendaciones de la Comisión Nacional de Vivienda (2008)

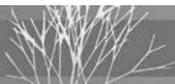
La Comisión Nacional de Vivienda, en su publicación “Criterios e indicadores para los desarrollos habitacionales sustentables en México”, señala algunas recomendaciones de diseño bioclimático según el tipo de clima, la ciudad de Hermosillo cuenta con un clima Cálido Seco Extremoso, por lo que las recomendaciones son las siguientes:

Diseño urbano:

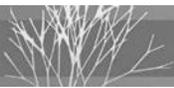
- Espacios exteriores: plazas densamente arboladas con vegetación caducifolia. Vegetación perenne como control de vientos fríos. Andadores con mínimas dimensiones, mínimo pavimento, sombreado en verano, soleados en invierno.
- Vegetación: árboles de hoja caduca, en plazas y andadores de hoja perenne en estacionamiento. Distancia entre árboles que den sombra continua. Arbustos como barreras de viento frío en plazas y andadores. Cubresuelos con mínimo requerimiento de agua.
- Agrupamiento: esparcimiento entre edificios en sentido sureste – noroeste 1.7 veces la altura del edificio. Otras orientaciones lo más próximo posible para aprovechar las sombras proyectadas. Espacios exteriores con recintos donde se generen microclimas.
- Orientación de las viviendas: al sureste cuando es crujía. Doble crujía con orientación norte – sur, con dispositivos de control solar en ambas fachadas.

Diseño arquitectónico:

- Ubicación de la vivienda en el lote: de muro a muro.
- Configuración: compacta con patio.
- Localización de espacios: sala, comedor, recámaras al sureste. Cocina al norte o noreste. circulaciones y aseo al noroeste.
- Tipo de techo: plano con poca pendiente.
- Altura de piso a techo: óptima 2.7 m, aceptable 2.5 m.
- Uso de dispositivos de control solar.
- Remetimientos y salientes en fachada: evitarlos en la vivienda, ventanas remetidas.



- Patios interiores: sombreados, con fuentes, espejos de agua y vegetación de hoja caduca para enfriamiento y humidificación.
  - Vegetación: de hoja caduca en todas las orientaciones. Muy densa en el noreste, este, suroeste y noroeste, como protección de ángulos solares bajos.
  - Aleros: en todas las fachadas. Fachada sur, grandes aleros para evitar asoleamiento por las tardes, combinado con parteluces. Sureste, calentamiento directo en invierno y protección en verano. Suroeste y noroeste protección solar combinado con vegetación.
  - Pórticos, balcones y vestíbulos: como protección del acceso. Pórticos, pérgolas con vegetación al sur. Vestíbulo al norte.
  - Tragaluces: orientados al sur con protección solar en verano.
  - Parteluces: en la fachada norte para protección en las tardes y en verano. En las fachadas este, noreste y oeste, noroeste y suroeste deben considerarse.
- Ventilación: aire tratado en áreas ajardinadas, fuentes o espejos de agua.
- Unilateral: renovación del aire para condiciones higiénicas. Protegerse de los vientos fríos del invierno.
  - Cruzada: con ventanas operables que den a patios interiores y reciban los vientos de primavera y otoño. Protección de los vientos fríos de invierno.
  - Otras: chimeneas eólicas, turbinas eólicas (cebollas) y captadores eólicos.
- Ventanas
- En todas las fachadas: las mínimas necesarias en todas las direcciones. Al sureste para ganancia solar directa en invierno. Evitar pérdidas de calor con postigos, persianas, etc., para uso exclusivo en las noches de invierno.
  - Ubicación según nivel de piso interior: en la parte media y baja del muro a nivel de los ocupantes.
  - Formas de abrir: operables en espacios que den a patios y jardines de buen sellado para invierno. No deben usarse persianas en ninguna orientación durante el día en invierno. Protección con postigos exteriores.
  - Materiales y acabados
  - Techos: masivos por espesor o rellenos masivos. Cara exterior con materiales aislantes, para ahorro  $R=2.64 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  y para confort  $R=2.025 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .
  - Muros exteriores: masivos, porosos con cámaras de aire. Caras exteriores con material aislante, par ahorro de energía.  $R=1.00 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  y para confort térmico  $R=1.00 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .
  - Muros interiores y entrepiso: masivos.
  - Pisos exteriores: permeables que permitan la infiltración del agua al subsuelo.
  - Color, textura y acabados exteriores: en techos y muros de alta reflectancia. Colores, blanco y aluminio. Textura lisa.



### **1.2.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-020-ENER-201: Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios para uso habitacional. (2011)**

La finalidad de esta norma es el mejorar el diseño térmico de edificios habitacionales y conseguir el confort de sus ocupantes como el mínimo consumo de energía. En México el acondicionamiento térmico de estas edificaciones repercute en gran medida en la demanda energética, siendo mayor su impacto en las zonas norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción por las condiciones climáticas.

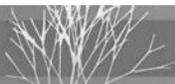
Esta norma busca optimizar el comportamiento térmico de la envoltente con el análisis de su envoltente propiciando el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento.

Muestra el procedimiento en el que se realiza un “Presupuesto energético”, es decir, calcula las ganancias de calor a través de la envoltente en un edificio de uso habitacional proyectado y lo compara con uno de referencia.

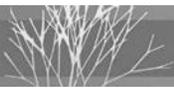
El edificio para uso habitacional de referencia presenta la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio para uso habitacional proyectado, pero considera características específicas indicadas en tablas dentro de la norma.

Consideraciones para determinar la ganancia de calor a través de la envoltente:

- La ganancia a través de la envoltente del edificio para uso habitacional proyectado, es igual a la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar.
- La ganancia de calor por conducción es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes; orientación, techo y superficie interior.
- La ganancia de calor por radiación es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas.
- En la norma se muestran las ecuaciones utilizadas tanto para el edificio proyectado como el de referencia.
- El criterio utilizado para determinar si el edificio habitacional proyectado cumple con esta norma es el “Presupuesto energético”, en el cual la ganancia de calor a través de la envoltente de éste debe ser menor o igual a la del edificio de referencia.



- En los apéndices de esta norma se tienen tablas con valores para el cálculo de flujo de calor, con datos a utilizarse para las principales ciudades del país. Otras más son para calcular el sombreado de volados, partesoles y remetimientos en ventanas. Se enlistan también las propiedades conductivas y aislamiento térmico de diversos materiales de construcción.





## CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

En este apartado se busca conocer los antecedentes al ejemplo de aplicación que se describe posteriormente (Prototipo de vivienda de interés social), además de estudiar y analizar ejemplos análogos de casos e investigaciones similares.

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

El derecho a la vivienda tiene en nuestro país profundas raíces históricas. La historia de la vivienda de interés social comenzó con La Constitución de 1917, que en su artículo 123, fracción XII, estableció la obligación de los patrones de proporcionar a sus trabajadores viviendas cómodas e higiénicas.

Posteriormente, el país se abocó a construir la infraestructura de seguridad social para atender las diversas necesidades de la población. En 1943 se creó el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), para brindar seguridad social a los trabajadores, aunque en sus inicios, también proporcionó viviendas a sus derechohabientes.

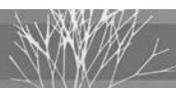
Cuando México entró en una etapa de urbanización y de desarrollo industrial más avanzada, se crearon los principales organismos nacionales de vivienda. En 1963, el Gobierno Federal constituye en el Banco de México, el Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda (Fovi), como una institución promotora de la construcción y de mejora de la vivienda de interés social, para otorgar créditos a través de la banca privada.

En febrero de 1972, con la reforma al artículo 123 de la Constitución, se obligó a los patrones, mediante aportaciones, a constituir un Fondo Nacional de la Vivienda y a establecer un sistema de financiamiento que permitiera otorgar crédito barato y suficiente para adquirir vivienda. Esta reforma fue la que dio origen al Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit), mediante el Decreto de Ley respectivo, el 24 de abril de 1972.

En mayo de ese mismo año, se creó por decreto, en adición a la Ley del Instituto de seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado (ISSSTE), el Fondo de la Vivienda del ISSSTE (FOVISSSTE), para otorgar créditos hipotecarios a los trabajadores que se rigen por el apartado B de la Ley Federal del Trabajo. Sin embargo, fue hasta 1983, cuando el derecho a la vivienda se elevó a rango constitucional y se estableció como garantía individual.

El 9 de marzo de 1999, se estableció la siguiente tipología de vivienda:

1. Social progresiva: aquella cuyo valor al término de la construcción no exceda de la suma que resulte de multiplicar hasta por diez el salario mínimo general del área geográfica "A" elevado al año.



2. Interés social: aquella cuyo valor al término de la construcción no exceda de la suma que resulte de multiplicar hasta por 15 el salario mínimo general del área geográfica “A” elevado al año.
3. Popular: aquella cuyo valor al término de la construcción no exceda de la suma que resulte de multiplicar hasta por veinticinco el salario mínimo general del área geográfica “A” elevado al año.
4. Media: aquella cuyo valor al término de la construcción no exceda de la suma que resulte de multiplicar hasta por cincuenta el salario mínimo general del área geográfica “A” elevado al año.
5. Residencial. Aquella cuyo valor al término de la construcción no exceda de la suma que resulte de multiplicar hasta por cien el salario mínimo general del área geográfica “A” elevado al año.
6. Residencial alto y campestre: aquella cuyo valor al término de la construcción exceda de la suma que resulte de multiplicar por cien el salario mínimo general del área geográfica “A” elevado al año.

Tabla 2.1. Dimensiones de lotes habitacionales.  
(Elaboración propia)

Tipo de conjunto habitacional	Superficie del lote (m <sup>2</sup> )
Residencial	150-360
Interés medio	120-176
Popular	90
Interés social	90-60
Turístico	
Campestre	

Hasta la década de los ochenta, el eje de la política de vivienda había sido la intervención directa del Estado en la construcción y financiamiento de vivienda y aplicación de subsidios indirectos, con tasas de interés menores a las del mercado. En la primera mitad de la década de los noventa, se inició la consolidación de los organismos nacionales de vivienda como entes eminentemente financieros.

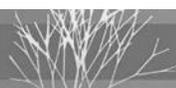
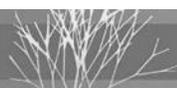


Tabla 2.2. Cronología de la vivienda de interés social en México.  
(Elaboración propia)

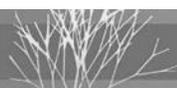
AÑO	SUCESO
1917	La Constitución de 1917, en su artículo 123, fracción XII, estableció la obligación de los patrones de proporcionar a sus trabajadores viviendas cómodas e higiénicas.
1943	Se creó el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), para brindar seguridad social a los trabajadores.
1948	Se lleva a cabo el primer gran multifamiliar de tipo interés social en México, realizado por el arquitecto mexicano Mario Pani.
1950	Se construyen los primeros desarrollos habitacionales de tipo popular para atender a una parte de la población asalariada de las nuevas zonas urbanas.
1963	El Gobierno Federal constituye en el Banco de México, el Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda (FOVI), como una institución promotora de la construcción y de mejora de la vivienda de interés social, para otorgar créditos a través de la banca privada.
1972	Se creó el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). Surge con la reforma del artículo 123 de la Constitución, la cual obligó a los patrones, mediante aportaciones, a construir un Fondo Nacional de la Vivienda y a establecer un sistema de financiamiento que permitiera otorgar crédito barato y suficiente para adquirir vivienda.
1972	Se creó el Fondo de Vivienda del ISSSTE (FOVISSSTE), en adición a la Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado (ISSSTE). Tal fondo se creó para otorgar créditos hipotecarios a los trabajadores que se rigen por el apartado B de la Ley Federal del Trabajo.
1983	El derecho a la vivienda se elevó a rango constitucional y se estableció como garantía individual.
1986	Se creó el Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO). El cual es un Fideicomiso coordinado por la Secretaría de desarrollo social (SEDESOL), que atiende la demanda nacional de vivienda de las familias de bajos recursos.



AÑO	SUCESO
2004	En Sonora, el gobierno municipal de Hermosillo promovió un programa de vivienda económica, el cual planteó la construcción de fraccionamientos de interés social para familias que no tenían acceso a un crédito, ya que sus salarios oscilaban entre uno y tres salarios mínimos mensuales.
2006	La CONAFOVI se convirtió a la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) según la nueva Ley de Vivienda promulgada en junio del 2006. La CONAVI busca garantizar el acceso a una vivienda digna a las familias mexicanas y contribuir al desarrollo social.
2007	La CONAVI lanza un Programa Piloto de Vivienda Sustentable” (2012), con el cual se plantearán temas como el uso eficiente del agua, la eficiencia energética, la arquitectura bioclimática y el manejo de áreas verdes.

Anteriormente el gobierno era el cargado de financiar, diseñar y construir los conjuntos habitacionales de interés social, lo que dificultaba la intervención de agentes externos para cambiar los parámetros de diseño establecidos. Actualmente la iniciativa privada es la encargada del desarrollo de este tipo de proyectos, las cuales son instituciones más flexibles que pueden llegar a lograr un cambio positivo en el diseño y estructura de un proyecto, sin embargo, los desarrolladores de vivienda de la iniciativa privada tienen como objetivo el obtener más utilidades por cada inmueble edificado, por lo que para ellos el diseño sustentable es algo despreciable al no representar un beneficio ante la ley, y el no tomar criterios bioclimáticos representa un menor costo de producción y por ende, una mayor utilidad. Por lo tanto, es conveniente realizar un proyecto arquitectónico diferente a los actuales, el cual resuelva el problema de falta de vivienda digna y sustentable, y que siga siendo atractivo para los desarrolladores de este tipo de inmuebles. La competencia existente entre este tipo de desarrolladores, ha traído como beneficio el interés por este tipo de estrategias bioclimáticas, al aplicarlas y utilizar esto como argumento publicitario.

Actualmente existen proyectos de investigación que buscan generar modelos de viviendas de interés social que incorporen estrategias pasivas de climatización y contribuyan al ahorro energético, sin olvidar su costo de construcción. El diseño del entorno paisajístico de estas viviendas, es uno de los temas en los que se ha profundizado poco, y tomando en cuenta el clima cálido seco del sitio de estudio, es una de las estrategias que podría influir en gran medida en el ahorro energético de la vivienda.



## 2.2 EXPERIENCIAS SIMILARES Y CASOS ANÁLOGOS

### 2.2.1 Caso 1: Influencia del diseño de espacios exteriores en la disminución de cargas térmicas de los edificios de la unidad centro de la Universidad de Sonora (Jáuregui, 2002).

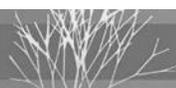
El objetivo de este trabajo, fue evaluar en qué medida el diseño adecuado de los espacios exteriores, influye en la disminución de las cargas térmicas para el acondicionamiento ambiental del interior de los edificios de la Unidad Centro de la Universidad de Sonora, así como en la habitabilidad de los espacios exteriores de los edificios.

Con base en lo anterior, realizar una propuesta de diseño de los espacios exteriores de los edificios seleccionados, a partir de la información obtenida en la investigación y traducida como estrategia de diseño.

Con el estudio de tres edificios particulares existentes dentro de la Universidad de Sonora, analizando las cargas térmicas existentes, y en base a ello, se propusieron estrategias de diseño térmico y una propuesta de rediseño de los espacios exteriores en estos edificios.

La metodología que se siguió en este estudio fue la siguiente:

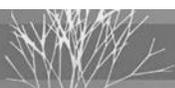
- Análisis de las características físicas. En esta etapa se analizó las siguientes características de los 3 casos de estudio:
  - Ubicación. Dentro del campus universitario y la ciudad misma.
  - Forma. Se analiza la forma del espacio, para entender cómo afecta el clima al edificio.
  - Límites. Se analizan los edificios o elementos que delimita el espacio exterior que rodea a cada edificio.
  - Elementos del paisaje. Se evalúan los elementos del paisaje que afectan de alguna manera en la eficiencia energética del edificio.
- Análisis bioclimático. Para conocer las estrategias de diseño adecuadas se hizo un análisis detallado de la información climatológica de la ciudad, tomando en cuenta la temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y radiación solar.
- Estrategias de diseño. Tomando en cuenta las características de los tres casos de estudio y el análisis climático de la región, se generan las estrategias de diseño necesarias para hacer más confortables los espacios exteriores del campus universitario y propiciar la disminución del consumo energético para climatización de los espacios interiores de los edificios.



- Anteproyecto. Tomando en cuenta todo lo anteriores realiza una propuesta de diseño de los espacios exteriores de los edificios estudiados.
- Evaluación térmica. Una vez realizado el anteproyecto se hizo una evaluación por medio de un programa de simulación por computadora para valorar los beneficios que brinda la propuesta realizada en cada uno de los casos, en cuestión de ganancia térmica de los edificios.
- Propuesta final. Aquí se elaboró la propuesta final y el proyecto ejecutivo de los espacios exteriores.

Las propuestas de diseño que se presentaron siguieron fielmente estrategias específicas de diseño para mejorar el espacio exterior de cada uno de los 3 edificios, entre ellas se encuentran:

- Sembrar árboles caducifolios en la fachada sur, que permita el pase de rayos solares en invierno y la obstrucción de los mismos y de los vientos calientes en verano.
- Sembrar árboles perennifolios en fachada Norte y Este para que el edificio no sufra pérdidas de calor durante el invierno debido a la dirección de los vientos en esta estación del año.
- Andador construido a lo largo de la fachada norte y este, utilizando materiales con baja reflectancia y de preferencia permeables.
- Barrera de arboles frente a la fachada para amortiguar el ruido producido en otras áreas.
- Cobertura vegetal en las áreas donde existe gravilla, o en su defecto terreno natural.
- Cobertura vegetal sobre fachada oeste del edificio para disimular la ganancia térmica por convección
- Mantener irrigadas las coberturas vegetales ya sean sobre el edificio o el terreno.
- Utilizar elementos constructivos sobre ventanas, que impidan ganancia de calor durante el verano, pero que permitan el paso de los rayos solares durante el invierno.



### **2.2.2 Caso 2: Investigación “Confort Térmico y Ahorro de Energía en la Vivienda Económica en México: Regiones de Clima Cálido Seco y Húmedo” (Universidad de Colima, 2007)**

Proyecto en el que actualmente participan investigadores de las universidades de Colima, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Yucatán y la Universidad Veracruzana, y es financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAVI), que tiene como finalidad conocer las características y generar una base de datos de la vivienda económica en México, evaluar su funcionalidad técnica y estimando el impacto energético de climatización, conocer las condiciones de confort de sus habitantes y con todo esto generar recomendaciones generales arquitectónicas y urbanas de diseño bioclimático para climas cálidos secos y húmedos, mediante estudios de campo y simulación térmica reflejados en prototipos de viviendas más eficientes.

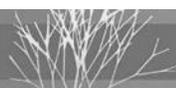
Esta investigación se originó debido a la situación actual de la vivienda en el país, donde cada vez más predomina el criterio de cantidad sobre calidad de las mismas, y donde los factores climatológicos de cada región son ignorados. Esto se hace más evidente en lugares con condiciones climáticas extremas, como en las regiones de clima cálido seco que presenta graves problemas en el confort térmico de los usuarios. Al ofrecer viviendas dignas al menor costo posible, se podrá incidir en la mejora de la calidad de vida de los sectores de bajos ingresos.

#### **Caso estudio en clima cálido seco: Hermosillo, Sonora (Romero, 2010)**

Aquí se estudiaron 10 fraccionamientos de vivienda económica, con viviendas de 33.5 a 39 m<sup>2</sup> de construcción, en lotes de 117 a 122 m<sup>2</sup>, orientadas principalmente con fachadas norte-sur, construidas con bloque de cemento y losas de vigueta y casetón sin aislamiento.

Los resultados del estudio revelan que se tiene una sensación de disconfort la mayor parte del tiempo en estas viviendas, siendo caliente a muy caliente durante los meses de mayo a octubre. En el resto de los meses existen condiciones de confort durante algunas horas, ligeramente cálido por las tardes y frío por las mañanas entre noviembre y marzo. Las mediciones se realizaron durante los meses de agosto a septiembre (clima cálido seco) y febrero a abril (clima templado).

Los estudios sobre el confort térmico de los habitantes de viviendas económicas en la ciudad de Hermosillo dieron una temperatura de neutralidad en la época de clima cálido seco de 32.2 C°, con un límite inferior de confort en los 29.6 C° y superior de 34.71°; mientras que en el clima templado la temperatura de neutralidad es de 26.9 C°, con 23.5° como límite inferior y 31.3° de límite superior.



Como situación actual, describe que se tienen en las viviendas espacios cálidos con alta demanda de energía eléctrica, además de ser estrechos, con poca flexibilidad, sin facilidad para ampliaciones y una falta de técnicas de adecuación ambiental. En respuesta a esto se proponen espacios más flexibles, sistemas constructivos que faciliten la autoconstrucción, considerando el crecimiento, adecuación al clima para lograr espacios confortables con baja demanda de energía eléctrica.

### **2.2.3 Caso 3: Propuesta de vivienda económica para clima cálido seco: Caso Hermosillo, Sonora. (Ochoa, 2011)**

Con esta propuesta se busca que los desarrolladores de vivienda tengan una muestra de las posibilidades de desarrollar una vivienda confortable y eficiente, que contribuya a mejorar la calidad de vida de sus ocupantes. Por otro lado se busca establecer nuevos estándares y especificaciones para la vivienda económica.

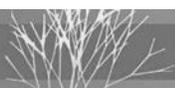
Objetivos del diseño arquitectónico:

- Obtener las condiciones adecuadas de confort térmico con el menor consumo de energía.
- Determinar un programa arquitectónico adecuado al perfil del grupo de usuarios de este tipo de viviendas.
- Utilizar dispositivos arquitectónicos pasivos para controlar los factores climáticos y ambientales que inciden sobre el confort térmico.
- Proponer materiales y sistemas constructivos que contribuyan al mejor desempeño energético de la vivienda, considerando los aspectos económicos y regionales.

Las estrategias de diseño están enfocadas a reducir las cargas térmicas en verano y favorecer el calentamiento moderado en invierno. Sin embargo, según el análisis del confort y debido a lo riguroso del clima en verano, siempre será necesario utilizar algún sistema activo de enfriamiento para lograr condiciones de confort térmico.

Las estrategias de control climático que se aplicaron en esta propuesta son las siguientes:

- Orientación Sur de la fachada principal.
- Reducir el intercambio de calor entre la envolvente de la casa y el medioambiente.
- Buscar que la proporción de la superficie exterior (envolvente) con relación al volumen de la casa sea la menor posible, prefiriéndose formas compactas (casi cúbicas).
- Protecciones verticales y horizontales de ventanas y puertas calculadas específicamente para la latitud de la zona.
- Para el techo que es una de las superficies de la envolvente que más ganancias de calor aporta, se propuso una cubierta con un material de alta masa térmica en



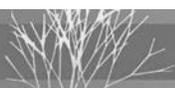
el interior y por la parte superior un aislante térmico, cubierto con una película de alta reflectancia. El sistema constructivo elegido es una losa de vigueta y bovedilla de concreto o poliestireno como elemento estructural con masa térmica, como aislamiento llevará una capa de poliuretano espesado (pulverizado) y como acabado reflectivo e impermeabilizante, una cubierta de poliuretano elastomérico color blanco reforzado con una membrana textil.

- Para los muros este, oeste y otros muros expuestos al sol, se siguió una estrategia similar: la parte estructural del muro se hizo con un material de alta inercia térmica, como ladrillo de adobe en una sección de la vivienda y en el resto de block de concreto celular con características importantes en aislamiento.
- Los acabados finales tanto interiores como exteriores, se propuso que sean de color blanco. En el exterior reducirían la absorción de radiación solar y en el interior reflejarían la luz natural, reduciendo la necesidad de iluminación artificial, con el consecuente ahorro de energía eléctrica y cargas térmicas.

Al momento de la construcción el prototipo, los detalles y características del modelo cambiaron para analizar distintas materiales estrategias.



Fotografía 2.1. Fachada principal-sur del prototipo construido (Izq.) y fachada este del prototipo (Der.)  
(Fotografías del autor)

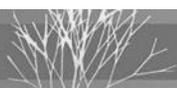




Fotografía 2.2. Fachada trasera-norte (izq.) y fachada lateral-oeste del prototipo construido (der.).  
(Fotografías del autor)



Fotografía 2.3. Vista del contexto arquitectónico del prototipo. (Fotografía del autor)





## CAPÍTULO 3. ESTUDIOS PRELIMINARES

Para poder desarrollar esta investigación es necesario realizar una serie de estudios preliminares que contemplen las distintas variables condicionantes del diseño del espacio exterior. Esta sección se divide en tres subapartados que incluyen el análisis climático del sitio, otras variables físicas que complementan a las anteriores y el análisis del usuario. A continuación se presentan los resultados de la investigación en cada caso.

### 3.1 ANALISIS CLIMÁTICO DEL SITIO

#### 3.1.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra en la Ciudad de Hermosillo, Sonora, México ubicada en la porción centro-oeste de la planicie costera en la región Noroeste de México. Sus coordenadas geográficas son 29.25° de Latitud Norte y 110.98° de Longitud Oeste, con una elevación de 210 msnm. Hermosillo se encuentra en la zona o Huso Horario de Tiempo de la Montaña, ó UTC-7.

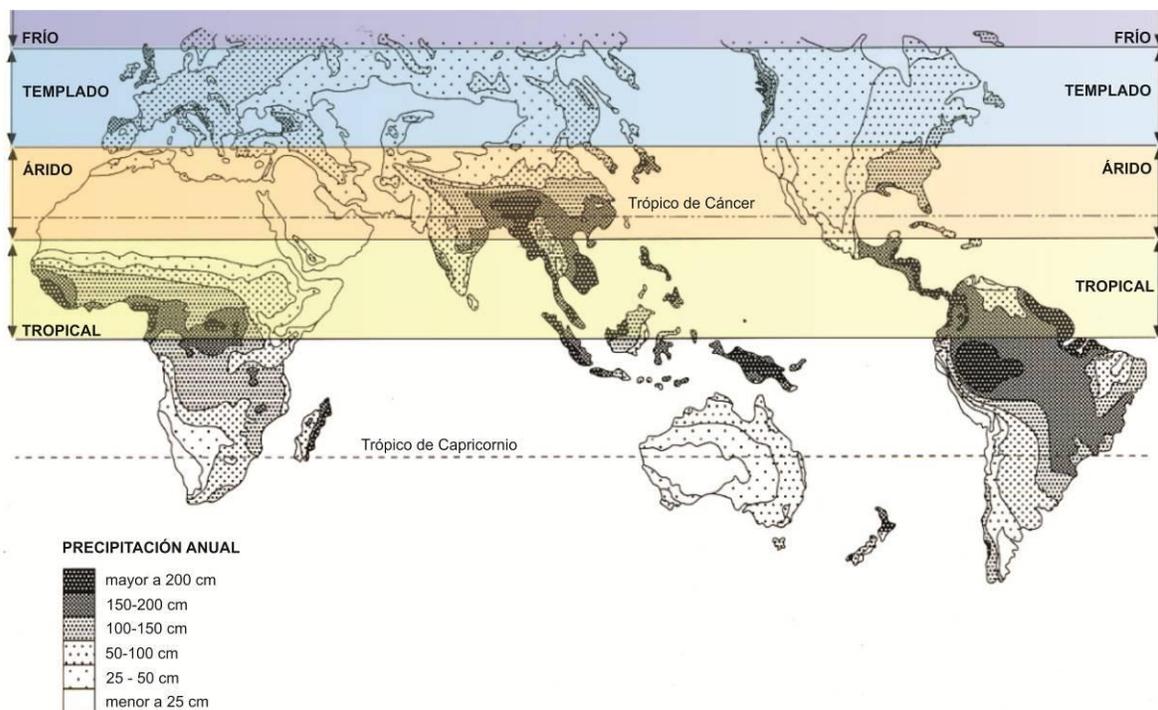
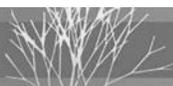


Imagen 3.1. Distribución de las zonas climáticas en el mundo. (Yeang, K. 1994)



El clima de la ciudad de Hermosillo es considerado de tipo cálido-seco a desértico con lluvias en verano. Presenta temperaturas en verano que van desde los 15 – 21 °C como mínima, hasta 38 – 43 °C como máxima, mientras que el invierno tiende a presentar temperaturas que van desde los 0 – 7 °C hasta 25 – 30 °C. Aunque la temperatura anual promedio es de 25 °C, presenta oscilaciones diarias y a lo largo de las estaciones de 16 °C, con veranos largos entre 5 y 6 meses. Los vientos dominantes se dirigen por la mañana en sentido SO-NO, y en sentido contrario por la tarde.

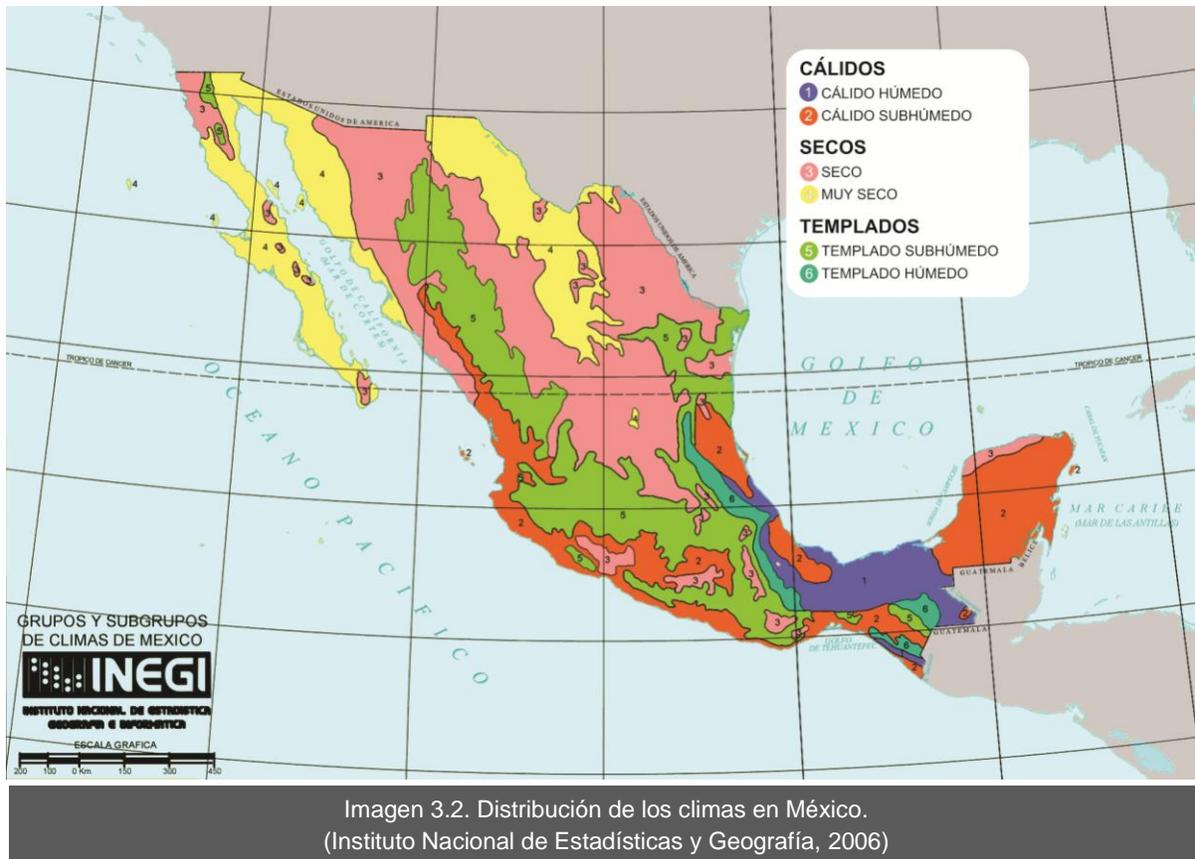
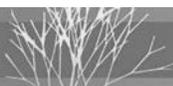


Imagen 3.2. Distribución de los climas en México.  
(Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía, 2006)

A continuación se presenta la descripción y análisis climático realizado al considerar variables meteorológicas promedio anuales utilizando el software Climate Consultant 5.12. Todas las graficas que se presentan han sido generadas por dicho programa, y posteriormente editadas para su fácil comprensión.

Para desarrollar este cálculo, se ha seleccionado el Modelo de Confort (predeterminado por el software) correspondiente al Método de Confort Adaptativo

<sup>2</sup> Climate Consultant 5.1 es un programa de predicción del clima por medio de gráficas 2D y 3D. Incluye parámetros como temperatura, radiación, iluminación viento, temperatura del suelo, y genera además diferentes diagramas que comparan estos datos como la carta psicrométrica, diagrama de heliodon gnómico, etc.



dentro del Standard ASHRAE 55-2004. Este modelo, que es utilizado habitualmente para el cálculo de confort en espacios interiores, está basado en la adaptabilidad de los usuarios, por ejemplo, en su capacidad de abrir o cerrar ventanas para favorecer la ventilación natural. Es por esto que este modelo ofrece un rango de confort mucho más amplio que aquellos modelos basados en simulaciones que utilizan sistemas centralizados de adaptación climática (como el aire acondicionado o calefacción). Asimismo, el modelo asume que los usuarios adaptarán su vestimenta según las condiciones térmicas y asume también que tienen una actividad sedentaria (1.0 a 1.3 MET<sup>3</sup>). Se ha seleccionado dicho modelo debido a que el ciudadano común de Hermosillo está normalmente modifica su vestimenta y cambia la manera de realizar ciertas actividades afrontar las condiciones climáticas extremas que presenta la ciudad. Asimismo, es un modelo que refleja mejor la adaptación al clima mediante el uso de sistemas pasivos en vez de la dependencia total sobre los sistemas mecánicos, que resultan poco útiles y eficientes en la adecuación de espacios exteriores.

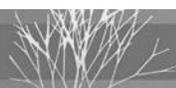
Internacionalmente se ha aceptado un rango de confort térmico que fluctúa entre los 18 °C y los 26 °C, pero cabe aclarar que este rango fue establecido para espacios interiores y con una actividad sedentaria, además de que fue determinado para países con clima más frío. Los rangos de confort han sido adaptados para este estudio y se han determinado entre los 24 y los 28 grados en verano, con humedad relativa entre 30 y 70%.

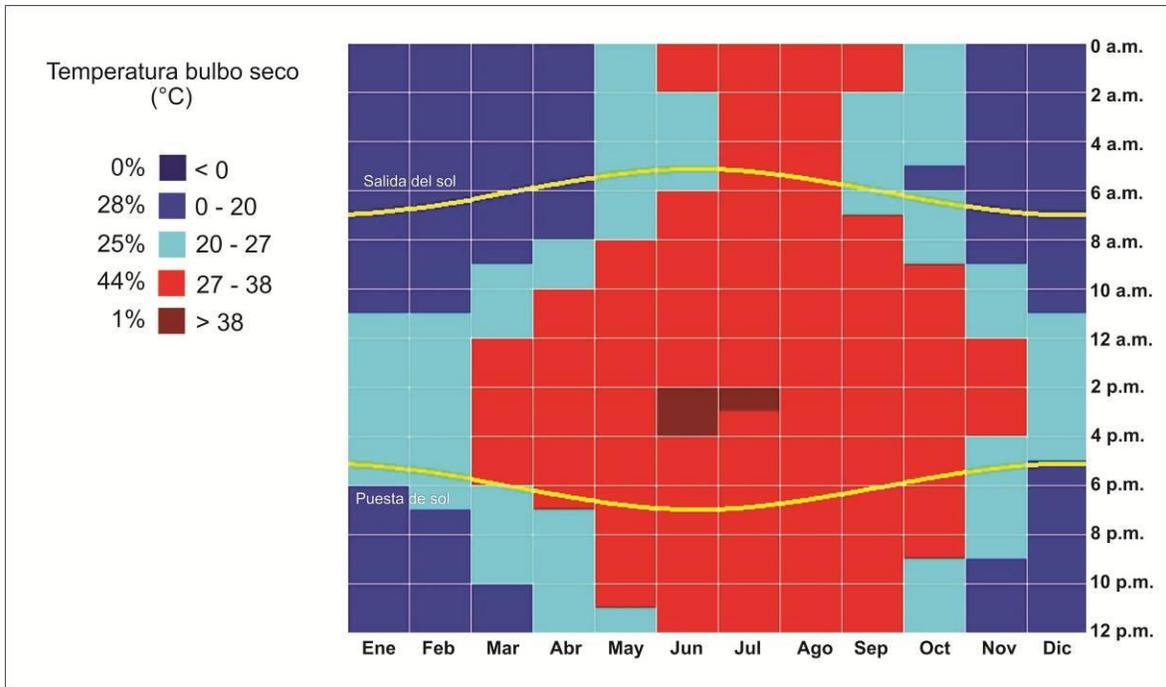
### 3.1.2 Temperatura

La ciudad de Hermosillo se caracteriza por tener un verano prolongado e intenso con temperaturas por arriba de la zona de confort (adaptada para este estudio) durante al menos 5 meses del año (de mayo a septiembre). Durante estos meses las temperaturas máximas alcanzan desde los 30 a los 40 grados, y las mínimas fluctúan entre los 18 y los 24 grados, con máximas extremas registradas de 48 °C. El mes más caluroso es junio con una temperatura máxima promedio de 39.5 °C.

---

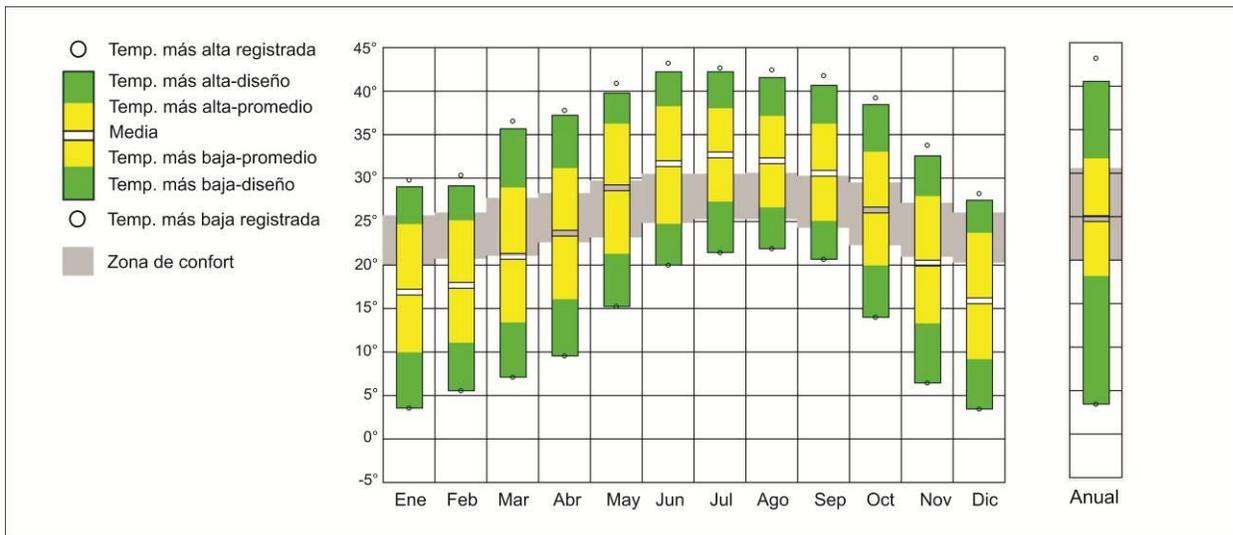
<sup>3</sup> Met (Metabolic Rate): Unidad de medida de la tasa de actividad metabólica, o el calor metabólico generado por una persona mientras realiza cierta actividad (Ochoa, 1999). Un MET equivale a 58.15 W/m<sup>2</sup>



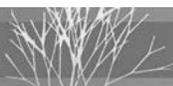


Gráfica 3.1. Temperaturas horarias promedio en la ciudad de Hermosillo, Sonora. (Climate Consultan, software)

Las estaciones intermedias (primavera y otoño) son breves, siendo particularmente el otoño casi inexistente. El invierno se caracteriza por ser extremo, con temperaturas mínimas promedio entre los 7 y los 16 °C, y máximas entre los 23 y 28 °C, con temperaturas mínimas extremas registradas de -3 °C.



Gráfica 3.2. Rango de temperaturas y zona de Confort. (Climate Consultan, software)

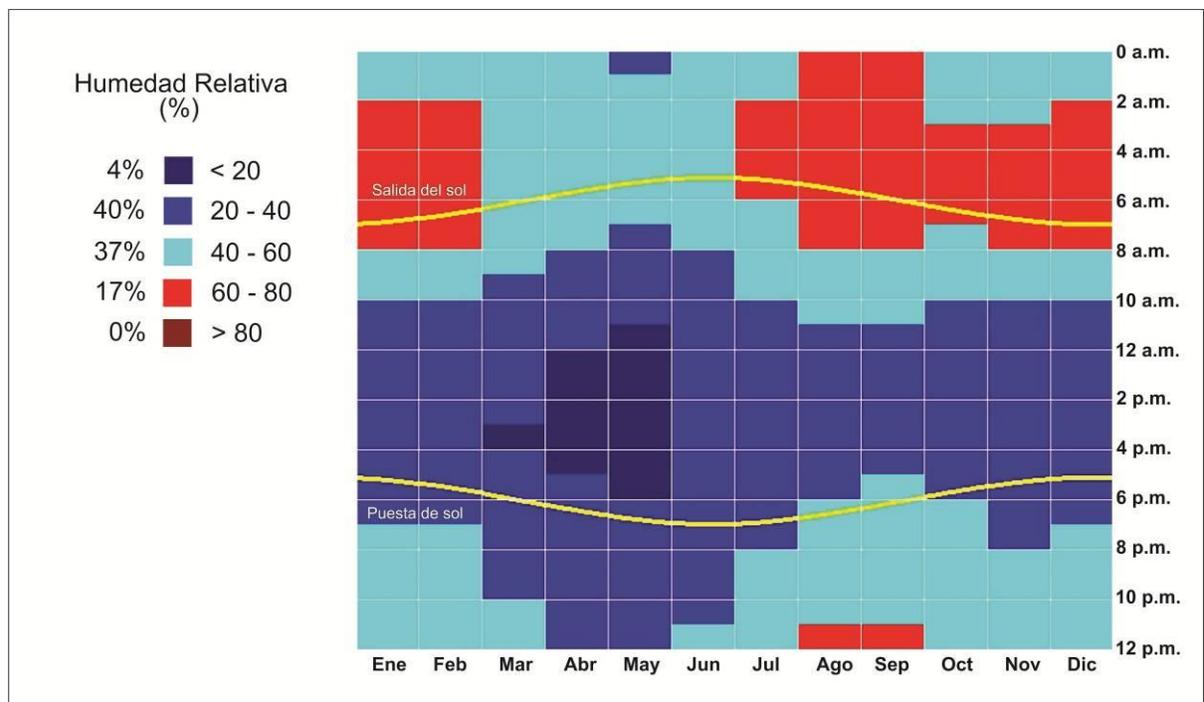


### 3.1.3 Precipitación pluvial

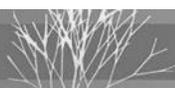
Las lluvias son escasas a lo largo del año. Los meses menos lluviosos son Abril y Mayo, mientras que la temporada ocurre usualmente entre Julio y Septiembre. El mes con mayor registro de lluvia es Agosto con una máxima promedio de 105.9 mm. La precipitación media anual es de 320 mm.

### 3.1.4 Humedad

La humedad relativa promedio es baja, en la mayor parte del año y se mantiene alrededor del 20 y 30%. Los meses más húmedos son Julio con un 30-40% de humedad relativa promedio y Agosto y Septiembre con un promedio de 52 y 53%. El mes con menos humedad relativa es mayo con un porcentaje promedio de 30% mientras que los meses de Agosto a Febrero presentan humedades más elevadas de hasta 80% en las horas de la madrugada (de las cero horas a las 6:00 am), y los meses de abril y mayo menores del 20% en las horas de la tarde (entre las 2 y las 4pm).



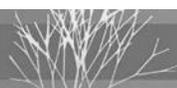
Gráfica 3.3. Humedad relativa horaria en la ciudad de Hermosillo, Sonora.  
(Climate Consultan, software)



### 3.1.5 Viento

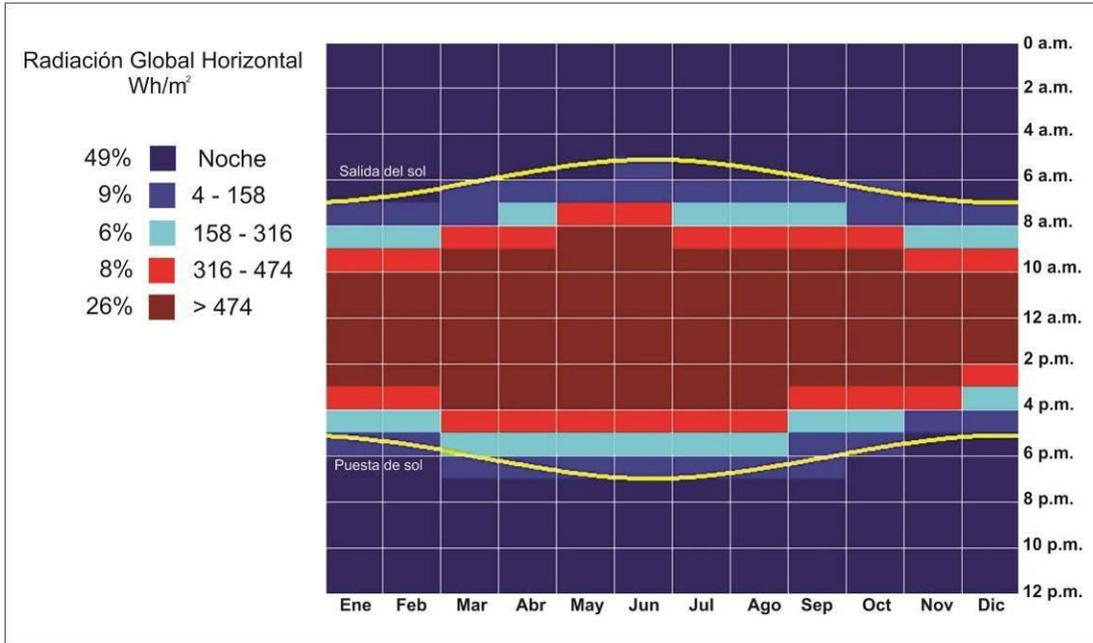
En cuanto a la disponibilidad y velocidad de los vientos, la ciudad de Hermosillo recibe vientos con velocidades promedio de 2 m/s o menores durante la mayoría de los meses del año, lo cual es relativamente útil en cuanto al uso y control de ventilación natural considerando que en algunas temporadas la temperatura del aire en el exterior es alta. Sin embargo, los meses de mayo y junio se han registrado ráfagas de hasta 9.8 m/s que podrían ser problemáticas. Los vientos más fuertes se presentan en las temporadas de mayo, junio y julio presentando eventualmente vientos huracanados con ráfagas de hasta 9.8 m/s.

Tabla 3.1. Velocidad y dirección del viento, Hermosillo, Sonora. (Meteonorm, software)		
MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO
Enero	1.3	Suroeste
Febrero	1.7	Suroeste
Marzo	2.0	Sur
Abril	2.3	Sur
Mayo	2.4	Sur
Junio	2.6	Suroeste
Julio	2.3	Sur
Agosto	1.9	Suroeste
Septiembre	1.8	Sur
Octubre	1.6	Sur
Noviembre	1.3	Sur
Diciembre	1.3	Sur

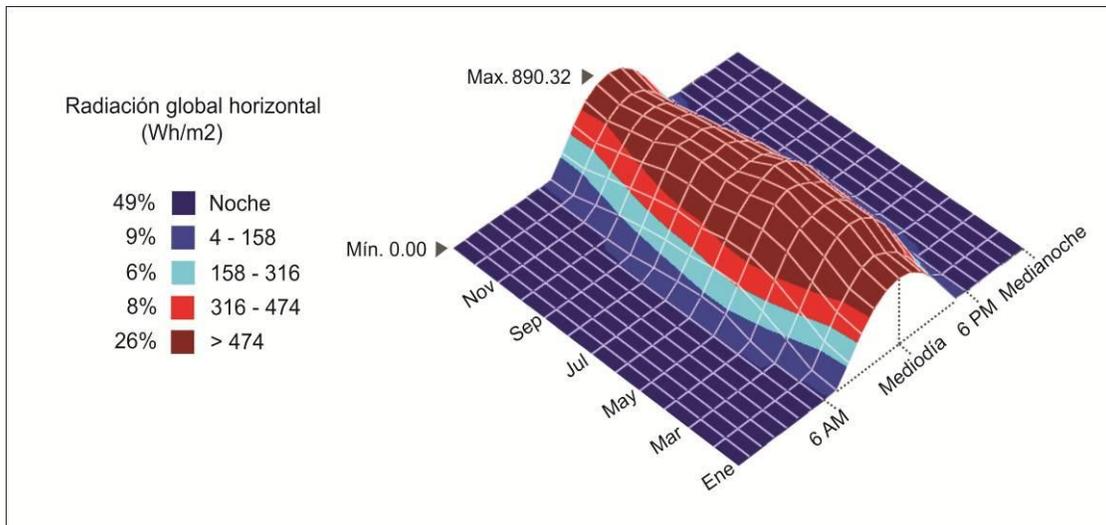


### 3.1.6 Radiación solar

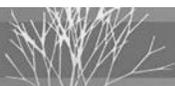
Las ciudades desérticas, como lo es la ciudad de Hermosillo, se caracterizan también por la gran disponibilidad de radiación solar. Según los datos meteorológicos, la ciudad de Hermosillo alcanza niveles de radiación global (directa y difusa) de entre los 475 y 980 W/m<sup>2</sup>, situándola entre los lugares con más alta incidencia solar a nivel mundial.



Gráfica 3.4. Radiación Global horaria promedio en la ciudad de Hermosillo, Sonora. (Climate Consultan, software)

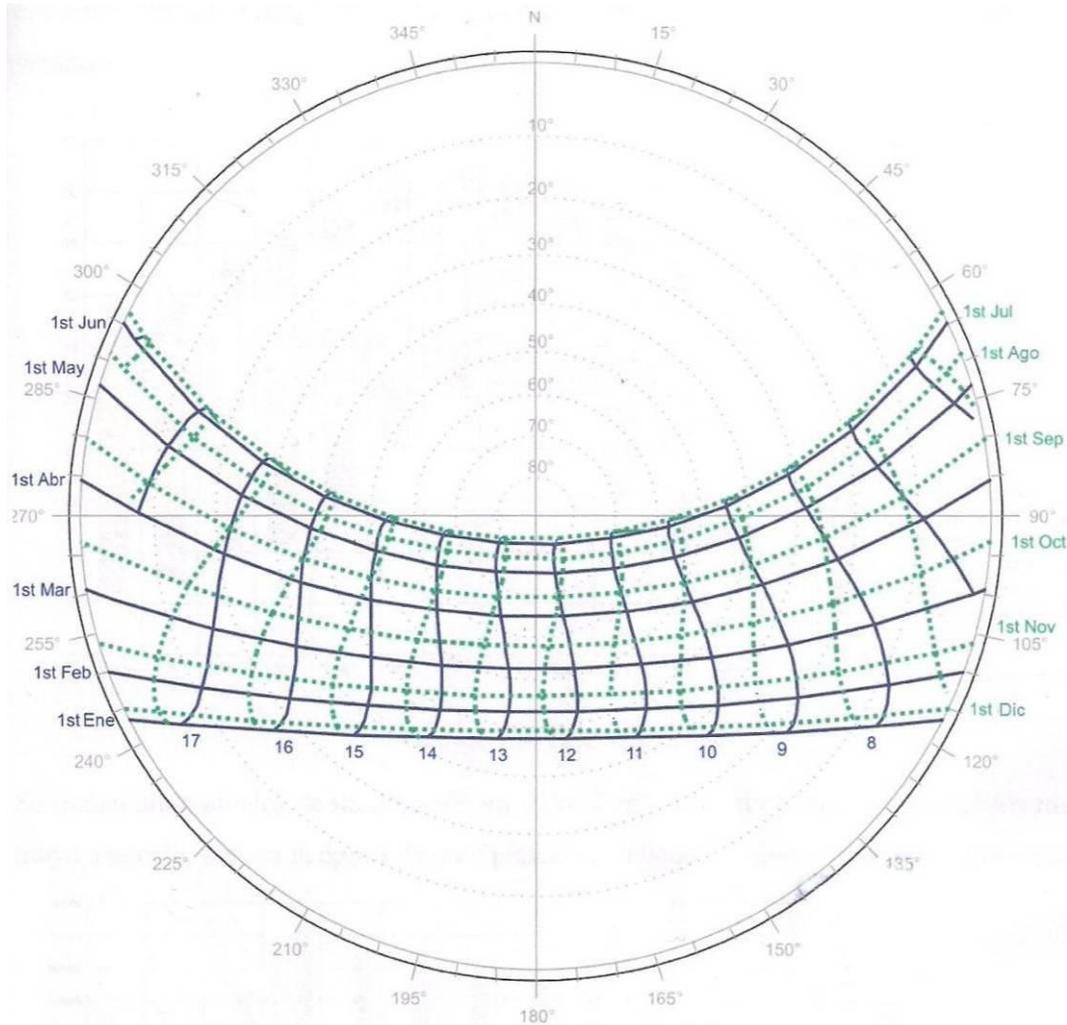


Gráfica 3.5. Gráfica 3d de radiación Solar Global Promedio Mensual. (Climate Consultan, software)



De esta manera, la ciudad presenta una heliofanía<sup>4</sup> promedio anual de 11 horas. Durante el verano, los días tienen una duración de hasta 13 horas en los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto; mientras que durante el invierno, los días suelen tener 10 horas en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero.

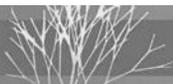
En la siguiente gráfica solar se muestra el recorrido del sol y el cambio de inclinación que presenta a lo largo del año. Teniendo una inclinación máxima de 86° en verano y mínima de 37° en invierno.



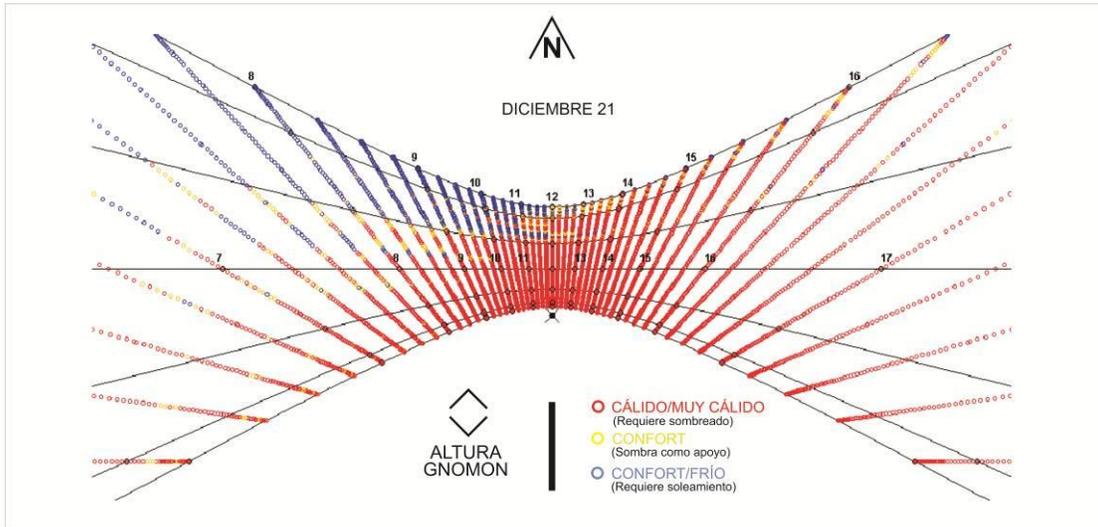
Gráfica 3.6. Gráfica solar para Hermosillo, Sonora. (Ecotec autodesk, software)

El período entre el 21 de diciembre y el 21 de junio se presentan las temperaturas mínimas, principalmente durante las noches y las mañanas. De diciembre a marzo se

<sup>4</sup> Heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol basadas en la radiación solar directa recibida en un lugar.

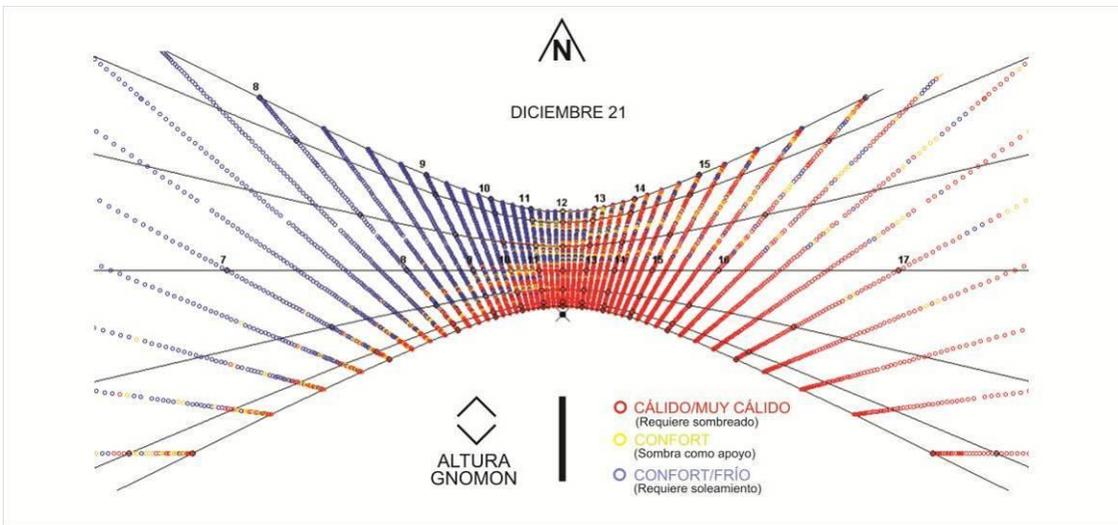


tienen condiciones de confort por las tardes, mientras que de abril a junio solo en algunas horas por las mañanas, mientras que las tardes presentan altas temperaturas.

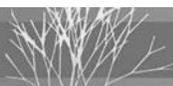


Gráfica 3.7. Tabla de protecciones solares para el período del 21 de junio al 21 de diciembre. (Climate Consultan, software)

Entre junio y septiembre se tienen altas temperaturas por arriba del rango de confort durante todo el día. A partir de octubre comienzan los meses con las mañanas más frescas, pero continúan las tardes cálidas hasta el mes de noviembre. Ya en diciembre se tienen mañanas frías y tardes con temperaturas confortables.

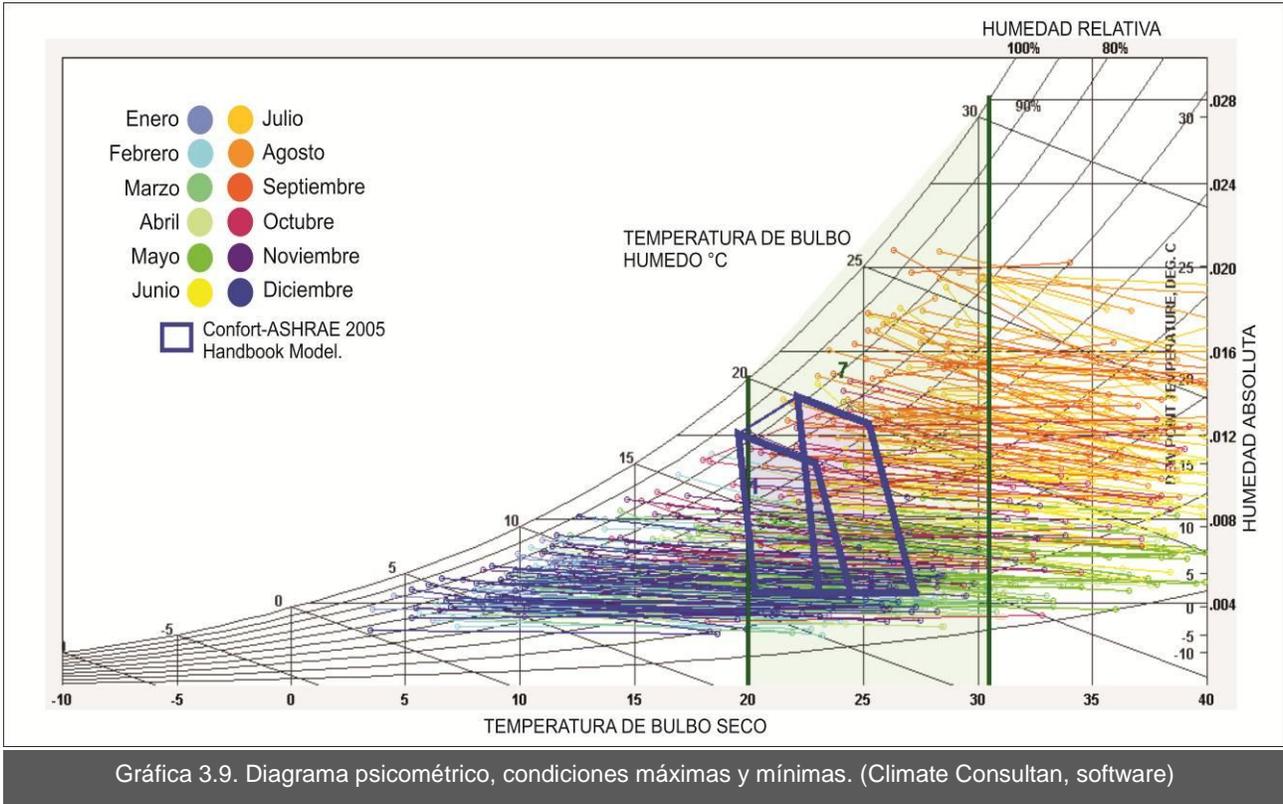


Gráfica 3.8. Tabla de protecciones solares para el período del 21 de diciembre al 21 de junio. (Climate Consultan, software)



### 3.1.7 Confort y clima

En los siguientes diagramas psicométricos se muestran las condiciones máximas y mínimas mensuales, así los datos horarios de todos los meses, donde se aprecia el porcentaje de los niveles de confort y desconfort anual, y para el mes más frío y el más cálido.

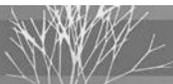


Gráfica 3.9. Diagrama psicométrico, condiciones máximas y mínimas. (Climate Consultan, software)

Durante todo el año se tiene un total de 18.5 % de horas de confort, con las estrategias mencionadas es posible alcanzar hasta un 34.5% en total.

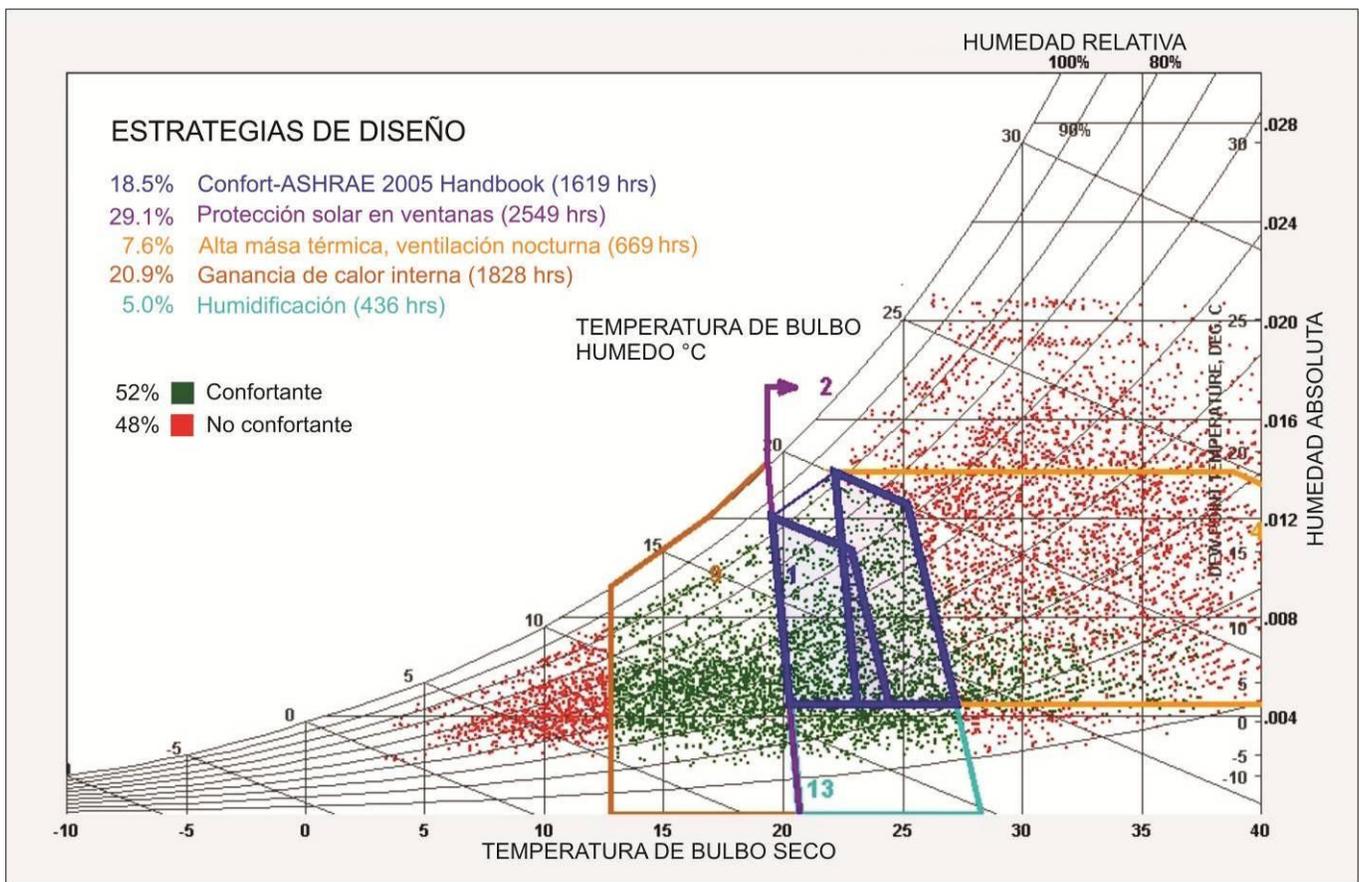
El mes más caluroso es julio, con un 70% de sus horas fuera del área de confort. El mes más frío del año, enero se tiene un 24% de horas de confort, la mayoría de las horas de desconfort son por las bajas temperaturas, aunque también se presentan por las altas temperaturas, lo que nos dice como la temperatura puede variar en lugares con clima como este.

El siguiente diagrama psicométrico relaciona las condiciones climatológicas durante todo el año y las estrategias que se pueden utilizar para ayudar a alcanzar las condiciones de confort en las edificaciones. Se muestran las que mayor impacto

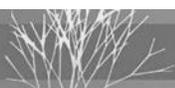


e importancia representan para considerarse como estrategias de diseño paisajístico.

- Protección solar en ventanas (29.1 %) al sembrar árboles en sus cercanías.
- Ganancia de calor interna (20.9 %) con coberturas vegetales en superficies exteriores.
- Masa térmica y ventilación nocturna (7.6 %) al conducir los vientos por medio de la vegetación.
- Humidificación (5.0 %) al considerar el riego de las especies vegetales en el exterior.



Gráfica 3.10. Estrategias de diseño seleccionadas para considerarse en el diseño paisajístico.  
(Climate Consultan, software)



### 3.3 VARIABLES FÍSICAS COMPLEMENTARIAS

#### 3.2.1 Hidrología

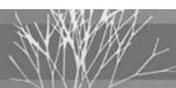
La ciudad de Hermosillo se encuentra dentro de la región hidrológica Sonora Sur (RH9) la cual cuenta con una superficie de 17,472 Km<sup>2</sup>, y dentro de las cuencas hidrológicas del Río Sonora y del Río Bacoachi. La Zona Norte del área comprendida dentro del límite del centro de población se encuentra en la subcuenca La Manga que pertenece a la cuenca hidrológica Río Bacoachi y en las subcuencas La Poza, Río San Miguel y Río Sonora Hermosillo, las cuales pertenecen a la cuenca hidrológica Río Sonora. Hacia el sur se extiende sobre las subcuencas La Poza, Río Sonora-Hillo y La Manga.

El Río Sonora y su principal afluente, el Río San Miguel, que unen sus cauces al noreste de la mancha urbana, desembocan en la presa General Abelardo L. Rodríguez.

Esta presa forma un sistema con la presa Rodolfo Félix Valdez, comúnmente conocida como El Molinito, la cual se encuentra dentro de la categoría de área natural protegida como zona de preservación ecológica denominada “Sistema de Presas Abelardo L. Rodríguez-El Molinito”.

Pasando la cortina de contención de la presa el cauce divide la ciudad de este a oeste, lo que comúnmente se le ha denominado “el vado del río”. Actualmente en el lecho del Río se ha construido un canal revestido de concreto, en dos etapas, la primera de 5 Km., desde el vertedor de la Presa hasta el Blvd. Solidaridad, la segunda con una longitud de 2.6 Km. desde Solidaridad hacia el este, desde donde continúa sin recubrimiento hacia la costa de Hermosillo, siguiendo su cauce natural. El sistema de drenaje natural de la ciudad converge hacia el Río Sonora, el cual divide en dos grandes zonas, situadas hacia el Norte y hacia el Sur del mismo. Pero esta tendencia se ha ido alterando con la urbanización y las obras hidráulicas construidas con el paso de los años, cambiando el curso de los escurrimientos hacia nuevos destinos, de tal forma que actualmente se pueda hacer una partición hidrológica de la ciudad de acuerdo al punto donde descargan.

La ciudad de Hermosillo se encuentra dividida principalmente por seis cuencas hidrológicas, en donde destaca que el Centro Urbano se encuentra ubicado en la cuenca hidrológica que drena hacia el Canal Río Sonora.



Las fuentes de agua potable que alimentan a nuestra ciudad, han sido afectadas gravemente por la sequía de 11 años. Hoy en día se encuentra en construcción uno de los proyectos más grandes en la historia de Hermosillo, refiriéndonos a esta problemática; el acueducto “independencia” que va de la presa Plutarco Elías Calles “El Novillo” a Hermosillo se busca garantizar el abasto de agua para los que no cuentan con este servicio. Es de suma importancia cuidar el agua en nuestro hogar, ya que la falta de agua en Hermosillo es cada vez más grave.

### 1.2.2 Tipos de suelo

La ciudad de Hermosillo está ubicada en una planicie de sedimentos cuaternarios; gravas, arenas, limos y arcillas. Dicha planicie se encuentra enmarcada por diversos afloramientos cuyas edades varían desde el paleozoico al reciente.

En el centro y sureste de la ciudad se pueden observar a grandes rasgos, variados afloramientos paleozoicos; calizas y diversos tipos de mármoles.

Los principales rasgos geológico-estructurales que se manifiestan en la zona de estudio están directamente relacionados a procesos ocurridos regionalmente.

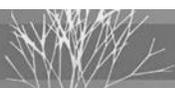
En la ciudad de Hermosillo se presentan principalmente tres tipos de suelo: arcilloso, gravoso y limoso de origen pluvial, estos últimos localizados en el cauce del Río Sonora. La constitución del suelo de la ciudad en su más grande extensión es de tipo limo-arenoso, los que se ubican hacia el oeste, norte y parte del sur de la ciudad. Hacia el poniente se clasifica el suelo como de arcillas expansivas, condición debida a la existencia de tierras de uso agrícola en los inicios de la ciudad.

### 3.2.3 Topografía

La topografía del terreno de la ciudad es variable, pero en su mayoría son pendientes regulares entre 3% y 5%. Dicha pendiente del terreno, se dirige hacia la cuenca del río Sonora, y todas estas se dirigen hacia el suroeste de la mancha urbana donde desfoga la presa.

En la localidad existen elevaciones topográficas, tales como los cerros del Bachoco, cerro de la campana (ícono de la ciudad), los cerros del mariachi, cerro de la Cementera, cerro de la Piedra Bola, cerro el Picudo y loma el Chiquihuite, los cuales influyen mucho en la conformación de la ciudad.

Hacia la salida del río Sonora, se encuentran una serie de bancos de materiales de los cuales se surte la ciudad para la industria de la construcción.



### 3.4 EL TERRENO

Este proyecto se dirige a la ciudad de Hermosillo. Por lo tanto para el desarrollo de nuestro proyecto, se eligió un lote tipo, el cual para poder definirlo, se hizo referencia a las leyes encargadas de dictar el lote mínimo para la realización de un proyecto de vivienda de interés social, -las cuales se llevan a cabo generalmente por fraccionadores-, por lo que en las leyes consultadas se hizo referencia a las secciones referentes a los fraccionamientos.

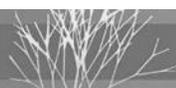
La Ley No. 254, Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora, en el Capítulo II. De los Fraccionamientos en su Artículo 114 establece que la dimensión mínima de los lotes resultantes de una subdivisión será la que determine el programa del centro de población, sin embargo no se llega a profundizar más en la dimensión del terreno.

Por lo que se procedió a consultar la Ley No. 101, anterior Ley de desarrollo Urbano del Estado de Sonora aún vigente, que complementa a la nueva ley 254. En su Capítulo V. De la tierra para el desarrollo urbano y la vivienda, en su Art.76 Apartado III enuncia que la superficie de un lote tipo para vivienda de Interés social en una reserva de interés social, sea la dictada por la Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología. Sin embargo, este no es el caso de nuestro proyecto, ya que se supuso que la ubicación de la propuesta no se encontrará dentro de una reserva territorial.

Por otro lado, la Ley No. 101, en su Capítulo III. De los fraccionamientos, en el ART. 102, referente a los Fraccionamientos de Interés Social, dicta los requerimientos con los que éstos deben contar. El Apartado II. Lotes, de este artículo dicta las dimensiones mínimas del lote tipo para vivienda de interés social, entre los que encontramos dos:

- En calles locales, -las cuales según el Art. 110 de esta ley son las que tienen como objetivo principal dar acceso a los lotes de fraccionamiento-, el frente mínimo será de 6.50 mts. Y superficie mínima de 117.00 mts<sup>2</sup>.
- En las calles colectoras, las cuales según el Art. 110 de esta ley son aquéllas destinadas a conducir el tránsito de las calles locales hacia otra zona del fraccionamiento o de la ciudad, el frente mínimo será de 7.50 mts. Y superficie mínima de 135.00 mts<sup>2</sup>.

Para la definición de nuestro lote tipo se eligió el caso más crítico que dicta la ley, el cual es un lote de 117 mts<sup>2</sup> con un frente de 6.50 mts., tal lote se consideró con colindancia. Se presumió que el lote cuneta con los servicios básicos con los que una vivienda en un Fraccionamiento de Vivienda de Interés Social contaría. De igual manera, se supuso un terreno plano, de tipo limo-arenoso, - ya que es el tipo de suelo predominante en la ciudad-. Para este análisis del asoleamiento en la ciudad se utilizaron sus coordenadas generales: 29°25' latitud norte, y 110°98' longitud oeste.



### 3.5 ESTUDIO DEL USUARIO

A continuación se presenta el estudio del usuario del ejemplo de aplicación que posteriormente se desarrolla, pues es importante, previo a cualquier diseño de espacio exterior, el reconocimiento del usuario y sus necesidades.

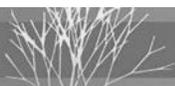
#### 3.5.1 Usuario vivienda de interés social en regiones de clima cálido seco.

Como parte del proyecto de investigación “Confort Térmico y Ahorro de Energía en la Vivienda Económica en México: Regiones de Clima Cálido Seco y Húmedo” del cual se habló anteriormente, se realizó un estudio para determinar el perfil de los usuarios de las viviendas económicas en la ciudad de Hermosillo, Sonora. (Alpuche, 2011)

La información obtenida es el resultado de dos encuestas realizadas, una, para conocer las características físicas de la vivienda y el perfil de los usuarios, así como la percepción de la vivienda por parte de ellos. La otra encuesta se realizó en una época de calor y otra de frío, con el objetivo de conocer la sensación térmica de los usuarios.

Los resultados presentados son los siguientes:

- La vivienda económica está destinada a familias con ingreso mensual entre 1 y 3.9 salarios mínimos. La escolaridad más frecuente es de secundaria. La mayoría de las familias la forman parejas jóvenes con uno o dos hijos, por lo que el número de habitantes por vivienda es de 3 o 4 en un 32 y 18 % respectivamente, en un 18 % son habitadas por dos personas y un 15 % por hasta 5.
- En la mayoría de las familias ambos cónyuges trabajan, por lo que los mayores consumos energéticos se dan antes y después de los horarios de trabajo principalmente.
- Los habitantes de estas viviendas están aclimatados a las condiciones térmicas locales, pues casi todos son originarios de la ciudad o del estado de Sonora.
- Son utilizados equipos de acondicionamiento térmico, principalmente coolers.
- Debido a que las ventanas no cuentan con protecciones solares, es aquí donde se presentan grandes ganancias de calor hacia el interior de las viviendas, Los usuarios intentan solucionar esta situación con el uso de persianas y cortinas.
- Un 82% de los usuarios manifiesta su deseo de hacerle modificaciones o ampliaciones a su vivienda, pero solo un 12% lo ha hecho, probablemente debido al bajo nivel de ingresos.
- La mayoría de los usuarios cuentan con electrodomésticos como refrigerador y televisión, radio, lavadora o plancha. El refrigerador es el equipo que representa mayor consumo, después el televisor, radio, plancha y lavadora.
- Los habitantes tienen un impacto importante sobre el comportamiento térmico de las viviendas, esto es tanto por sus hábitos de consumo de energía, la ocupación



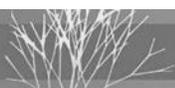
de las viviendas, o sus hábitos de modificar la envolvente como el utilizar la ventilación nocturna.

- Existen factores que influyen sobre el comportamiento térmico, el consumo energético depende del tipo de usuario, de sus conocimientos sobre los efectos térmicos, disponibilidad de recursos para el pago de la electricidad, así como de su conciencia ambiental.
- Al comparar los datos de consumo, con nivel de ingresos y escolaridad de los usuarios se concluye con que los que más consumen son los que tienen hasta nivel secundaria, seguido por preparatoria. Es decir, aquellos con un ingreso intermedio, una combinación entre escolaridad no muy alta y poder adquisitivo suficiente, por lo que se deduce que el consumo no depende de los ingresos, sino de la educación de los usuarios. Los hábitos de consumo impactan de una manera importante el consumo eléctrico. Con esta información, se supone que una campaña de educación sobre las medidas que se pueden tomar para el ahorro de energía eléctrica podrían impactar de manera importante el consumo eléctrico.

El estudio concluye que las viviendas y su exterior no están diseñadas para el clima seco de la región, por lo que registran altos consumos de energía eléctrica destinada a climatización. Por esto, los usuarios de bajos recursos son los más afectados.

Esta información nos habla de la manera en la cual los distintos desarrolladores de vivienda podrían mejorar el diseño que ofrecen para generar condiciones interiores de confort.

En sentido más amplio se plantea la necesidad de planear obras estratégicas como mayor regulación sobre aspectos energéticos en el reglamento de construcción, revisar los montos de crédito para vivienda económica y prever incentivos fiscales para la generación y ahorro de energía de las viviendas. El usuario se define para este proyecto con las características que se mencionó anteriormente, con la finalidad de utilizar criterios reales y adaptados a nuestra ciudad y clima.





## 4. PAUTAS DE DISEÑO DE ESPACIOS EXTERIORES EN REGIONES DE CLIMA CALIDO SECO

### 4.1 Proceso de diseño de espacios exteriores

Para un diseño paisajístico adecuado considerando las características climáticas del sitio y buscando minimizar el consumo de recursos se propone el siguiente método de diseño:

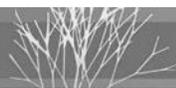
- 1 Reconocimiento y representación del terreno a intervenir.
- 2 Análisis del sitio
- 3 Determinación de las necesidades del usuario
- 4 Determinación de pautas de diseño
- 5 Selección de especies vegetales
- 6 Zonificación
- 7 Partido de diseño
- 8 Evaluación de la propuesta
- 9 Proyecto ejecutivo

#### 1. Reconocimiento y representación del terreno a intervenir.

En esta representación se debe de considerar:

- Límites de propiedad.
- Orientación del predio.
- La dirección de escurrimientos superficiales.
- Localización de estructuras existentes: edificios (incluyendo envolvente, puertas y ventanas) arboles, andadores, etc.
- Tanques sépticos, líneas de drenaje, y líneas eléctricas subterráneas.
- Vistas perspectivas y fotografías actuales.
- Elementos no deseados.

Esta etapa consiste en realizar un plano actual que describa todo las consideraciones anteriormente mencionadas. No debe de olvidarse señalar la



orientación, cuervas de nivel, escala gráfica, acceso y flechas indicativas de las fotografías actuales tomadas al predio.

## **2. Análisis del sitio**

En esta parte se analiza lo siguiente:

- Variables climáticas principalmente temperatura, viento, humedad, soleamiento, tipo de suelo, etc.
- Uso de terrenos aledaños.
- Circulación Vehicular y peatonal de la zona.
- Restricciones de altura, banquetas, etc. (Normatividad)
- Estructuras existentes y su influencia en este espacio (sombreado, vientos, etc.)

## **3. Determinación de las necesidades del usuario**

Es importante conocer como se utilizará el espacio y por quienes considerando:

- Si el área será pública o privada.
- Características del usuario como edad, existencia de mascotas, animales, etc.
- La clase de estructuras, elementos y equipo que serán necesarios.
- Determinar la circulación preferida por los usuarios entre los espacios.
- Evaluar los requerimientos de mantenimiento y las posibilidades de lograrlo.
- El limitante económico que impone cada cliente o usuarios para su diseño, construcción y mantenimiento.

Las entrevistas al cliente permiten el claro conocimiento de las consideraciones anteriormente mencionadas.

Aquí se recomienda elaborar un resumen de estas necesidades del usuario que describa estas características obviando las que no afectarán directamente el diseño del espacio exterior y jerarquizándolas según el grado de importancia en nuestro proceso de diseño.

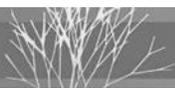
## **4. Determinación de pautas de diseño**

Se buscará establecer las estrategias de diseño que se aplicarán durante el diseño paisajístico en torno al edificio considerando dos variantes de las mismas:

- Estrategias de ahorro de recursos

Permitirán reducir el consumo energético de las edificaciones por medio del control de la ganancia o pérdida de calor del edificio, así como la racionalización del agua para su mantenimiento.

- Estrategias de diseño formal y ornamental



Permitirán hacer uso de elementos paisajísticos como la vegetación en el diseño funcional del espacio exterior además de hacer uso de ellos como elementos decorativos.

Siguiendo a esta propuesta metodológica del diseño paisajístico, se establecen las recomendaciones y se detallan éstas estrategias para permitir al diseñador un resultado que integre ambas áreas.

## 5. Zonificación

A continuación es necesario determinar el uso de las áreas mediante la elaboración de diagramas de zonificación. Es importante considerar las estrategias de diseño definidas previamente.

- **Mantenimiento del área exterior:** las tareas de mantenimiento y limpieza también se precisa de espacio. Es necesario ubicar la toma de agua, y la ubicación de los equipos de riego, permitiendo su funcionalidad.
- **Circulaciones dentro del espacio:** las zonas deben estar correctamente definidas considerando además la circulación dentro del espacio.
- **Ubicación y dimensiones de áreas suficientes:** es importante considerar la ubicación de las distintas áreas, y referirlas con sus respectivas estrategias además de darles una dimensión adecuada a las áreas de vegetación para que cumplan con las estrategias de diseño que fueron definidas.
- **Balance y proporción de elementos:** se debe tener especial cuidado en la ubicación de mobiliario, materiales y vegetación en el exterior para mantener un balance entre estos elementos. Nunca debe haber demasiados en una zona y pocos en otra.

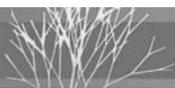
## 6. Selección de especies vegetales

La selección de especies es sumamente importante, pues es el principal elemento del diseño paisajístico que permite lograr funcionalidad y sencillez, uso adecuado de los recursos, respeto al medio ambiente, y el impacto positivo en el consumo energético de los edificios.

Posterior a este apartado, se ejemplifica con algunas especies vegetales de la región las características que se deben de considerar para la selección de estas y para finalmente ser utilizadas como elementos de control microclimático.

## 7. Partido de diseño

Un partido arquitectónico es el resultado del análisis de distintas necesidades, estrategias y características reales del proyecto que permiten llegar a concretar una idea de diseño y representarla. Se elaboran croquis que representan la idea general de diseño del espacio exterior considerando todo el análisis que se realizó previamente a este paso.



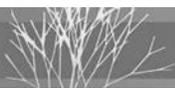
## 8. Evaluación de la propuesta.

Siempre que se consideran estrategias de control bioclimático en un proyecto es útil analizar la propuesta antes de su ejecución final programando revisiones del proyecto o, si existe la oportunidad, analizándola utilizando software especializados de simulación.

## 9. Proyecto ejecutivo

Se deberá incluir distintos planos que permitan la ejecución del proyecto. Estos deberán de ser claros y sus características variaran de proyecto en proyecto. Algunos de los planos que no deben de hacer falta en este paquete de proyecto ejecutivo son:

- Plano de trazo
- Planta arquitectónica
- Plano de sistema de riego
- Plano de acabados
- Plano de plantación
- Plano de criterio de iluminación (si lo requiere)
- Plano de mobiliario



## 4.2 Estrategias de ahorro de recursos

### 4.2.1 Ahorro energético

Las estrategias de diseño, considerando el clima cálido seco, tendrán el propósito de crear espacios exteriores con mejores condiciones de confort para sus usuarios y al mismo tiempo propiciar la eficiencia energética de la edificación al ofrecer este diseño exterior como estrategia de control de ganancia de calor y/o pérdida del mismo, reduciendo así el consumo energético de la edificación en sistemas de climatización.

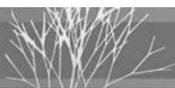
Las estrategias de diseño propuestas deberán abordar el control de la radiación, los vientos, la temperatura, humedad, principalmente con la utilización de vegetación y elementos de diseño paisajístico.

#### Control de la radiación

Debido a la cantidad de radiación que recibe la ciudad de Hermosillo, sobre todo en verano, y al empleo erróneo de los materiales que se utilizan para la construcción, esta es una de las acciones que se deben considerar con mayor insistencia. Durante el invierno el control de la radiación no es un problema ya que en algunas horas del día se requiere soleamiento para sentirse confortable.

Para hacer más eficiente el control de la radiación, se ha decidido abordarlo en dos vertientes:

- Radiación solar: la proveniente directa del sol
- Radiación terrestre: la emitida por todos los objetos y superficies del espacio que se está analizando



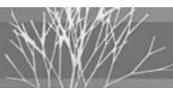
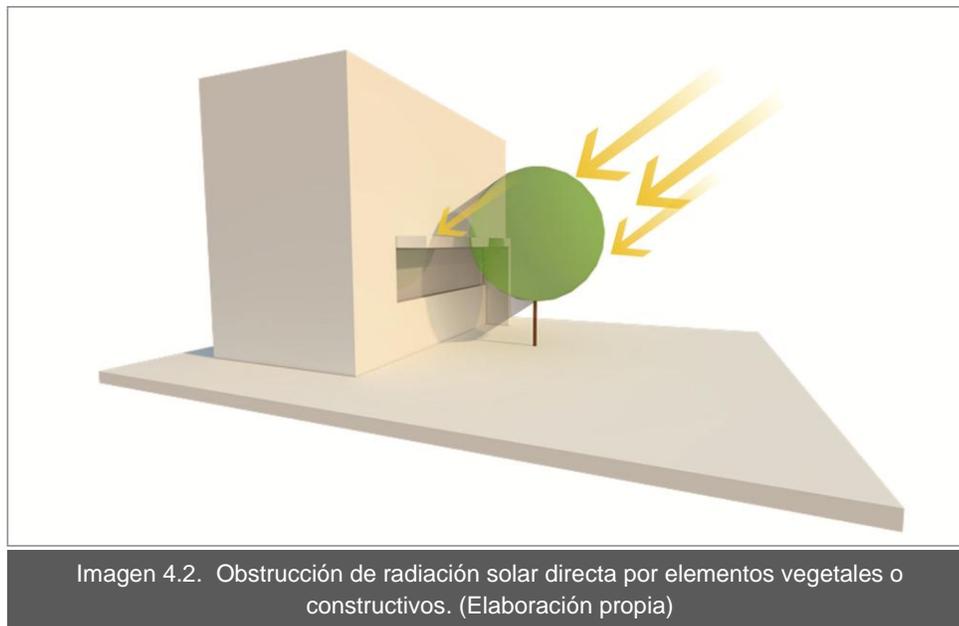
## Radiación solar

La radiación solar puede ser directa, difusa o reflejada y las estrategias de diseño para su control son las siguientes:

1. Sembrar árboles caducifolios entorno a la fachada sur y oeste de los edificios. Sea una secuencia de árboles en línea o un conjunto de estos, con la finalidad de obstruir la radiación solar directa, la difusa y la reflejada durante el verano, y permitir la ganancia de calor por radiación directa en la superficie del edificio durante el invierno.



2. Utilizar elementos constructivos o vegetales que provoquen sombra para proteger los muros y ventanas del edificio, especialmente en las fachadas sur y oeste.



3. Utilizar coberturas vegetales superficiales entorno al edificio, para disminuir la radiación reflejada hacia él.

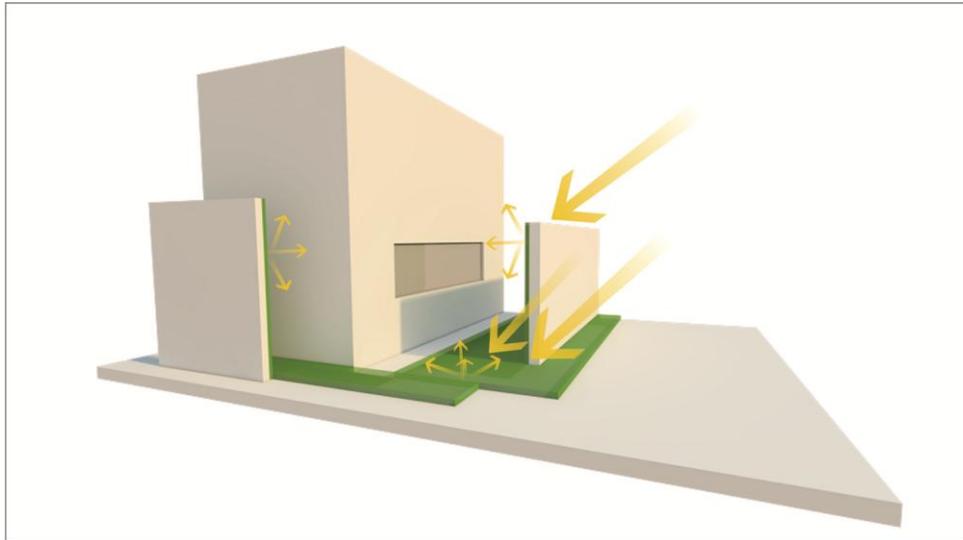


Imagen 4.3. Disminución de radiación reflejada por uso de cubiertas vegetales. (Elaboración propia)

4. De no ser posible utilizar coberturas superficiales de vegetación, hacer uso de materiales de baja reflectancia para disminuir la radiación reflejada y la emitida por los materiales exteriores.

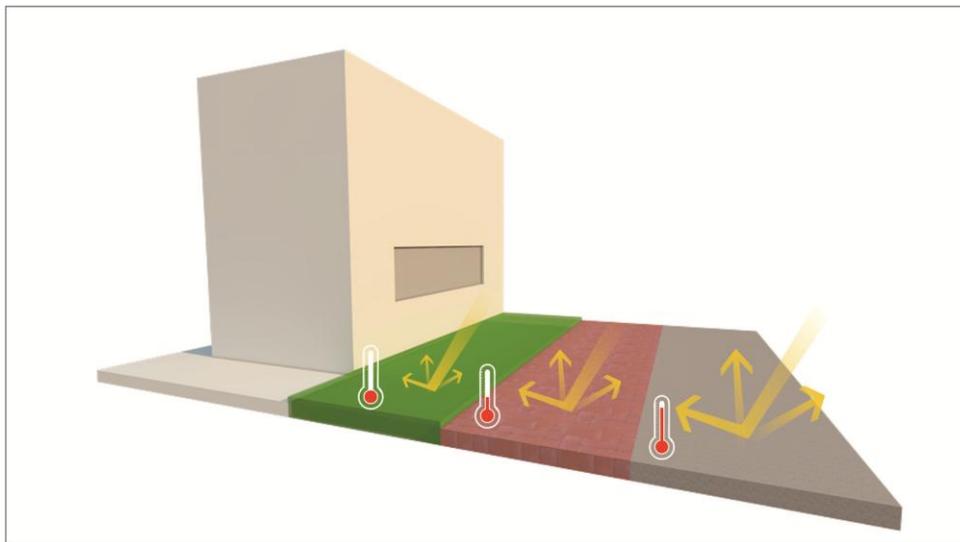
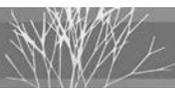


Imagen 4.4. Uso de materiales de baja reflectancia para disminuir la radiación reflejada hacia el edificio. (Elaboración propia)



5. Utilizar arbustos o elementos constructivos verticales, de baja altura, para obstruir la radiación reflejada hacia el edificio.

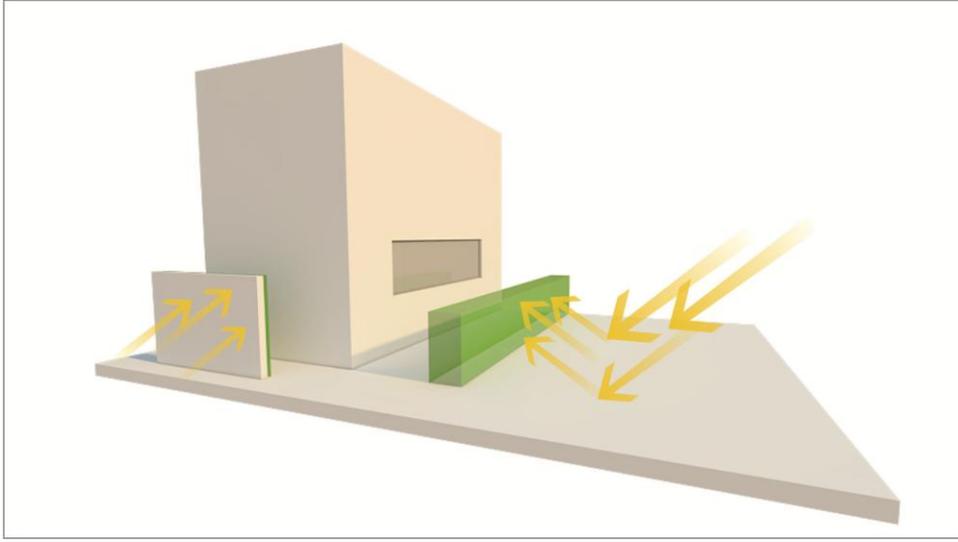
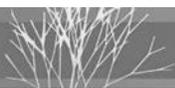


Imagen 4.5. Uso de elementos constructivos o vegetales de baja altura para obstruir la radiación reflejada hacia el edificio. (Elaboración propia)

### Radiación terrestre (onda larga)

La radiación terrestre o de onda larga, es la que emiten todos los cuerpos en relación con su temperatura. Las acciones para disminuirla se basan en el control de la temperatura superficial de los elementos que rodean el edificio. Las estrategias de diseño para su control son las siguientes:

1. Controlar el flujo de radiación solar sobre la superficie de la vivienda colocando árboles o elementos que impidan una ganancia de calor en las superficies del mismo.



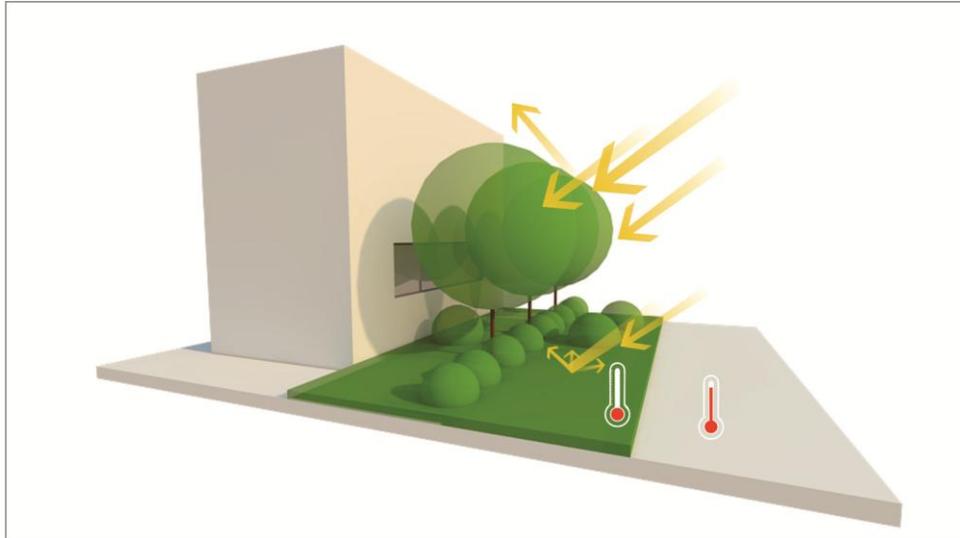


Imagen 4.6. Control del flujo de radiación solar en el edificio con el uso de elementos vegetales. (Elaboración propia)

2. Utilización de coberturas vegetales sobre la vivienda, para mantener la temperatura de la superficie cercana a la temperatura ambiente.

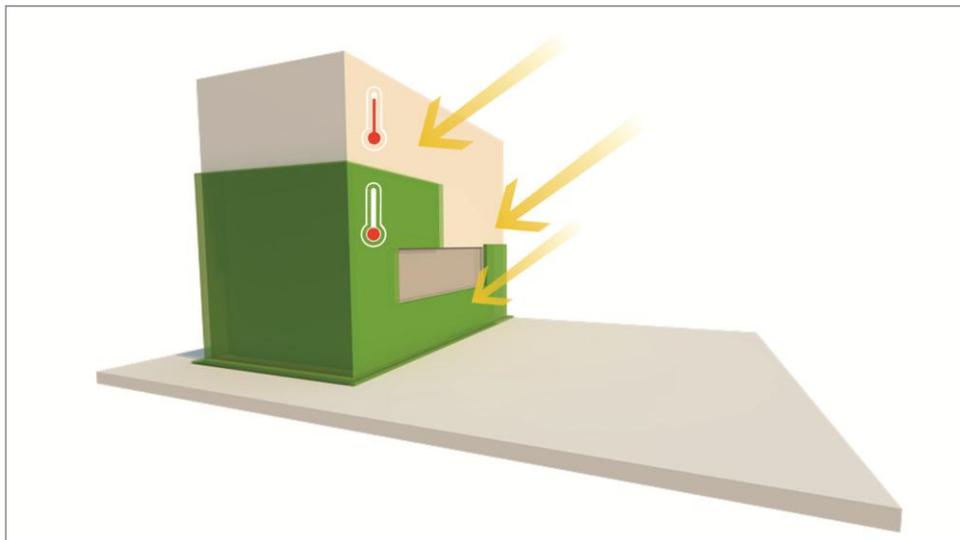
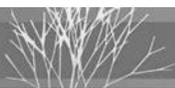


Imagen 4.7. Uso de coberturas vegetales sobre el edificio para controlar la ganancia de calor en sus superficies. (Elaboración propia)



- Mantener irrigadas las coberturas vegetales para conservar fresco el microclima que rodea el edificio.

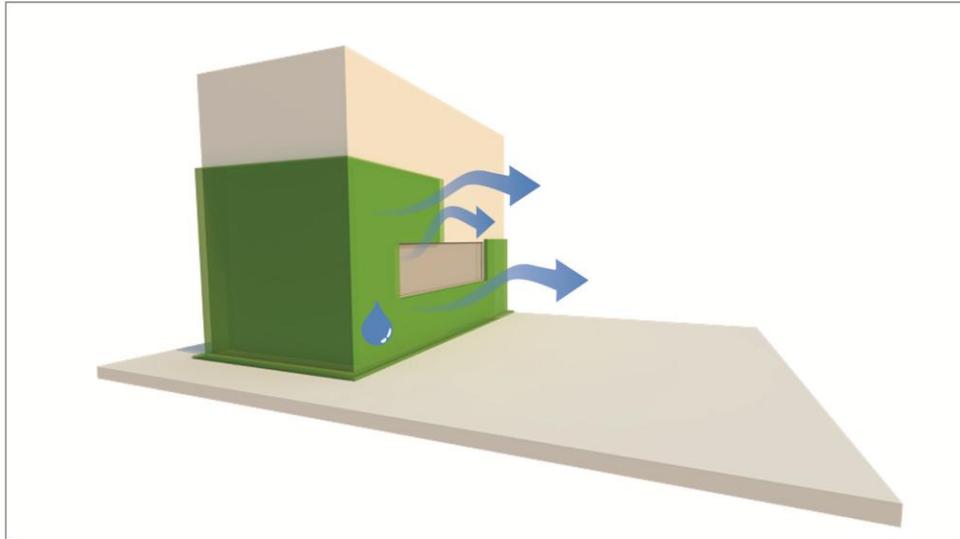


Imagen 4.8. Mantener fresco el microclima exterior al irrigar las coberturas vegetales. (Elaboración propia)

- Utilizar materiales de alto albedo, para evitar que absorban energía solar, y la emitan posteriormente como radiación de onda larga o infrarroja.

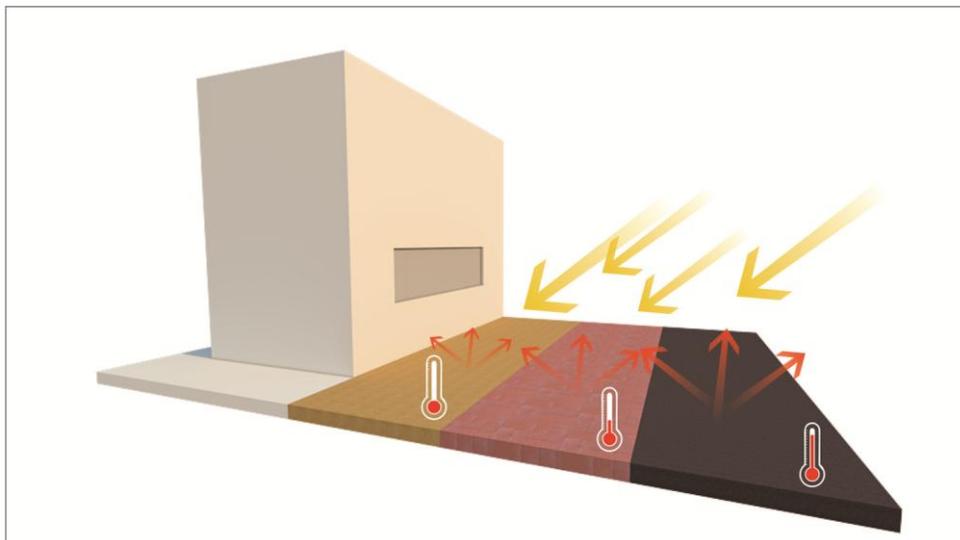
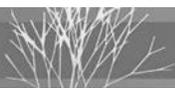


Imagen 4.9. Uso de materiales de alto albedo que no emitan grandes cantidades de radiación infrarroja posterior a la exposición solar. (Elaboración propia)



5. En donde haya superficie cubierta de gravilla u otro material, intercalar césped para aminorar la acumulación de energía solar.

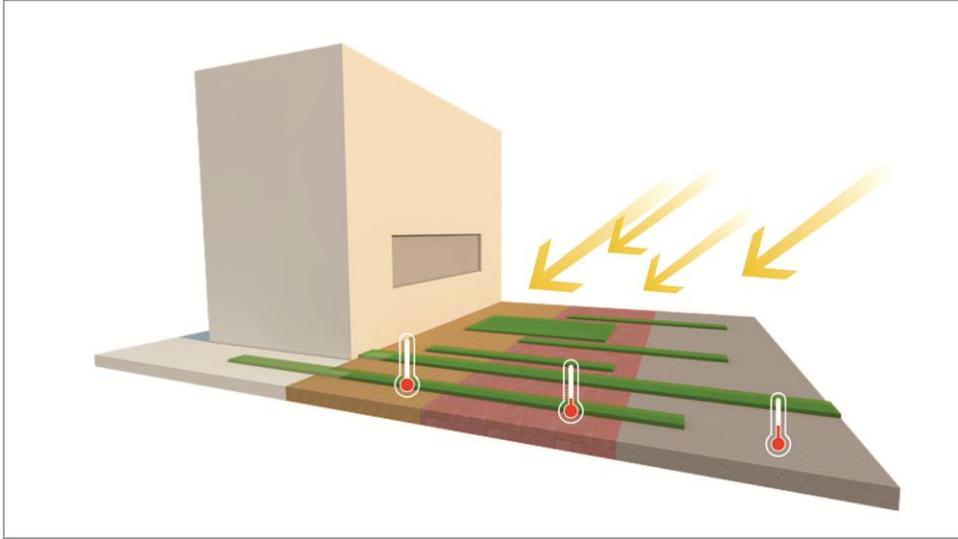


Imagen 4.10. Intercalar césped con otros materiales para aminorar la acumulación de energía. (Elaboración propia)

6. Utilizar materiales permeables que permitan el paso del agua hacia el terreno y a su vez provocar un descenso en la temperatura del material por medio de la evaporación del agua.

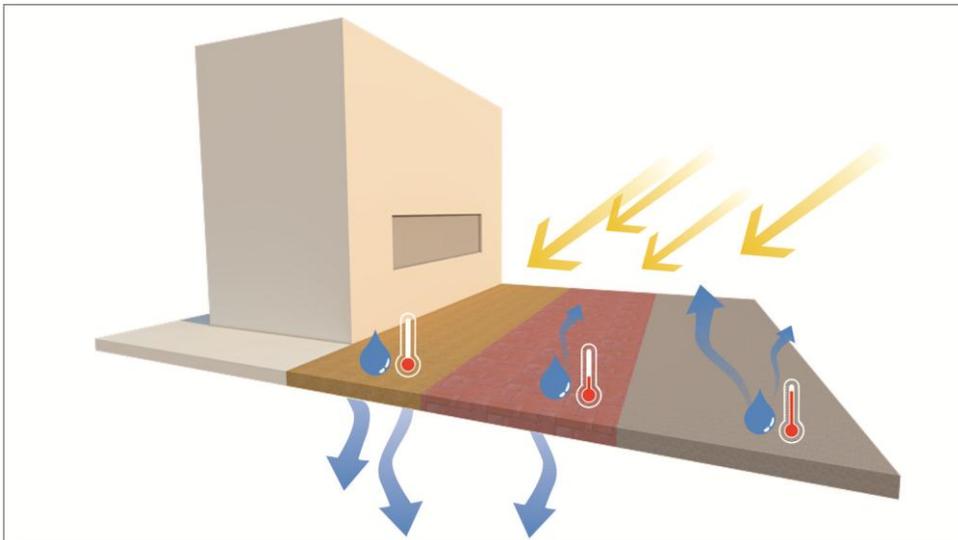
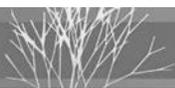


Imagen 4.11. Uso de materiales permeables que permitan el paso del agua hacia el terreno. (Elaboración propia)



## Control del viento

Por las condiciones climáticas de la ciudad de Hermosillo el viento es uno de los elementos que en las estaciones extremas debemos evitar sobre todo durante el día. Siendo el invierno muy frío y el verano muy caliente no son deseables los vientos a temperaturas tan bajas y altas.

En invierno, cuando el viento frío hace contacto con la superficie del edificio que se encuentra a mayor temperatura, ocasiona pérdidas de calor por convección al edificio.

Durante el verano la acción del viento sobre la vivienda se presenta de dos maneras; por convección, debido a la incidencia del viento sobre la envolvente del edificio, y por filtración de aire no deseada, a través de las diversas hendiduras del edificio (ventanas o puertas mal selladas, lucernarios, claraboyas y juntas constructivas).

Las estrategias de diseño para su control son:

1. Obstruir y desviar el paso del aire frío o caliente al interior del edificio o a sus superficies para no generar pérdidas o ganancias de calor por convección.

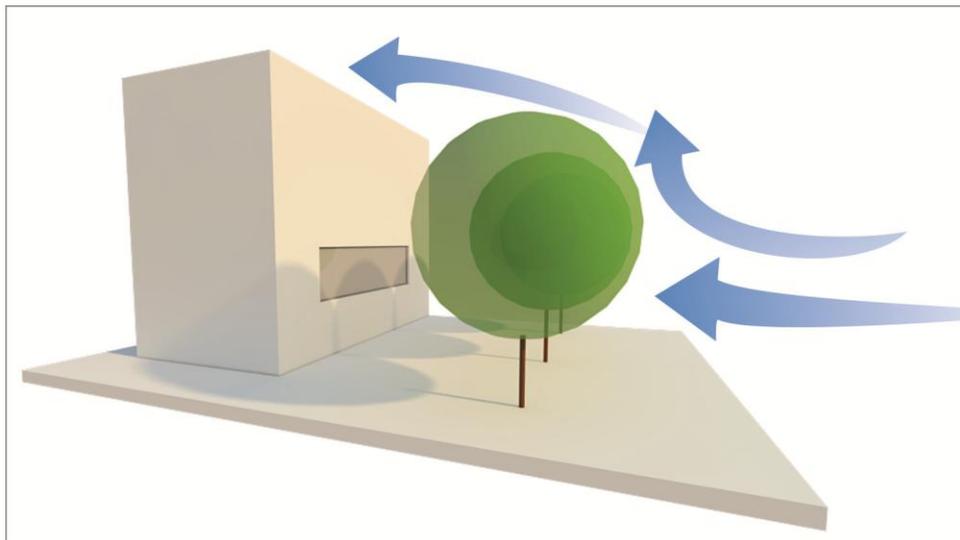
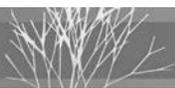


Imagen 4.12. Obstrucción del aire por elementos vegetales  
(Elaboración propia)



2. Si se necesita el viento en el microclima que rodea el edificio, situar barrearas que lo conduzcan hacia donde se necesita y árboles que permitan su filtración.

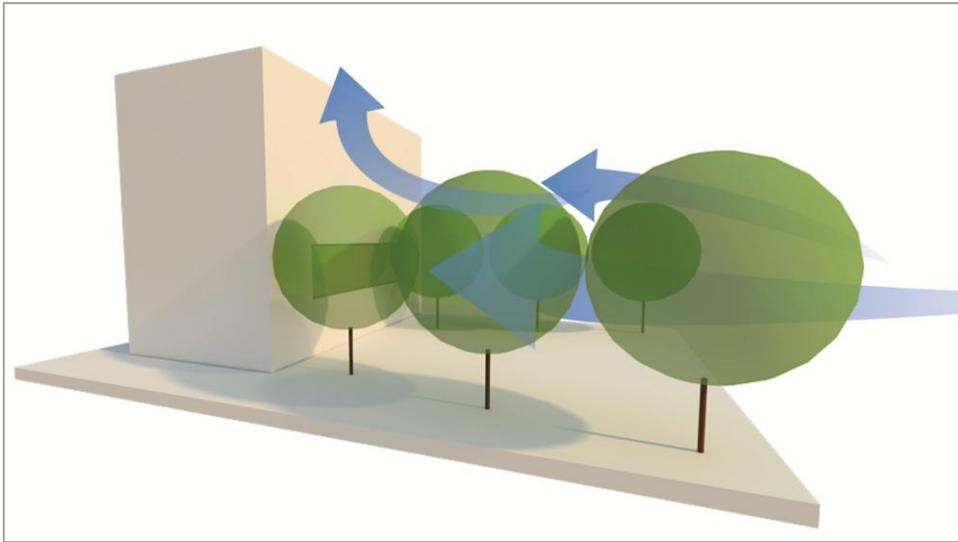


Imagen 4.13. Conducción del viento por medio de la vegetación. (Elaboración propia)

3. Utilizar coberturas vegetales (enredaderas o plantas trepadoras) sobre las superficies del edificio, para disminuir las pérdidas o ganancias térmicas por convección.

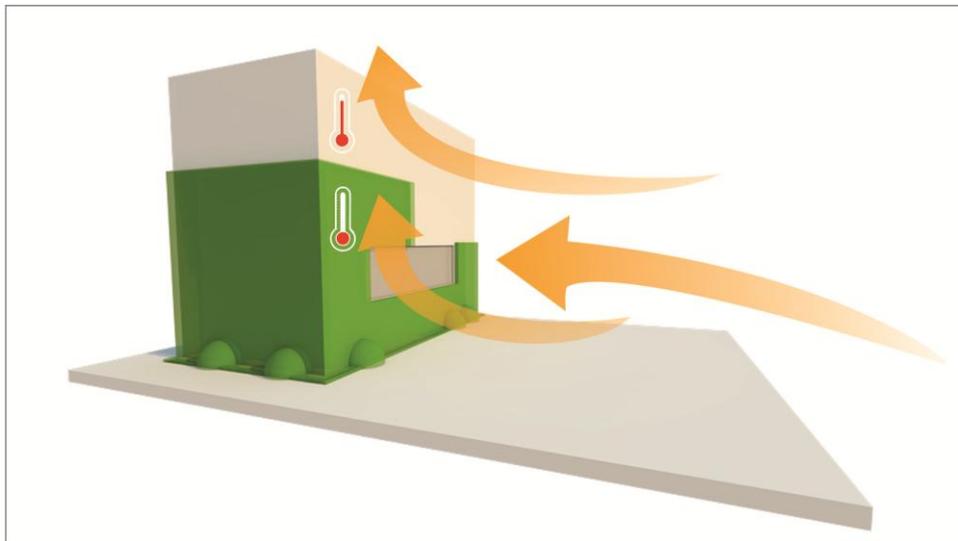
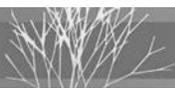


Imagen 4.14. Uso de coberturas vegetales para disminuir el calentamiento del edificio. (Elaboración propia)



## Control de la temperatura y humedad

Debido a que Hermosillo cuenta con un clima muy seco, no son necesarias las acciones para contrarrestar los efectos de la humedad excesiva en el aire: más bien las acciones deben tender a la humidificación de los espacios.

La vegetación no tiene efectos significativos en el control de la humedad. Los efectos que se pueden presentar por evapotranspiración se dispersan rápidamente por la acción del viento.

La utilización de la vegetación es una buena estrategia para el control de la temperatura del aire a escala microclimática, aunque no es la mejor.

Algunas de las acciones posibles a efectuar son:

1. El uso de pantallas sombreadoras vegetales que eviten que las superficies se calienten y transfieran su calor hacia el aire interior del edificio.

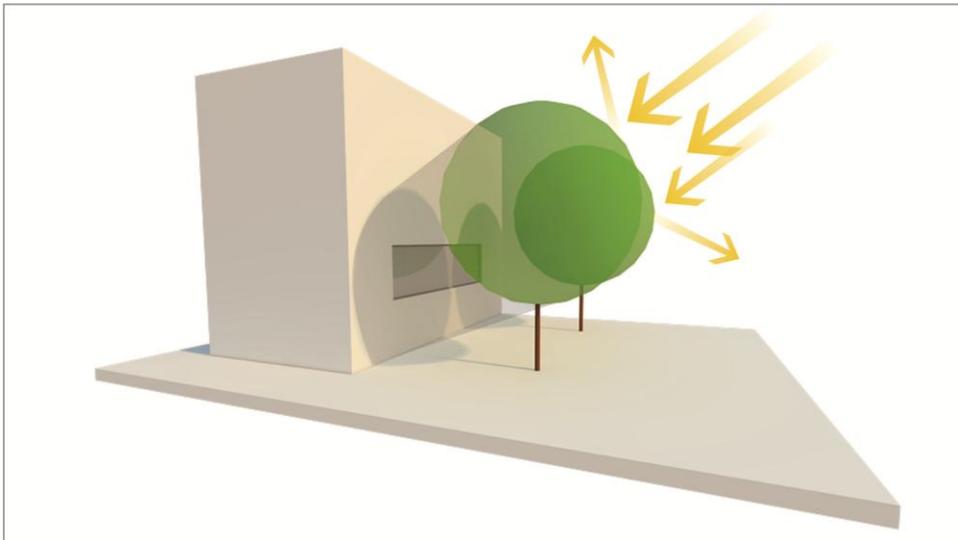
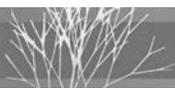


Imagen 4.15. Uso de árboles para evitar que las superficies se calienten.  
(Elaboración propia)



- Utilización de coberturas superficiales que retengan el agua por irrigación y si no es posible, utilizar materiales porosos que permita el paso del agua y la retenga para mantenerlo fresco.

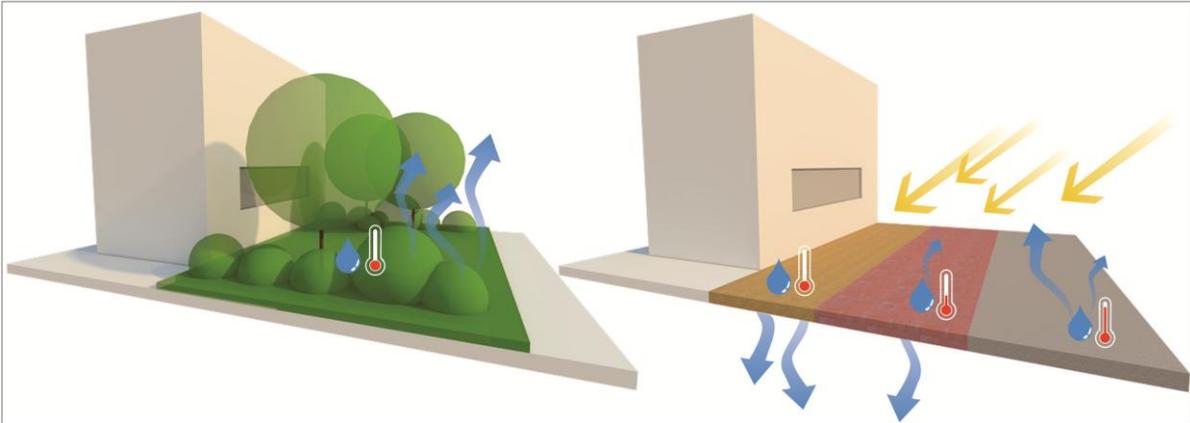


Imagen 4.16. Uso de vegetación o de materiales porosos para mantener fresco el microclima al ser irrigados. (Elaboración propia)

- Confinamiento del aire que es filtrado a través de los árboles.

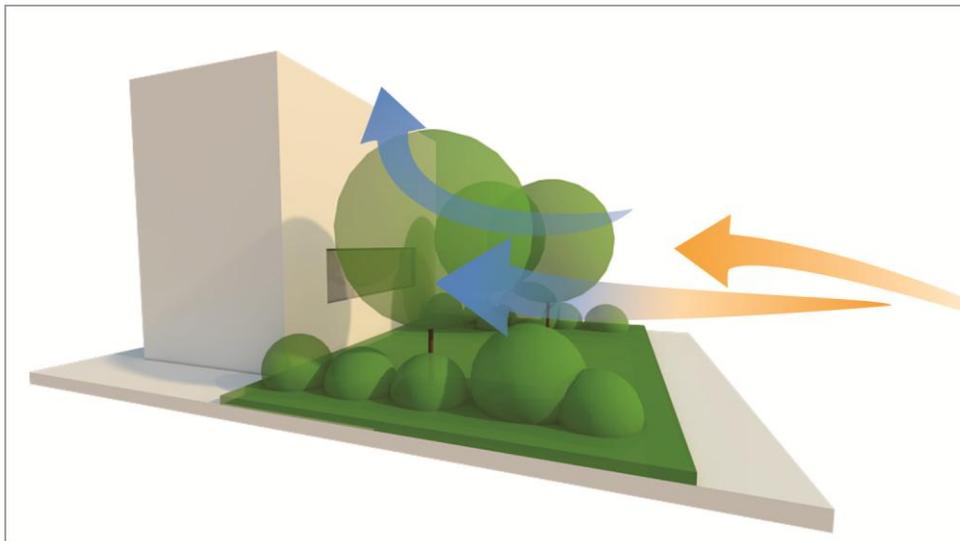
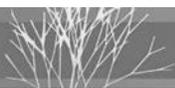


Imagen 4.17. Confinamiento del aire fresco que pasa a través de la vegetación. (Elaboración propia)



## 4.2.2 Ahorro de agua

Hoy en día, tomando en cuenta las condiciones en abastecimiento de agua en las que se encuentra esta región, es de suma importancia racionalizar y disminuir lo más posible el consumo de este vital líquido. Los conceptos básicos para conseguir un jardín con unas mínimas necesidades de riego son las siguientes:

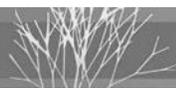
### Diseño del jardín

Todo diseño debe comenzar por un cuidadoso reconocimiento de los rasgos del clima local y de las características ambientales del terreno con el que se cuentan: identificar cuáles son las zonas húmedas y las secas, cuáles son las zonas más soleadas o las sombreadas, qué espacios se encuentran más expuestos al viento y cuáles están resguardados. Este reconocimiento del terreno es muy útil a la hora de diseñar porque permite:

- Adaptarse a sus características: por ejemplo, las zonas más soleadas (aquellas expuestas al sol de mediodía y al de la tarde) serán las idóneas para las plantas que aprecian la luz y resisten mejor la sequedad.
- Alterar el comportamiento del terreno: por ejemplo, disponiendo barreras vegetales que sirvan de cortavientos o colocando árboles que proporcionen sombra en los puntos más soleados.
- Si el terreno posee un buen suelo y un perfil suave, adaptarse a él evitará deteriorar su estructura natural. Por el contrario, si existen pendientes fuertes, puede resultar beneficioso realizar algunas correcciones para prevenir la erosión y la pérdida de agua por escorrentía.

### Análisis del suelo

Las características del suelo condicionan las especies de plantas que se desarrollarán en el lugar e influyen en el consumo de agua. La velocidad a la que se infiltra el agua en el suelo, así como la capacidad que éste tiene para retenerla dependen en buena medida de su textura, es decir, de la proporción de arenas (partículas que tienen entre 0,05 y 2 mm de diámetro), limos (entre 0,002 y 0,05 mm) y arcillas (partículas menores de 0,002 mm) que contiene. En los suelos arcillosos (que son aquellos que contienen más de un 55% de arcillas) el agua penetra con dificultad y tiende a extenderse en superficie, produciendo encharcamientos y escorrentías. Por el contrario, en los arenosos (con más del 85% de arenas) el agua penetra muy fácilmente y se pierde en el subsuelo, ya que la capacidad de retención de la humedad es muy baja. Por lo tanto, aunque por razones diferentes, ni los suelos muy arenosos ni los muy arcillosos son idóneos para el jardín. Resultan mucho más adecuados los suelos denominados francos (con menos de un 25% de arcillas y proporciones parecidas de arenas y limos) o franco arcillosos.



Si el suelo del terreno con el que estamos trabajando no posee características adecuadas para su buen uso, será necesario realizar cambios en su composición, entre ellas podemos mencionar:

- Cuando el terreno ha sido rellenado con escombros procedentes de construcciones cercanas, hay que añadir una nueva capa de suelo, retirando, si es necesario, parte de los materiales depositados previamente.
- Si el suelo es pobre en materia orgánica será necesario añadirla, especialmente en las zonas de flores o arbustos. Así se mejora la capacidad del suelo para absorber y almacenar agua disponible para las plantas.
- Si el suelo es excesivamente arcilloso, conviene instalar un drenaje para desalojar el agua y aportar frecuentemente materia orgánica.

### **Selección de especies**

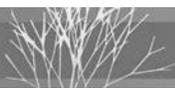
La selección de las especies vegetales de diseño paisajístico va a condicionar no solo el mantenimiento que se deberá realizar sino también la cantidad de agua que se consumirá. Existen además plantas que necesitan mayor aporte de nutrientes, plaguicidas, etc. generando un consumo extra en su mantenimiento.

Es necesario orientar nuestra elección hacia especies vegetales nativas, por encontrarse totalmente adaptadas a las condiciones climáticas de la región, es decir seleccionar especies que soporten las condiciones extremas de nuestro clima cálido-seco además de las pocas precipitaciones que se presentan durante el año.

Si se seleccionan especies nativas y adaptadas la cantidad necesaria de riego va a disminuir notablemente, ya que su ciclo de crecimiento se regula en función de las características meteorológicas de cada época del año.

Por otra parte, todas las especies que crecen en este medio habitual van a ser menos sensibles a plagas o enfermedades, ya que llevan mucho tiempo conviviendo con ellas y han desarrollado mecanismos de protección.

Los árboles y arbustos propios de la región son ampliamente apreciados en jardinería por su belleza y sus aromas, siendo especies que requieren poco riego y están adaptadas a soportar períodos de sequía.



Algunos puntos importantes para considerar en la selección de plantas son:

- Conocer la vegetación de los espacios naturales y los terrenos no alterados de la región para descubrir plantas nativas.
- Elegir teniendo en cuenta la función que cada especie tendrá en el espacio exterior. Hay que valorar las aptitudes de las diferentes especies para cumplir con el rol que le hemos reservado en el diseño paisajístico.
- Seleccionar grupos de especies con requerimientos similares. Las especies que deban compartir un mismo espacio deberán tener requerimientos similares de luz, agua, etc.

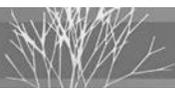
## Zonas de césped y cubresuelos

El césped es el gran consumidor de agua y requiere un mantenimiento frecuente. Alrededor de más de dos terceras partes del agua total consumida en jardines se dedican a su mantenimiento. Por lo tanto, limitar su extensión es una forma segura de minimizar el consumo de agua.

Algunas recomendaciones en cuanto al diseño de zonas de césped y cubresuelos en espacios exteriores son:

- Diseñar las zonas de césped de manera sencilla, ya que son más fáciles de regar (círculo, cuadrado, rectángulo, etc.).
- Valorar la variedad de césped a plantar, ya que es posible encontrar céspedes muy resistentes y con necesidades hídricas mucho menores que de otros tipos más utilizados de manera ornamental y con mayores necesidades. Considerar que los céspedes que requieren un menor consumo suelen ser de hoja más ancha, siendo muy adecuados para climas cálidos.
- Seleccionar el tipo de césped según el tipo de suelo, clima, precipitación, temperatura, humedad, soleamiento y sombra, resistencia al pisoteo intenso, usos, etc.
- Evitar plantar césped en todas aquellas zonas alejadas de sus lugares de uso y disfrute, así como aquellas zonas con pendientes fuertes donde es más recomendable optar por plantas cubresuelos.
- Valora la posibilidad de emplear césped artificial en algunas zonas específicas como terrazas, bordes de piscinas, instalaciones deportivas como pistas de fútbol, paddle, hockey, zonas de juego, etc., evitando el consumo alto de agua.

*El oxígeno producido por un árbol de 6 m de altura y 6 m de diámetro en su fronda equivale en cantidad al oxígeno producido por 30 m<sup>2</sup> de área de césped.*



## Cubresuelos verdes

Afortunadamente, es posible lograr atractivas alfombras verdes en el jardín sin necesidad de recurrir al césped. Esto se puede lograr con el uso de una serie de plantas cubresuelos o tapizantes, que resultan muy beneficiosas porque:

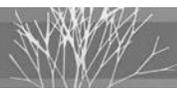
*Al convertir un jardín con césped a uno desértico se ahorra más del 50% del consumo de agua.*

- Profundizan más con sus raíces, fijándose mejor el suelo y aprovechando mejor el agua.
- Requieren muy pocos cuidados.
- Proporcionan agradables efectos estéticos gracias a sus flores o frutos.

A la hora de elegir las especies, es importante tener en cuenta que no todas las plantas cubresuelos admiten el pisado. Las plantas cubresuelos se pueden emplear entre losas, en caminos, entre grietas de muros, bajo los árboles o en alfombras verdes para uso o para simple contemplación.

Tabla 4.1. Plantas cubresuelos de uso común en la región. (Elaboración propia)

Nombre científico	Nombre común	Altura aprox. (cm)	Exposición recomendada
<i>Trachelospermum jasminoides</i>	Wedelia o gludelia	15-30	Lugares soleados
<i>Lantana montevidensis</i>	Lantana	15-30	Lugares soleados
<i>Lantana hybrid</i>	Lantana amarilla	15-45	Lugares soleados
<i>Verbena taipen</i>	Verbena	30-45	Lugares soleados
<i>Portulaca grandiflora</i>	Amor de un rato	10-15	Lugares soleados
<i>Myoporum parvifolium</i>	Myoporum	15-30	Lugares soleados
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Camedrio	20-30	Lugares soleados



## Consejos para crear tapices verdes

- Cavar bien el terreno que deseamos cubrir de plantas tapizantes para eliminar las malas hierbas.
- Calcular la densidad de plantación adecuada (varía entre unas especies y otras).
- Colocar las plantas. Es preferible utilizar plantas jóvenes debido a que son más económicas y tienen mayor capacidad de tapizado.
- Utilizar un recubrimiento o bien eliminar las malas hierbas hasta que la especie tapizante cubra bien el suelo. Una vez que ocurra esto, el mantenimiento será prácticamente inexistente.

## Uso de recubrimientos de suelo

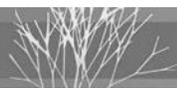
Una de las técnicas más eficaces para reducir las pérdidas de agua por evaporación, y que al mismo consigue un agradable efecto estético, consiste en recubrir superficies del espacio exterior con materiales como piedras, gravas, cortezas de árbol, etc. Estos recubrimientos, también denominados acolchados, evitan la pérdida de agua porque:

- Impiden el calentamiento excesivo del suelo.
- Protegen contra el viento.
- Evitan la formación de “costras” en la superficie del suelo al ser irrigados.
- Obstaculizan la erosión y la escorrentía superficial.
- Evitan la aparición de malas hierbas, protegen contra las heladas y facilitan ocultar el sistema de riego.

Tabla 4.2. Tipos comunes de recubrimientos. (Elaboración propia)

ORGÁNICOS	INORGÁNICOS
Corteza de pino u otras especies	Piedras
Acícula <sup>5</sup> vegetal	Gravas
Paja	Arcilla
Restos de podas	Tierras volcánicas

<sup>5</sup> Acícula: Hoja de las coníferas, alargada, fina, rígida y puntiaguda.



Recubrimientos orgánicos. Los recubrimientos formados por materiales orgánicos tienen la ventaja de que, al irse descomponiendo, enriquecen el suelo y lo fertilizan. Los restos de las podas realizadas en el jardín pueden emplearse como materia prima para los recubrimientos. Para ello será necesario utilizar una trituradora mecánica, o bien separar los restos leñosos más gruesos. También pueden realizarse recubrimientos a base de corteza de pino, que reducen de forma muy eficaz la evaporación, aligeran el suelo y facilitan la emisión de raíces por parte de las plantas. Tienen una larga duración, ya que la corteza se degrada muy lentamente. Su color oscuro resalta las plantas del jardín, produciendo además un agradable efecto estético.

Para realizar un acolchado orgánico, se recomienda que sea de una capa de 10 a 15 cm de espesor, que deberá irse reponiendo a medida que se descomponga. Los recubrimientos hechos con materiales muy menudos, como la acícula de pino, deben ser repuestos más constante, mientras que los formados por cortezas o madera son mucho más duraderos.

El mejor momento para extender el acolchado orgánico es el final de la época de lluvias, cuando la tierra se encuentra con buena cantidad de agua.

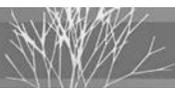
Recubrimientos inorgánicos. Pueden realizarse con materiales de diferentes coloridos y texturas, lo que permite lograr efectos estéticos muy notables. El espesor recomendable de la capa es inferior al del acolchado orgánico, siendo suficiente con 5 cm.

Hay que tener en cuenta que los recubrimientos con materiales muy finos en superficies que no sean planas por o que pueden desplazarse por efecto del riego o del viento.

## **Riego eficiente**

### Definir diferentes zonas de riego

Uno de los principios básicos para un riego eficiente es diferenciar en el jardín zonas de riego elevado, de riego moderado y de bajo consumo, distribuyendo las especies y diseñando los sistemas de riego de forma que el agua pueda ser suministrada independientemente a cada zona. Sólo así cada grupo de especies podrá recibir la cantidad de agua que necesita.



## Sistemas de riego

Los tres sistemas de riego más empleados en la jardinería de bajo consumo de agua son:

- Aspersión
- Localizado (goteo y microaspersión)
- Manual

El riego por aspersión distribuye el agua como una lluvia de pequeñas gotas y es aconsejable en zonas de césped. Dependiendo de la superficie del terreno a regar, optaremos por difusores o aspersores. La diferencia entre ambos es que los aspersores tienen movimiento giratorio y alcanzan más distancia, y los difusores no son giratorios y tienen menor alcance.

Ventajas:

- Es eficaz en suelos con alta velocidad de infiltración.
- Permite controlar fácilmente los caudales y los momentos de aplicación.
- Distribuye el agua de forma homogénea.

Desventajas:

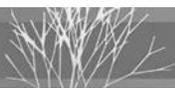
- Cuando hay viento, el riego no es uniforme.
- Una parte del agua se queda mojando las superficies y se evapora.
- Se mojan las hojas y esto puede provocar problemas sanitarios.

Los difusores tienen como ventaja una menor exposición del arco de riego al viento. Por el contrario, en superficies grandes el coste de la instalación puede ser grande.

En el riego localizado el agua se aplica a la planta mediante goteros, que riegan gota a gota a baja presión.

Ventajas:

- Se produce una menor evaporación de agua que con otros sistemas de riego. Permite aportar a cada planta la cantidad exacta de agua, con lo cual el ahorro es considerable (de 2 a 5 veces menos que la aspersión).



- Exige poca presión (de 0,5 a 1,5 atmósferas) de 5 a 15 m.c.a.<sup>6</sup> (metros de columna de agua).

Desventajas:

- El coste de la instalación es mayor.
- La cal provoca problemas de obturación de los goteros.
- En terrenos salinos, el sistema de goteo puede provocar afloramiento de sales en los puntos de riego.

Los microaspersores y microdifusores tienen un funcionamiento similar al de aspersores y difusores, pero son mucho más pequeños y su radio de alcance es menor. Por eso permiten repartir el agua de forma mucho más precisa.

Tabla 4.3. Diferencias entre microaspersores y microdifusores. (Elaboración propia)

MICROASPERORES	MICRODIFUSORES
Proyectan el agua en pequeños chorros	Proyectan el agua nebulizada
Giran	No giran

En ambos casos los radios de acción oscilan entre 1 y 3 metros, y los caudales suministrados entre 10 y 50 litros por hora.

El riego manual tiene el inconveniente de que es difícil calcular la cantidad de agua que se está aportando en cada zona. Además, es difícil acoplarse a la velocidad de infiltración de suelo. Sin embargo, esta forma de riego es útil para zonas que necesitan aportaciones puntuales de agua en las épocas más secas.

Si el jardín es grande, es importante colocar un número suficiente de salidas de riego. Hay que procurar que la distancia entre bocas no sea muy grande debido a la falta de presión que se pudiera presentar.

<sup>6</sup> Un metro de columna de agua es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura. 1 mca = 9.806,65 Pa

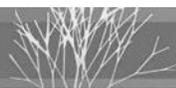
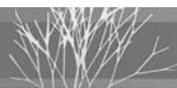


Tabla 4.4. Tabla comparativa de los 3 tipos de sistemas de riego. (Elaboración propia)

	<b>ASPERSIÓN Y DIFUSIÓN</b>	<b>RIEGO LOCALIZADO: GOTEO, MICROASPERSIÓN, MICRODIFUSIÓN</b>	<b>RIEGO MANUAL</b>
Características principales	Riego en forma de lluvia	Humedecimiento localizado por conductos superficiales y enterrados	Inundación de toda la superficie
Pendiente del terreno	Adaptable a todas las pendientes	Adaptable a todos los terrenos y pendientes	Nivelación con pendiente 0-1%
Permeabilidad	Cualquiera	Cualquiera	No recomendado para suelos de alta permeabilidad
Naturaleza del suelo	Muy adecuado en suelos muy ligeros	Cualquiera	Suelos con buena permeabilidad
Oscilación de caudales	Ajuste riguroso	Ajuste muy riguroso	Ajuste muy débil
Adaptabilidad al cultivo	Adaptable a la mayoría de los cultivos	Sólo válida para determinados cultivos	Utilizable en todos los cultivos
Acción del viento	Puede afectar a la eficiencia de aplicación	Afecta escasamente	No afecta
Riesgo de erosión	Débil	Nulo	Débil
Coste de las obras de puesta de riego	De elevado a muy elevado	Elevado	Depende del terreno
Pérdidas de agua	Reducidas	Muy reducidas	Depende mucho de la habilidad del regante; pueden ser elevadas
Cultivos	Variables	Todas las especies de jardín	Variables

Para un ahorro y un riego efectivo, son recomendables los sistemas de riego por aspersión y por localización. Estos sistemas son más eficientes si están acoplados a un programador, que permite aportar a las plantas las cantidades exactas deseadas, en los días y a las horas fijados.



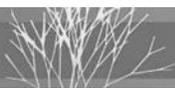
## Recomendaciones para el riego

- Es conveniente regar en las horas de menos calor; así se perderá menos agua por evaporación.
- Los árboles y arbustos recién plantados requieren riegos frecuentes. Sin embargo, una vez que han desarrollado bien sus raíces los riegos serán cada vez menos necesarios. En muchos casos bastará con tres o cuatro riegos en el verano, y algunas especies no necesitarán riego alguno.
- Es preferible regar árboles y arbustos pocas veces aunque con abundancia. Las plantas desarrollarán así mejor las raíces y se harán más resistentes a las sequías.
- El riego debe plantearse con flexibilidad, adaptándolo a la meteorología. Es recomendable comprobar el grado de humedad del suelo antes de regar y evitar el riego con fuertes vientos para evitar que este sea no uniforme y con esto el incremento de pérdida de agua por evaporación.
- Tanto los difusores como los aspersores y goteros tienen diferentes tipos de caudales, alcances y recorridos. Es importante elegir los que mejor se ajusten a cada requerimiento y regularlos según la necesidad.
- Si se cuenta con un sistema de riego automatizado, pueden incorporarse un sensor de lluvia y un sensor de humedad para evitar riegos innecesarios.
- Hay que tener en cuenta que un riego superior a las necesidades de las plantas provoca un desarrollo superficial de las raíces, una mayor sensibilidad a los cambios climáticos y una debilidad general frente a las enfermedades.
- La limitación del empleo de fertilizantes en verano permite disminuir la demanda de agua de las plantas.

## **7. Mantenimiento**

Un adecuado mantenimiento es fundamental para mantener la belleza y el atractivo de nuestra área exterior paisajística, así como su eficiencia en el uso del agua. De manera resumida las prácticas necesarias para su mantenimiento son las siguientes:

- Riego: Además de estar atentos a las condiciones meteorológicas, para evitar riesgos innecesarios, es necesario prestar atención al sistema de riego, comprobando periódicamente la ausencia de fugas y su buen funcionamiento.
- Poda de árboles; Los árboles, en principio, no necesitan ser podados; la planta equilibrada con su porte natural, está más sana y aprovecha el agua más eficientemente.
- Reposición de aquellas plantas que no han arraigado o se han secado.
- Deshierbar; Para evitar la aparición de malas hierbas es conveniente entrecavar las zonas de arriates. No obstante, el empleo de recubrimientos podría ahorrarnos en buena medida esta actividad.



- Poda de césped; Los césped muy cortos consumen más agua que los que se mantiene muy altos. Además, una poda alta y poco frecuente favorece el endurecimiento del césped, poseyendo a la larga una mayor resistencia a plagas, enfermedades y sequías.
- Recubrimientos; Cada año es necesario sustituir las camas hechas con recubrimientos orgánicos finos y comprobar que los demás acolchados cubren adecuadamente los suelos, reponiendo lo perdido por nuevos materiales.

#### **4.4 Estrategias de diseño formal y ornamental**

Cuando se logra una buena composición de los elementos de diseño se crean espacios estéticamente agradables. El diseño de paisajes utiliza elementos conceptuales comunes al diseño arquitectónico. Algunos de estos elementos que se podrían definir como pautas de diseño son:

##### **Línea**

Una línea crea un sentido de dirección y un sentido de movimiento. Curvas amplias y líneas horizontales crean la sensación de relajación y las líneas quebradas o verticales crean emoción y tensión. En el contexto de un paisaje, las líneas pueden encontrarse en el borde de una banqueta, la curva de una jardinera, o en la silueta de una planta vegetal.

##### **Forma y volumen**

El diseño es el producto de como las formas son acomodadas en el espacio. Las formas dividen y definen los espacios. Las formas exageradas atraen la atención del usuario. Las vistas pueden ser bloqueadas o creadas con el empleo de estas formas. La vegetación cambia su forma y volumen con el paso del tiempo y estaciones, redefiniendo los espacios continuamente.

##### **Textura**

Contrastes fuertes de textura aumentan el interés en un jardín. Las texturas gruesas tienden a sentirse informal y son visualmente dominantes, mientras que las texturas finas son elegantes y visualmente pasivas. Plantas con textura fina aparecen visualmente más lejanas, y pueden hacer que un espacio pequeño parezca más grande.

Plantas con textura gruesa hacen lo opuesto, hacen que espacios grandes se vean más pequeños.

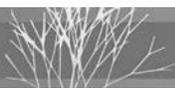




Imagen 4.18. El juego de texturas en el diseño con el uso de variedad de especies vegetales es importante para lograr una imagen interesante del mismo. (Elaboración propia)

## Fragancia

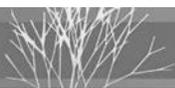
Las plantas aromáticas son consideradas como relajadoras y rejuvenecedoras. Fragancias específicas, evocan respuestas emocionales en el exterior. Se recomienda colocar las plantas fragantes en un lugar protegido.

## Color

Además de las flores, otras fuentes de color en el paisajismo incluyen follaje, corteza, frutos, y elementos constructivos. Rojo, amarillo y naranja, tienden a ser excitantes. Azul, rosa y violeta produce un efecto de calma y tranquilidad. Blanco tiende a ser neutral pero levanta el ánimo. El color puede contribuir a dar una sensación de profundidad. Visualmente, los colores cálidos como rojo, amarillo, naranja son resaltantes y los colores fríos como azul, la mayoría de los violetas y algunos verdes tranquilizan.

Algunas recomendaciones para el uso del color en el diseño exterior son:

- Diseñar en un verde monótono con solo un rasgo ocasional de otro color.
- Copiando de la naturaleza
- Usando colores locales encontrados en flores silvestres nativas.
- Combinación monocromática.
- Utilizando un tono y sus variantes.



- Combinaciones Análogas
- Utilizando 2-3 colores que están juntos en la rueda (ejemplo: rojo, naranja, amarillo).
- Combinaciones Contrastantes (Complementarios)
- Utilizando dos colores opuestos el uno al otro en la rueda de colores: rojo/verde, naranja/azul, amarillo/morado, etc.

Otras de las características a definir en estas pautas de diseño referidas meramente a la relación de un elemento y otro son:

- Unidad: Unión de elementos de composición como es mobiliario, vegetación, etc., o su separación según sea el caso.
- Énfasis. Jerarquizar o enfatizar ciertos elementos de composición.
- Escala/Proporción: Consideración del volumen y tamaño de los elementos utilizados.
- Ritmo: Uso de elementos repetitivos que conformen el diseño del espacio exterior.

Algunas estrategias formales y funcionales de la vegetación se describen ejemplifican a continuación:

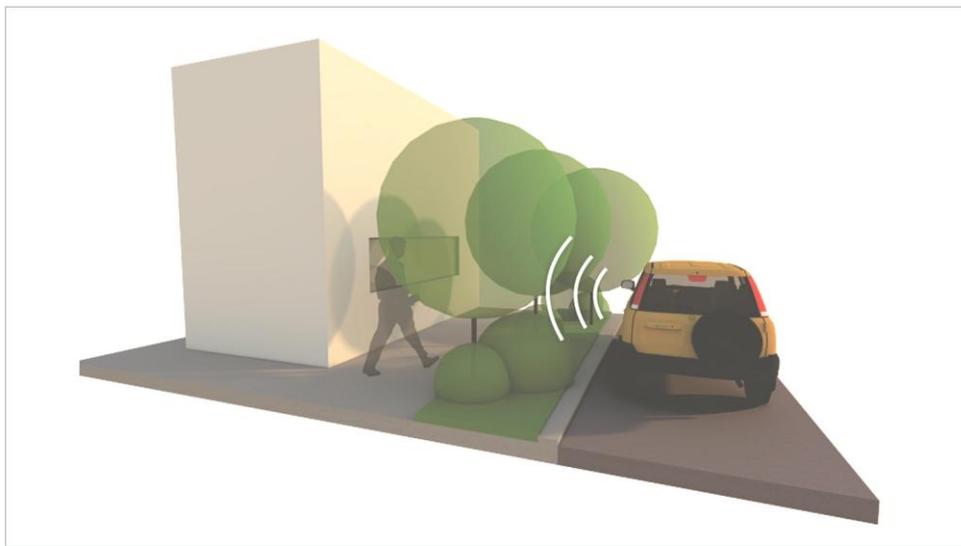


Imagen 4.19. Barrera física, visual o acústica por medio de la vegetación.  
(Elaboración propia)

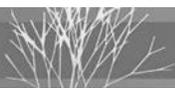




Imagen 4.20. Alegrar la geometría de la construcción. (Elaboración propia)



Imagen 4.21. Enfatizar la horizontalidad. (Elaboración propia)



Imagen 4.22. Contrastar la horizontalidad. (Elaboración propia)

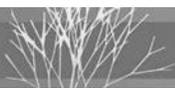




Imagen 4.23. Enmarcar una vista. (Elaboración propia)

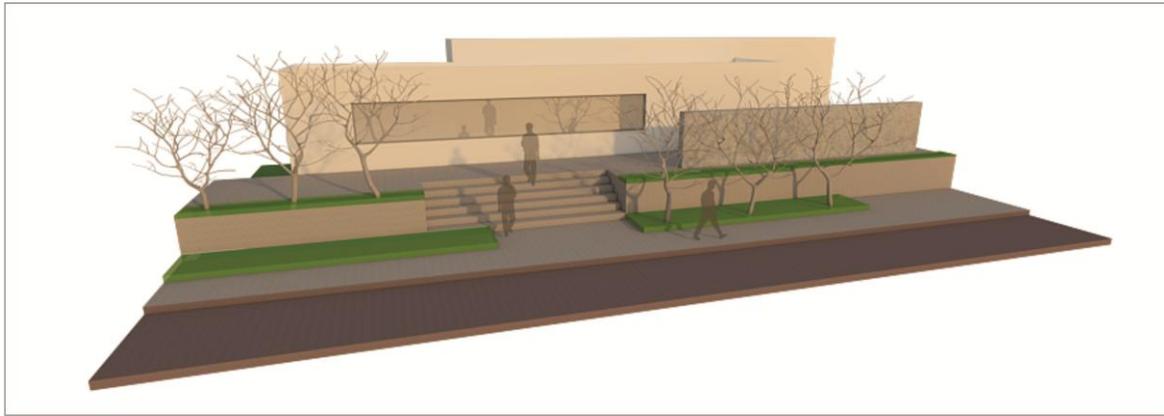
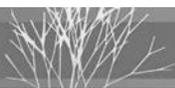
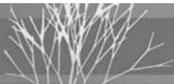


Imagen 4.24. Semi-esconder un volumen para hacerlo atractivo. (Elaboración propia)



Imagen 4.25. Disimular o esconder líneas de instalaciones. (Elaboración propia)





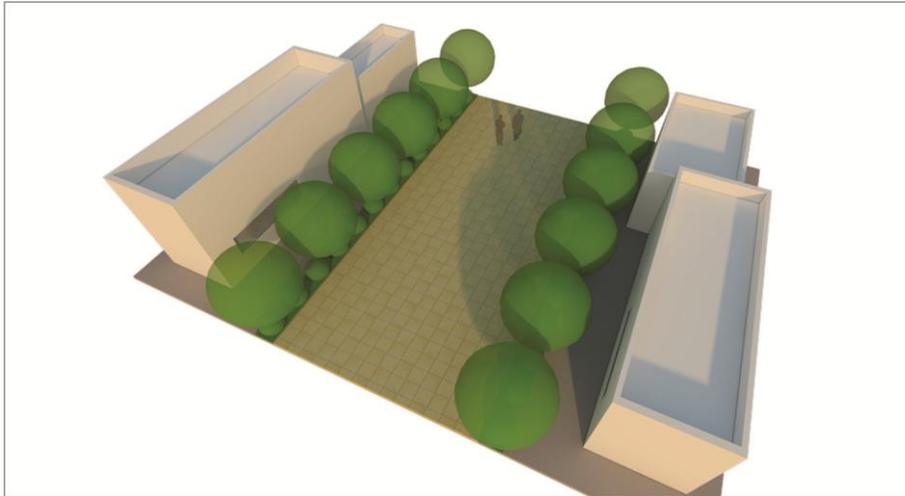


Imagen 4.29. Delimitar un área. (Elaboración propia)



Imagen 4.30. Crear una ventana al paisaje. (Elaboración propia)

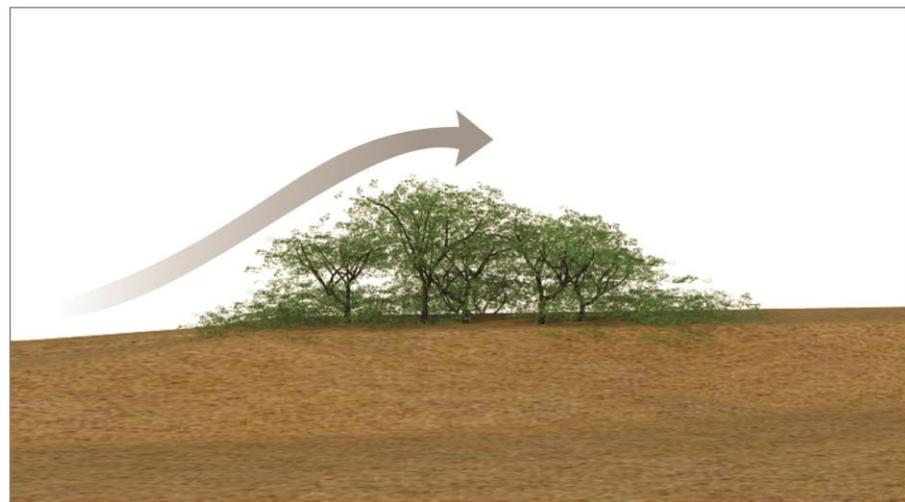


Imagen 4.31. Incrementar la altura de la topografía. (Elaboración propia)

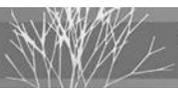




Imagen 4.32. Ocultar imágenes visuales negativas. (Elaboración propia)

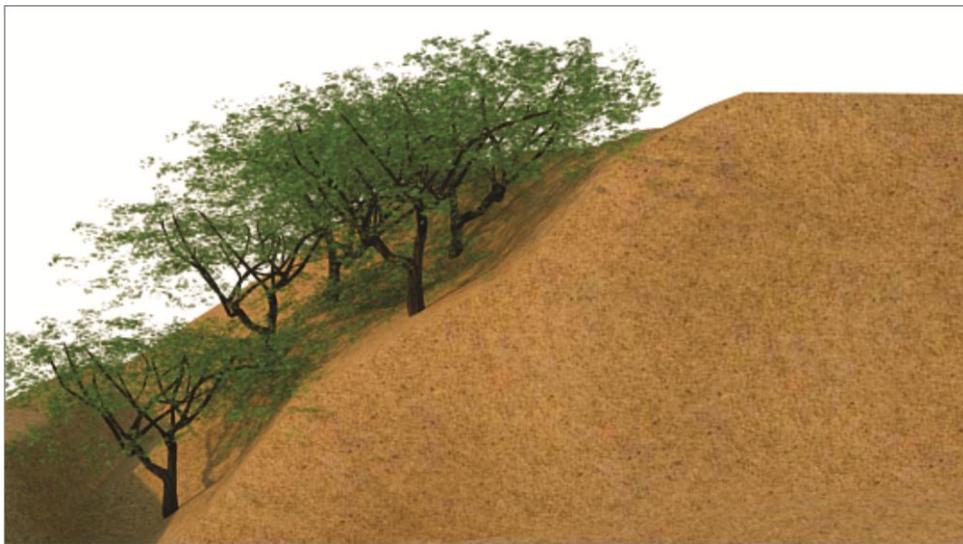
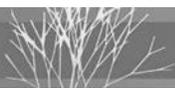


Imagen 4.33. Proteger laderas contra la erosión. (Elaboración propia)



## 4.5 Propuesta de paleta arquitectónica-microclimática de especies vegetales de la región.

La vegetación es uno de los elementos más importantes en el espacio exterior considerando los efectos microclimáticos, pues es capaz de absorber, filtrar y reflejar la radiación solar, de conducir u obstaculizar el paso del viento, etc. A continuación se describen las características que se considerarán para esta propuesta de paleta de especies vegetales considerando características estructurales, fisiológicas y ornamentales.

### Características estructurales

#### Tipo de especie vegetal

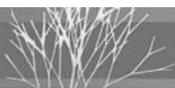
Se puede distinguir distintos grupos de vegetación:

- Árboles
- Arbustos
- Enredaderas
- Herbáceas
- Cubresuelos

Estos grupos se forman en función de las dimensiones de la planta y su presencia de follaje. Es importante clasificar a la vegetación de esta manera debido a que esto determina las necesidades a las que podrán responder en el diseño paisajístico.



Figura 4.34. Clasificación de la vegetación según su comportamiento y altura.  
(Elaboración propia)

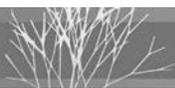


## Geometría

Esta característica es de gran utilidad cuando se busca seleccionar especies vegetales que protegerán de la radiación solar la fachada de un edificio o de un espacio exterior. Es una característica fácil de apreciar y es definida por la forma de distribución de su follaje. Los modelos geométricos a seleccionar son: cilíndrico, cónico, cónico invertido, esférico y en parasol así, como la siguiente tabla lo señala, cinco proporciones entre altura y ancho, importante para considerar la vegetación como elemento de protección contra la radiación solar directa.

Tabla 4.5. Modelos geométricos de los follajes (LESIUK, 1984)

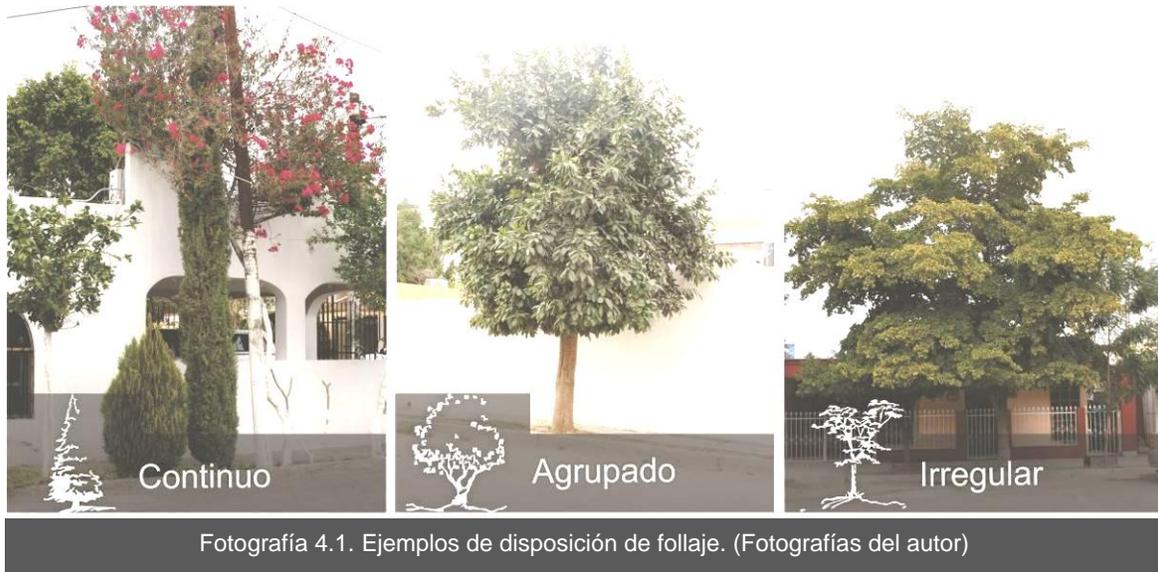
proporción $\frac{\text{anchura}}{\text{altura}}$	cilíndrico	cónico	cónico invertido	esférico ovoidal	parasol carpa
0.3					
0.6					
1.0					
1.5					
3.0					



## Disposición del follaje

Esta característica permite seleccionar el árbol o arbusto óptimo para proteger de la incidencia directa solar y controlar vientos a las edificaciones. Cabe aclarar que esta característica es aplicable solo a árboles y arbustos.

- **Continuo:** las hojas se distribuyen uniformemente sobre todo el follaje.
- **Irregular:** las hojas se agrupan ya sea vertical u horizontalmente, de tal manera que el follaje queda reducido en unas zonas, permitiendo el paso del viento y otros efectos en el exterior.
- **Agrupado:** las hojas son más densas en un sector del tronco, sin aperturas apreciables, dejando visible, generalmente, la parte inferior.



## Altura

Para tomar en cuenta la característica de altura en árboles y arbustos, consideramos la siguiente tabla, en donde por cuestiones de practicidad se clasifica por alto, mediano o bajo (enano en el caso de arbustos) según rangos de altura en metros.

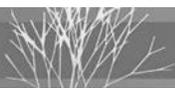


Tabla 4.6. Clasificación de árboles y arbustos según su altura. (Ochoa, 2009)

ÁRBOL Plantas leñosas con un tronco predominante		ARBUSTO Plantas leñosas con muchas ramas que surgen en o cerca de la base	
Clasificación	Altura	Clasificación	Altura
Alto	> 10 m	Alto	> 2 m
Mediano	6 a 10 m	Mediano	0.25 a 2 m
Bajo	< 6 m	Enano	< 0.25 m

### Color de follaje

Se les denominará colores cálidos aquellos que van del rojo al amarillo y los colores fríos son los que van del azul al verde. Esta división de los colores en cálidos y fríos radica simplemente en la sensación y experiencia humana. La calidez y la frialdad atienden a sensaciones térmicas subjetivas.

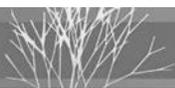
Los colores, de alguna manera, llegan a transmitir estas sensaciones. Un color frío y uno cálido se complementan, tal como ocurre con un color primario y uno compuesto, es por eso que en el diseño de paisaje es importante considerar esta característica en las especies vegetales, comenzando por definirlos como cálidos o fríos según sea el caso.



Figura 4.35. Círculo cromático de los colores cálidos y fríos. (Elaboración propia)

### Tamaño de hoja

Para conocer el efecto que tiene la vegetación en un espacio exterior es necesario también considerar el tamaño de la hojas pues afecta la manera en que la energía que llega a la vegetación, es reflejada, transmitida, absorbida, irradiada y disipada por transpiración. También afecta el factor de sombra pues la proporción entre ramas y tamaño de hojas de permitirá en dado caso una mejor obstrucción solar.



Este parámetro está relacionado con la densidad y la permeabilidad del follaje de las plantas. Considerando cuestiones microclimáticas y buscando la practicidad en su clasificación distinguiremos tres rangos de dimensiones: hojas pequeñas (hasta 1 cm) hojas medianas (de 1 cm a 10 cm) y hojas grandes (mayor a 10 cm).



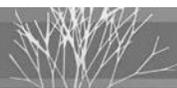
Fotografía 4.2. Clasificación del tamaño de hojas. (Fotografías del autor)

## Transmitancia

Esta característica es determinada por la densidad del follaje, pues es debido a estas características que la vegetación presenta resistencia al viento o la radiación solar antes de incidir sobre las superficies en torno a este elemento vegetal. La clasificación respecto a la densidad de follaje será dada en tres categorías: Transparente, Semitransparente y Denso.



Figura 4.3. Clasificación de transmitancia según la densidad de follaje. (Fotografías del autor)



La transmisividad se refiere al porcentaje de radiación solar que pasa a través del follaje, como se mencionó, será dada considerando la densidad del follaje.

Tabla 4.7. Porcentaje de transmisividad según su tipo de follaje.  
(Ochoa, 2009)

Tipo de follaje	Transmisividad
Trasparente	30 - 50 %
Semitrasparente	16 - 29 %
Denso	5 - 15 %

### Permeabilidad

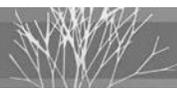
La permeabilidad es otra de las características relacionadas con la densidad del follaje, pero a diferencia de la transmisividad, esta se refiere a los efectos sobre el viento. Según su permeabilidad clasificaremos esta característica en permeable, semipermeable e impermeable y su porcentaje viento que pasa a través de su follaje será definido como lo muestra la tabla siguiente.

Tabla 4.8. Porcentaje de Permeabilidad según su tipo de follaje.  
(Ochoa, 2009)

Tipo de follaje	Permeabilidad
Permeable	> 30 %
Semipermeable	16 - 29%
Impermeable	< 15 %

### Floración

La presencia de flores es un aspecto importante a considerar en la cuestión estética del diseño paisajístico, pues estas le brindan una imagen interesante, y son muchos los efectos positivos que tienen en el ser humano; el sentido del olfato y de la vista permiten reconocerlas y apreciarlas. Su presencia varía dependiendo de la especie vegetal y época del año. La presencia de flores se pretende describir en esta clasificación con la temporada de floración y el color de la misma, siendo estos los aspectos más importantes para considerarse en el diseño.



## Fisiológicas

### **Permanencia del follaje**

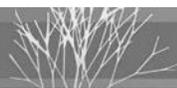
La vegetación puede dividirse en especies perennifolias y caducifolias. Las primeras conservan su follaje durante todas las épocas del año, las segundas pierden sus hojas en otoño y las recuperan en primavera. Las especies de hoja perenne son útiles para desviar o encauzar el viento tanto en invierno como en verano, en cambio, las especies caducifolias permiten en invierno el paso de la radiación solar, y en verano la bloquean. Esto es importante cuando se habla de lugares en donde el clima es extremo, es decir, los veranos muy calientes e inviernos fríos, pues esta característica de la vegetación permitirá evitar el calentamiento en verano y en invierno permitirlo.

Para tener un diseño paisajístico adecuado que responda a las necesidades climáticas del sitio, es necesario predecir el comportamiento de la vegetación y este dependerá primeramente de la especie vegetal y del sitio. Es importante saber que no todas las especies caducifolias pierden sus hojas al mismo tiempo ya que la foliación responde a las características climáticas de cada sitio, y a las condiciones de cada año es particular. Por lo tanto, con fines de clasificación vegetal, consideraremos incluir este dato si la especie es caducifolia.

*Se ha observado especies perennifolias que pierden sus hojas al ser implantados en lugares con clima diferente al de su lugar de origen.*

Tabla 4.9. Fechas aproximadas de las épocas de foliación y defoliación de especies caducifolias. (Ochoa, 2009)

		Hemisferio norte	Hemisferio sur
Foliación	Principio	21 marzo - 20 abril	21 septiembre - 20 octubre
	Final	21 mayo - 20 junio	21 noviembre - 20 diciembre
Defoliación	Principio	21 septiembre - 20 octubre	21 marzo - 20 abril
	Final	21 noviembre - 20 diciembre	21 mayo - 20 junio



## Adaptación ambiental de la vegetación

Adaptación ambiental se refiere a tres parámetros relacionados con el mantenimiento y resistencia de especies vegetales:

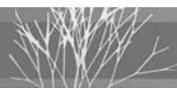
- Estrés hídrico: se refiere a la resistencia a la sequía y la tolerancia al agua de la especie.
- Estrés por viento: tolerancia de la especie al viento
- Exposición solar: trata sobre la resistencia a la radiación solar y sus necesidades de soleamiento.

Para unificar estos tres parámetros, clasificaremos los tres de ellos como tolerante, susceptible y marginal como lo muestra la siguiente tabla.

Estrés hídrico	Tolerante (resistente a la sequía)
	Marginal
	Susceptible (sensible a la sequía pero tolerante al agua)
Estrés por viento	Tolerante
	Marginal (soporta velocidades bajas de viento)
	Susceptible (daños graves por el viento)
Exposición solar	Tolerante (pleno sol)
	Marginal (media sombra)
	Susceptible (sombra total)

## Crecimiento

Esta es una característica importante para considerar en nuestro diseño paisajístico pues es una manera de determinar el tiempo exacto en que las especies vegetales alcanzarán un tamaño óptimo para cumplir con las necesidades microclimáticas y de confort en el espacio exterior, consideradas desde el inicio del proceso de diseño. Se clasificará en rápido, lento o moderado, a criterio del elaborador.

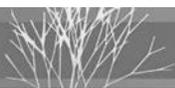




## CAPÍTULO 5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Las distintas estrategias y recomendaciones mencionadas en los capítulos anteriores se aplican para generar una propuesta de diseño de espacio exterior para el modelo de vivienda de interés social propuesta por el Laboratorio de Energía, Medio Ambiente y Arquitectura de la Universidad de Sonora que considere estrategias bioclimáticas que permitan reducir el consumo energético en las edificaciones y minimizando el consumo de agua en sus exteriores.

Siguiendo la metodología de diseño recomendada en el capítulo anterior, se presenta a continuación el análisis y la propuesta generada en el proyecto descrito con el apoyo de planos arquitectónicos y láminas de presentación.



## CONCLUSIÓN

Este trabajo consistió en determinar las principales estrategias y recomendaciones para obtener un diseño exterior adecuado en lugares con clima cálido seco como el que presenta la región Noroeste de México y demostrar su beneficio mediante el monitoreo de un caso de estudio y su simulación. Las conclusiones obtenidas son las siguientes;

Al diseñar un espacio exterior integrado a la edificación, en un clima cálido seco como el que presenta la región Noroeste del país, es necesario buscar:

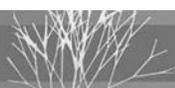
- Reducir el consumo energético por enfriamiento mecánico en el interior de la edificación.
- Generar áreas exteriores de recreación con un microclima confortable.
- La reducción en el consumo de agua por riego a especies vegetales consideradas en el diseño.
- Un espacio funcional y estético en el cual el usuario realizará distintas actividades.

Así mismo, para lograr reducir el gasto energético en el interior de la edificación por medio del diseño del espacio exterior y obtener un microclima de confort, se debe considerar lo siguiente:

- Las características de las especies vegetales a utilizar en el diseño son de mucha importancia, pues de ello dependerá la necesidad que cubrirán y la manera en que afectará a la edificación.
- El conocimiento de características como absorción, emisión y permeabilidad de los materiales de construcción y su correcta selección para su uso en el diseño exterior, pues esto afecta las temperaturas superficiales de los materiales de alrededor y del aire.
- Al ser la radiación solar directa la principal causa del excesivo calentamiento de los materiales, la principal estrategia que beneficia el espacio exterior y la edificación es el sombreado por medio de elementos vegetales o constructivos.

Para reducir el consumo de agua en el espacio exterior se debe:

- Utilizar especies vegetales nativas o adaptadas al clima cálido de la región que impliquen un consumo bajo del vital líquido.
- Diseñar un sistema de riego eficiente según la ubicación de las especies vegetales y sus necesidades hídricas.
- Reducir a lo posible las necesidades de césped y utilizar en mayor medida especies de árboles que contribuyen de mejor manera al espacio exterior e impliquen un menor consumo de agua.



Para obtener un espacio exterior funcional y estético es necesario saber:

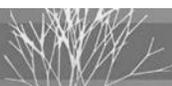
- Las características de la vegetación como color, aroma, presencia de flores, textura, etc. nos ayudan a generar espacios agradables visualmente para el usuario.
- El diseño de remates visuales atractivos permite, sin la saturación con elementos, estilizar el espacio exterior.
- Los espacios de uso en el exterior deben de considerarse en el diseño y si es conveniente delimitarlos con elementos constructivos o vegetales.
- El acceso y las circulaciones en el espacio deben de ser diseñadas buscando sacar provecho de las vistas agradables y generar conexiones entre las áreas de uso.
- Las características como tamaño, velocidad de crecimiento y tipo de vegetación deben definir su ubicación y densidad de uso en el espacio exterior para que a futuro, no generen problemas de mantenimiento o dificulten el buen uso de los espacios tanto en el exterior como en el interior de la edificación.

De manera puntual y al estudiar el comportamiento de un edificio específico en cuando a diseño exterior podemos concluir;

Las mediciones que se realizaron el día 27 de abril de 2013 para conocer la influencia del exterior en el prototipo de vivienda económica construido, mostraron la estrecha relación que tiene la temperatura ambiente y la radiación solar en el aumento de carga térmica del edificio, además de los materiales utilizados en el entorno, y que por consiguiente contribuyen a crear un microclima más cálido, no confortable para sus usuarios.

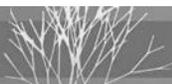
El adobe, la grava gris y el concreto registraron temperaturas elevadas, sin embargo, el concreto y la grava gris retuvieron el calor por más tiempo por lo que es necesario utilizarlos en menor medida entorno de los edificios. Los cubresuelos o tapizantes vegetales son la mejor estrategia en superficies para disminuir la temperatura del ambiente exterior.

Mediante la simulación del modelo se calculó la temperatura del aire en el interior del edificio estudiado y se comparó con las que tendrían si se aplica el proyecto arquitectónico exterior propuesto. Esto se tradujo a consumo energético para enfriamiento mecánico y costo energético obteniendo una reducción considerable (alrededor del 10%) con la propuesta exterior presentada.



Para concluir, este trabajo demostró que mediante nuevas propuestas arquitectónicas y de diseño adecuado de espacios exteriores, se crean espacios más habitables durante todo el año, que simultáneamente contribuyen al mejoramiento del desempeño del edificio en distintas formas: creando un microclima agradable en el exterior e interior del edificio, reduciendo el consumo de agua para riego y por lo tanto haciéndolo energéticamente más eficientes, contribuyendo así a la economía del usuario y a la conservación del planeta.

Esto se realizó esperando crear conciencia, en los arquitectos, diseñadores y sociedad en general, del beneficio del uso de la vegetación (particularmente nativa) y del manejo del entorno de los edificios para sus usuarios y para el medio ambiente.



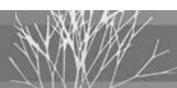
## ANEXO 1. FICHAS DE ESPECIES UTILIZADAS

1. Nombre botánico: **Wedelia trilobata**

Nombre común: **Wedelia**



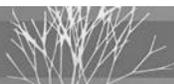
BÁSICOS	
Resistencia a temperatura:	-1.1°C
Sol:	Pleno sol, media sombra y sombra
Agua:	Moderado
CRECIMIENTO	
Crecimiento:	Rápido
Tamaño maduro:	30cm altura X 1.8m ancho
Forma madura:	Rastrera abultada
FOLIACIÓN	
Permanencia	Perennifolia
Color:	Verde
Textura:	Media
FLORACIÓN	
Color	Amarilla
Temporada	Primavera a verano
VARIOS	
Desecho:	Bajo
Espinas:	No
Alergias:	Posible irritación cutánea
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
Descripción: Planta ideal para macetas, pero si no se controla puede ser invasiva.	
Nativo de: Sur y centro de América	



2. Nombre botánico: **Penstemon parryi**  
 Nombre común: **Penstemon**



BÁSICOS	
Resistencia a temperatura:	-9.4 °C
Sol:	Pleno sol, media sombra
Agua:	Bajo
CRECIMIENTO	
Crecimiento:	Moderado
Tamaño maduro:	30cm altura X 30cm ancho
Forma madura:	Espigas
FOLIACIÓN	
Permanencia	Perennifolia
Color:	Azul-verde
Textura:	Media
FLORACIÓN	
Color	Espigas rosas
Temporada	Primavera
VARIOS	
Desecho:	Bajo
Espinas:	No
Alergias:	No
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
Descripción: Planta en caída de flores de la primavera que atrae al colibrí.	
Nativo de: Sonora, México y sur de Arizona, EU.	

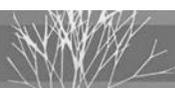


### 3. Nombre botánico: **Cissus trifoliata**

Nombre común: **Cissus**



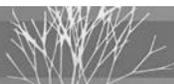
BÁSICOS	
Resistencia a temperatura:	-6 °C
Sol:	Pleno sol, media sombra y sombra
Agua:	Bajo
CRECIMIENTO	
Crecimiento:	Moderado
Tamaño maduro:	4.5m altura X 3m ancho
Forma madura:	Enredadera
FOLIACIÓN	
Permanencia	Semi-Perenne
Color:	Verde
Textura:	Media
FLORACIÓN	
Color	Verde
Temporada	Verano
VARIOS	
Desecho:	Bajo
Espinas:	No
Alergias:	No
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
Descripción: Planta trepadora en arboles. Nativo de: México, sureste de EU.	



4. Nombre botánico: **Bougainvillea apectabilis**  
 Nombre común: **Bougainvillea**

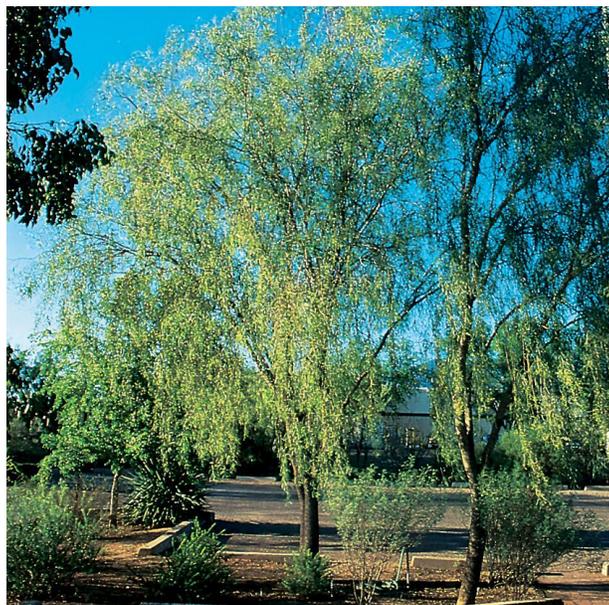


BÁSICOS	
Resistencia a temperatura:	-2.22 °C
Sol:	Pleno sol, sol reflejado
Agua:	Bajo
CRECIMIENTO	
Crecimiento:	Moderado
Tamaño maduro:	4.5m altura X 6m ancho
Forma madura:	Irregular
FOLIACIÓN	
Permanencia	Perennifolia
Color:	Verde
Textura:	Media
FLORACIÓN	
Color	Variedad de colores vivos
Temporada	Anual excepto invierno
VARIOS	
Desecho:	Alto
Espinas:	Largas
Alergias:	No
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
Descripción: Planta que acepta exposición caliente y adquiere forma arbustiva con gran variedad de colores.	
Nativo de: Brasil.	

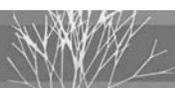


5. Nombre botánico: **Acacia salicina**

Nombre común: **Acacia**

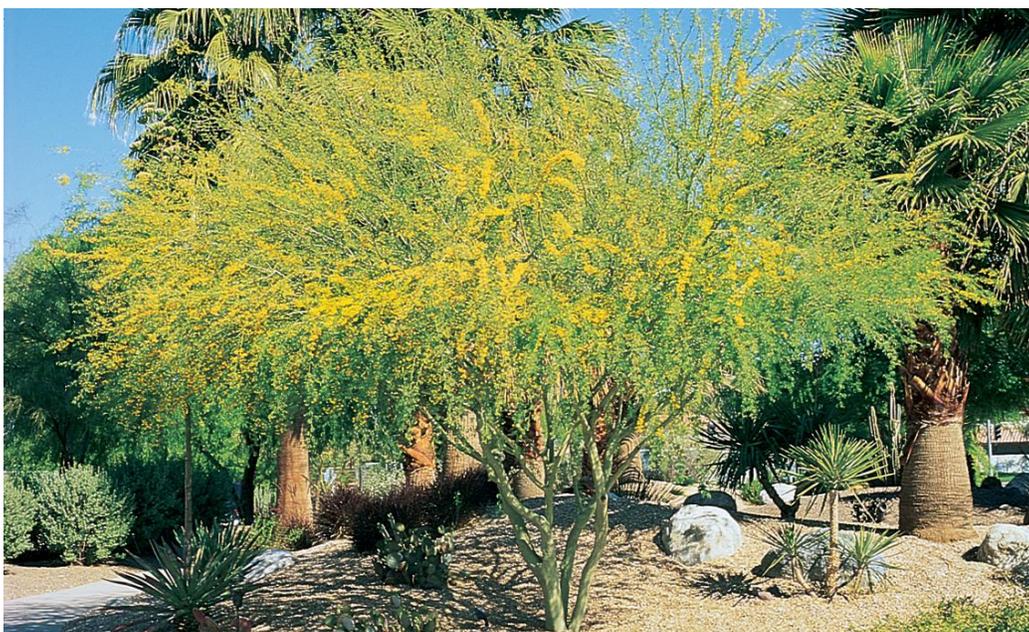


BÁSICOS	
Resistencia a temperatura:	-6 °C
Sol:	Pleno sol
Agua:	Bajo
CRECIMIENTO	
Crecimiento:	Rápido
Tamaño maduro:	9m altura X 30cm ancho
Forma madura:	Erguido y abierto
FOLIACIÓN	
Permanencia	Perennifolia
Color:	Verde
Textura:	Media
FLORACIÓN	
Color	Pequeñas pelotitas crema
Temporada	Primavera
VARIOS	
Desecho:	Bajo
Espinas:	No
Alergias:	No
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
Descripción: Planta con una pantalla adecuada para áreas estrechas.	
Nativo de: Australia.	

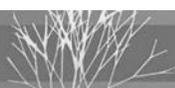


6. Nombre botánico: **Cercidium microphyllum**

Nombre común: **Palo verde**



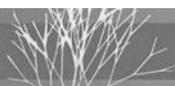
BÁSICOS	
Resistencia a temperatura:	-9.4 °C
Sol:	Pleno sol
Agua:	Muy bajo
CRECIMIENTO	
Crecimiento:	Lento
Tamaño maduro:	4.5m altura X 4.5m ancho
Forma madura:	Como arbusto
FOLIACIÓN	
Permanencia	Semi-perenne
Color:	Verde lima
Textura:	Media
FLORACIÓN	
Color	Amarillo
Temporada	Primavera
VARIOS	
Desecho:	Alto(por temporadas)
Espinas:	Pequeñas
Alergias:	No
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	
Descripción: Bueno para los paisajes naturales.	
Nativo de: Desierto de Sonora.	



7. Nombre botánico: **Lantana cámara**  
 Nombre común: **Lantana**



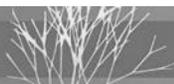
<b>BÁSICOS</b>	
Resistencia a temperatura:	-2.2 °C
Sol:	Pleno sol
Agua:	Moderado
<b>CRECIMIENTO</b>	
Crecimiento:	Rápido
Tamaño maduro:	90cm altura X 1.8m ancho
Forma madura:	Bulto rastrera
<b>FOLIACIÓN</b>	
Permanencia	Perennifolia
Color:	Gris-verde
Textura:	Madia
<b>FLORACIÓN</b>	
Color	Amarillo, naranja
Temporada	Anual excepto en invierno
<b>VARIOS</b>	
Desecho:	Bajo
Espinas:	No
Alergias:	Posible irritación cutánea
<b>CARACTERÍSTICAS ESPECIALES</b>	
Descripción: Planta de colores llamativos atractivos para las mariposas.	
Nativo de: Vivero	



8. Nombre botánico: **Dasylyrion acrotriche**  
 Nombre común: **Sotol**



<b>BÁSICOS</b>	
Resistencia a temperatura:	-17 °C
Sol:	Media sombra
Agua:	Bajo
<b>CRECIMIENTO</b>	
Crecimiento:	Moderado
Tamaño maduro:	1.20m altura X 1.20m ancho
Forma madura:	Abanico
<b>FOLIACIÓN</b>	
Permanencia	Perennifolia
Color:	Gris-verde
Textura:	Gruesa
<b>FLORACIÓN</b>	
Color	Crema en tallos altos
Temporada	Final primavera a verano
<b>VARIOS</b>	
Desecho:	Bajo
Espinas:	Hojas diente de sierra
Alergias:	No
<b>CARACTERÍSTICAS ESPECIALES</b>	
Descripción: Planta de acento con hojas retorcidas	
Nativo de: Sur de Arizona y desierto de Chihuahua.	



## ANEXO 2. EQUIPO Y SOFTWARE UTILIZADO

Las mediciones se tomaron en campo el día 27 de abril de 2013 de las 7:00 hrs a las 19:00 hrs tomando datos horarios. Para realizarlas se utilizó el siguiente equipo:

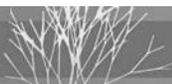
### Termómetro infrarrojo TES 1327

Utilizado para medir, durante cada hora, las temperaturas superficiales de los muros de la vivienda así como de los materiales en su exterior. Cuenta con las siguientes especificaciones:

- Termómetro infrarrojo
- Valor MAX-MIN-MEM-AL
- Rango: -35 a 500°C
- Emisividad: 0.10 a 1.00
- Radio óptico: 10:1
- Alimentación: Bat. de 9V (Incluidas)



Imagen A.1 Termómetro infrarrojo TES 1327  
(Fotografías del autor)



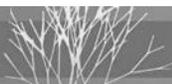
## Cámara termográfica Infrarroja Fluke Ti25

Cámara Termográfica Radiométrica, rango de -20° C a 350° C. para entornos de trabajo adversos. Con IR-Fusión y anotaciones de voz. Cuenta con las siguientes especificaciones:

- Modos de visualización: Imagen infrarroja, imagen en imagen, fusión automática de imagen visible y térmica
- Optimizadas para su uso en entornos de trabajo exigentes
- Resistentes al polvo y la humedad; clasificación IP54
- Proporciona imágenes claras y nítidas
- Menú intuitivo de tres botones
- Sistema de búsqueda de informes por reconocimiento del habla
- Anotaciones de voz por imagen
- Precisión:  $\pm 2^{\circ}$  C ó 2% (la que sea mayor)
- Corrección de emisividad en pantalla
- Sensibilidad térmica (NETD) de 0,1°C a 30°C (100 mK)
- Selección de paletas de color: 6
- Frecuencia de imagen: 9Hz
- Robustas y Fiables: Diseñadas para resistir una caída de dos metros
- Correa ajustable para zurdos o diestros



Imagen A.2 Cámara termográfica Infrarroja Fluke Ti25  
(Fotografía del autor)



## Medidor meteorológico de bolsillo Kestrel 3000

Utilizado para tomar los datos referentes a cada una de las 3 zonas de estudio en el prototipo construido. Los datos que este instrumento mide son:

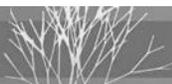
- Velocidad del viento
- Índice de calor
- Ráfaga de viento máxima
- Punto de rocío
- Velocidad del viento media
- Temperatura (aire, agua nieve)
- Humedad relativa
- Efecto de enfriamiento del viento

Sus características y especificaciones son las siguientes:

- Impulsor de alta precisión
- Pantalla nítida de cristal líquido
- Selección de unidad de medida: nudos, metros por segundo, kilómetros por hora, millas por hora, pies por minuto, etc.
- Resistente al agua
- Dimensiones: 122 x 42 x 18 mm
- Peso: 65 g
- Pila: Célula de litio tipo botón (CR2032)
- Vida de la pila: 300 horas de operación típicas
- Autoapagado: 45 minutos después de haber pulsado un botón por última vez
- Color de carcasa: Rojo



Imagen A.3 Medidor meteorológico de bolsillo Kestrel 3000  
(Fotografía del autor)



## DesignBuilder

DesignBuilder es un software especializado en el análisis térmico, lumínico y energético de edificios. Permite evaluar parámetros de desempeño relacionados con los niveles de confort, los consumos de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo de manera significativa a la práctica de la arquitectura sustentable. Facilita los procesos de cálculo y simulación y ofrece diversas herramientas de análisis integradas entre sí. Permite una mayor productividad y eficiencia en los procesos de modelado y simulación de edificios.

Este software fue utilizado para la evaluación de la propuesta de espacio exterior en el prototipo de vivienda económica, obteniendo resultados sobre la temperatura interior del modelo simulado además del consumo energético por sistema de enfriamiento durante el año.

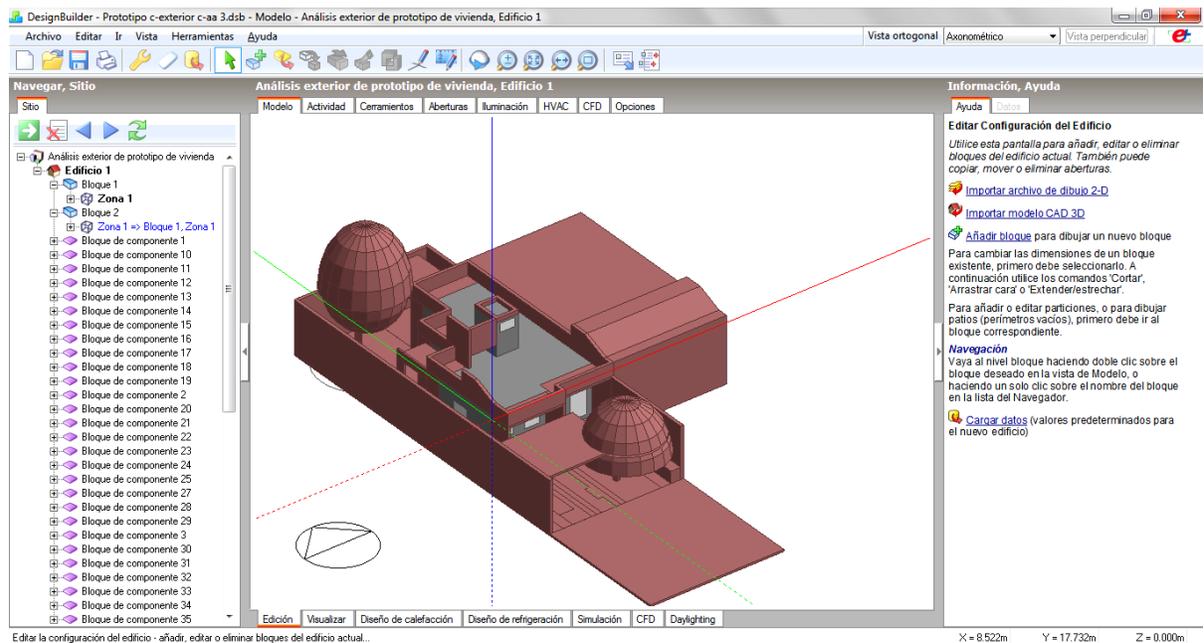


Imagen A.4 Interfaz del software Design Builder con modelo realizado (Design Builder, software)

## CONFORT-EX V 1.0

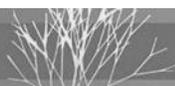
El diagnóstico de confort en el espacio exterior del prototipo construido en las instalaciones de la Universidad de Sonora, se realizó con la herramienta informática CONFORT-EX 1.0 desarrollado para diseñadores de espacios exteriores, tales como arquitectos, urbanistas o paisajistas, que permite determinar las estrategias de diseño específicas para el clima donde se esté desarrollando el proyecto, así como evaluar cuantitativamente, la sensación de confort térmico exterior en el mismo.

Esta herramienta para su evaluación requiere datos de entrada de la persona (Actividad metabólica, aislamiento y permeabilidad de la ropa y albedo de la persona) y datos del sitio (Transmisividad de la vegetación, albedo de los objetos, del suelo, factor de vista del cielo, temperatura ambiente, radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, etc.).

Esta herramienta fue presentada en la XXVI Semana Nacional de Energía Solar, en Noviembre de 2002, en Chetumal, México, y fue elaborada por el Dr. José Manuel Ochoa De la Torre, la Dra. Irene Marincic Lovriha y el M.C. Héctor Antonio Villa con apoyo de CONACYT y de la Universidad de Sonora.

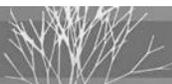
Hora	Altura solar (grados)	Temperatura ambient...	Humedad relativa (%)	Radiación solar (W/m2)	Radiación solar difusa...	Velocidad del viento (...)	Temperatura de los o...	Temperatura del suel...
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0

Imagen A.5 Interfaz de la herramienta informática utilizada para evaluar el confort exterior (CONFORT-EX 1.0, software)

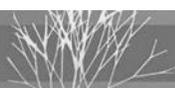


## BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS

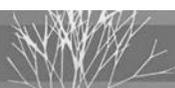
- Alpuche G., Marincic L, Ochoa J.** (2011). *Perfil del usuario de la vivienda económica en Hermosillo y patrones de consumo de energía eléctrica*. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora.
- Aguilar P., R., Van Devender, T. R., & Felger, R.** (2000). *Cactáceas de Sonora, México: su Diversidad, Uso y Conservación*. Tucson, Arizona.: Treasure Chest Pubns.
- Alejandro, C. P.** (1993). *Elementos para el diseño del paisaje: Naturales, artificiales y adicionales*. México D. F.: Trillas.
- Arvizu V.** (2006) *Análisis de Fraccionamientos Habitacionales de Nivel Medio, Bajo criterios Bioclimáticos*. Tesis de Licenciatura de Arquitectura. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- Ayuntamiento de Hermosillo** (2012). *Reglamento de Construcción para la ciudad de Hermosillo*. Boletín Oficial del Gobierno del Estado, 1 de Octubre de 1987 con posteriores modificaciones. Recuperado el 25/10/2012 de: <http://www.arquitectos.org.mx/documents/ReglamentoDeConstruccionParaHermosillo-Parte1.pdf>
- Comisión Nacional de Vivienda.** (2008). *Criterios e indicadores para los desarrollos habitacionales sustentables en México*. Recuperado el 02/10/2012 de [http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/cuad\\_criterios\\_web.pdf](http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/cuad_criterios_web.pdf)
- Comisión Nacional de Vivienda.** (2012). *Vivienda sustentable en México*. Recuperado el 02/10/2012 de: [http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/2b\\_Vivienda\\_Sutentable\\_en\\_Mexico.pdf](http://www.conavi.gob.mx/documentos/publicaciones/2b_Vivienda_Sutentable_en_Mexico.pdf)
- Corral y Becker, C.** (1989). *Lineamientos de diseño urbano*. México D.F.: trillas.
- DesignBuilder** v. 3.3.3.348, Análisis energético en edificios, Copyright 2000-2011, EnergyPlus. (Licencia Académica)
- Duffield R, M., & Jones Warren, D.** (1992). *Plants for Dry Climates, How to select*. Los Angeles, California: Library of Congress.



- FARQ** (2010). *La dialéctica de la teoría contemporánea de confort térmico*. Uruguay, Uruguay: Editorial Facultad de Arquitectura. Recuperado el 15/10/2012 de: [http://www.farq.edu.uy/joomla/images/stories/termico/Cap1\\_confort%20TErmico%281%29.pdf](http://www.farq.edu.uy/joomla/images/stories/termico/Cap1_confort%20TErmico%281%29.pdf)
- Fuentes Freixanet, V.** (2004). *Clima y Arquitectura*. México D.F, México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- García, A.** (2012) *Diseño y evaluación de una vivienda económica bioclimática para la ciudad de Hermosillo, Sonora*. Tesina de Especialización en Energía y Medioambiente en Arquitectura. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- Giottonini, P.** (2012). *Parámetros de diseño para mejorar el confort en áreas exteriores de ciudades con clima cálido-seco*. Tesina de Especialización en Energía y Medioambiente en Arquitectura. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- Jáuregui S.** (2002) *Influencia del diseño de espacios exteriores en la disminución de cargas térmicas de los edificios de la unidad centro de la Universidad de Sonora*. Tesis de Licenciatura de Arquitectura. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- Lesiuk, S.** (1984) *Classification of plant canopies for energy conservation, Underground Space*, vol. 8, pp. 164-168.
- Morillón Gálvez, D.** (2002). *Introducción a los sistemas pasivos de enfriamiento*. Recuperado el 25/09/2012 de: [http://www.riraas.net/documentacion/CD\\_03/PONENCIA04.pdf](http://www.riraas.net/documentacion/CD_03/PONENCIA04.pdf)
- Muñoz T.** (2009) *Una propuesta sustentable de vivienda de interés social para Hermosillo, Sonora*. Tesis de Licenciatura en arquitectura. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- Ochoa J.** (1999) *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. Tesis Doctoral, U.P.C. Barcelona, España.
- Ochoa J., Roset. J.** (2000) *Influencia de la vegetación en el balance energético de los espacios exteriores urbanos: Análisis y evaluación de sus efectos microclimáticos*. Artículo. UPC-UNISON. España-México.
- Ochoa J., Villa H.** (2004) *CONFORT-EX v. 1.0*. Copyright 2010.



- Ochoa J., Marincic L, Alpuche G.** Proceeding of the ASME 2011 5<sup>th</sup> International Conference on Energy Sustainability. *Bioclimatic and energy efficiency considerations for social housing: a case study in hot dry climate*. Washington, DC, USA, 2011.
- Olgay, V.** (1998). *ARQUITECTURA Y CLIMA. MANUAL DE DISEÑO BIOCLIMATICO PARA ARQUITECTOS Y URBANISTAS*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Rivero R.** (1988). *Arquitectura y clima*. México D.F., México: Editorial Universidad Nacional Autónoma de México.
- Romero A.** (2010). *Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: regiones de clima cálido seco y húmedo*, Encuentro Académico CONAVI-CONACYT. México D.F. Recuperado el 25/09/2012 de: <http://2006-2012.conacyt.gob.mx/fondos/FondosSectoriales/CONAVI/Documents/6-RomeroMoreno.pdf>
- Secretaría de energía** (2011). *Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional*. Diario oficial de la Federación, 25 de abril 2011. México. Recuperado el 09/08/2012 de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011)
- Serra J. M.** (1996) *Elementos urbanos mobiliario y microarquitectura*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Universidad de Colima, Dirección General de Información.** (2007). *Investigadores estudian confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica*. Boletín de Prensa Universidad de Colima. Recuperado el 25/09/2012 de: <http://www.ucol.mx/boletines/noticia.php?id=7154>
- Valenzuela V.** (2008) *Diseño de vivienda de interés social, con criterios de sustentabilidad, para Hermosillo, Sonora*. Una propuesta concreta. Tesis de Licenciatura de Arquitectura. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.



Las siguientes fuentes de internet se consultaron durante toda la elaboración de esta investigación, a las cuales se recomienda acceder para ampliar los conocimientos respecto al tema:

Venta de especies vegetales nativas y adaptadas de la región Noroeste de México:

<http://www.jardinosa.com.mx/>



Recomendaciones e información relacionada al diseño paisajístico:

<http://www.infojardin.com/>



Información de especies vegetales nativas y adaptadas al clima desértico del norte de México y Arizona:

[http://www.amwua.org/plants\\_index.html](http://www.amwua.org/plants_index.html)

