



CAPÍTULO

CONTENIDO

Capítulo 7. Diseño Bioclimático y Paisajístico

7.1 INTRODUCCIÓN

7.2 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

7.2.1 FACTORES DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

7.2.2 BIENESTAR Y CONFORT

7.2.3 DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN EL CARIBE MEXICANO

7.2.4 MEDIDAS CONTRA EL SOBRECALENTAMIENTO POR ASOLEAMIENTO

7.2.5 ORIENTACIÓN

7.2.6 VENTILACIÓN

7.2.7 SELECCIÓN DE VIDRIOS

7.2.8 PROTECCIONES EN VANOS Y AREAS ABIERTAS

7.2.9 CUBIERTAS

7.2.10 SOBRECALENTAMIENTO EN FACHADAS (MUROS)

7.2.11 ILUMINACIÓN NATURAL

7.2.12 CONFORT ACÚSTICO

7.3 PAISAJISMO

7.3.1 INTEGRACIÓN AL ENTORNO NATURAL Y CONSTRUIDO

7.3.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE PAISAJE

7.3.3 MANEJO FUNCIONAL DE LA VEGETACIÓN

7.3.4 DISEÑO DE PAISAJE CON BAJO CONSUMO DE AGUA (XERISCAPE)

7.3.5 MICROCLIMAS

7.4 EROSIÓN

7.4.1 EROSIÓN COSTERA

7.4.2 MEDIDAS GENERALES

7.4.3 MEDIDAS PARTICULARES

7.4.4 EROSIÓN DE LA SELVA

7.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA

7.5.1 BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL HOTEL INTELIGENTE

7.5.2 ASPECTOS INTELIGENTES

7.6 AGUA (CONSUMO, TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN)

7.6.1 RIESGOS DE CONTAMINACIÓN

7.6.2 SUMINISTRO DE AGUA

7.6.3 TRATAMIENTO DE AGUA DE ABASTECIMIENTO

7.6.4 USO Y CONSUMO

7.6.5 AGUAS RESIDUALES

7.6.6 SEPARACIÓN DE AGUAS GRISES Y NEGRAS EN EL DRENAJE

7.6.7 AGUA DE LLUVIA, CAPTACIÓN Y REUTILIZACIÓN

7.7 CAMPOS DE GOLF

7.7.1 CRITERIOS DE PLANEACIÓN

7.8 CERTIFICACIONES

7.9 RECOMENDACIONES Y BENEFICIOS

GLOSARIO DE SIGLAS



CAPÍTULO

DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y PAISAJÍSTICO, Recomendaciones de diseño arquitectónico.

7.1 Introducción

Las prácticas de sustentabilidad comienzan con una adecuada planeación y continúan con un buen diseño tanto arquitectónico como paisajístico. Es por ello que el capítulo 7 presenta aspectos de diseño bioclimático y paisajístico que se deben considerar para desarrollar un proyecto turístico en el Caribe Mexicano.

Los beneficios de la arquitectura bioclimática abarcan el ahorro en el ámbito económico y de consumos (electricidad, agua, etc.) obtenido por la incorporación de sistemas pasivos de diseño, en su primera etapa.

Para lograr los objetivos de esta Guía y cubrir las necesidades de los desarrolladores e inversionistas de proyectos turísticos, nos enfocaremos en tratar la arquitectura desde el punto de vista de bajo impacto ambiental y tener en cuenta las condiciones climáticas y los recursos disponibles de la región.

La relación entre arquitectura y paisaje es indispensable para lograr un confort tanto interior como exterior, pues cuando existe un adecuado manejo del ambiente exterior contribuye a mejorar el diseño bioclimático. Por el contrario, si no existe un manejo adecuado del exterior, este contribuirá a complicar el confort interior de la edificación, mismo que se verá reflejado en gastos de inversión y operación.

7.2 Arquitectura bioclimática.

La arquitectura bioclimática es parte de la arquitectura sustentable y viceversa. Ambos conceptos buscan el confort para el usuario y la disminución del impacto ambiental, sin embargo, la arquitectura sustentable, además de ser bioclimática, incorpora criterios que integran aspectos de la fabricación y origen de los materiales con los que la edificación será construida. La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles del sitio para disminuir el impacto ambiental y reducir los consumos de agua y energía.

En cuanto a la arquitectura sustentable, desafortunadamente las empresas mexicanas que pueden certificar el proceso adecuado de bajo impacto ambiental o que lleven a cabo acciones para mitigar la contaminación son pocas. Normalmente son empresas muy grandes nacionales o extranjeras que por cuestiones de calidad tienen un seguimiento adecuado de la materia prima y de los procesos de fabricación de sus materiales, así como programas de mitigación de sus emisiones contaminantes. Es decir, son pocas las empresas y sectores específicos que pueden cumplir con la condicionante que nos exige la definición de *Arquitectura Sustentable* pues, ésta condición se podría cumplir solo con algunos materiales.

En el supuesto que para efectos de cumplir con la condicionante de sustentabilidad se opte por adquirir productos de importación, recomendamos que se evalúe la huella de carbono emitida por el traslado de esos productos al sitio, pues esto podría resultar más contaminante que adquirir productos sin la certificación *in situ*. De igual forma, es una realidad que el mercado, en este aspecto, está en continuo crecimiento y es posible que en un futuro cercano haya más empresas que se certifiquen como sustentables y por lo tanto el costo de los materiales sea más accesible.

La arquitectura bioclimática “es un concepto que integra: el clima; los recursos naturales tales como el agua, su captación, reutilización y tratamiento; la generación de energía limpia y el buen manejo de la misma; incluye también aspectos de iluminación natural y el uso de aparatos de consumo eficiente; la aplicación de materiales de la región, materiales reciclados y reciclables; así mismo incorpora el diseño del espacio exterior para propiciar un microclima de confort que contribuya a proteger la edificación de las condiciones climáticas¹”.

¹ García Chávez, José Roberto. **Arquitectura, medio ambiente y desarrollo sustentable**. UAM, Azcapotzalco. México. 1999.



Figura 01: Esquema conceptual de Arquitectura Bioclimática².
Elaboró: MMD.

El costo es siempre un tema importante cuando se trata de innovar en tecnología, sin embargo, las medidas más eficaces, las que pueden representar una gran aportación dentro de las tecnologías bioclimáticas, no significan ningún sobre costo ya que son el resultado del empleo lógico de los elementos constructivos y de diseño; a estas medidas se les llama *soluciones pasivas*. Un segundo grupo de medidas adicionales y pasivas son algunos materiales o sistemas constructivos especiales. Éstos pueden suponer un incremento de alrededor del 15% del costo total considerado. Por otra parte, aunque dichas soluciones signifiquen un incremento en el costo inicial, estas serán rentables debido a que dicho incremento se compensará con la disminución en los consumos de energía eléctrica y agua a lo largo de periodo de vida útil y operación de la edificación.

² Basado en la presentación del Arq. Aníbal Figueroa. Arquitectura bioclimática, 1er Simposio sobre Planeación, Diseño y Construcción Sustentable en el Caribe Mexicano, Cancún, Q. Roo, 2010.



*Figura 02: Generación de energía. Autogenerador eólico, Rivera Maya.
Por: MMD.*



*Figura 03: Materiales reciclados.
Fuente: Gaudí, Parque Guell, Barcelona.*



*Figura 04: Materiales de la región.
Por: MMD.*

Existen dos niveles principales para reducir los consumos energéticos. El primero está integrado por estrategias bioclimáticas, sobre las cuales haremos mención en este apartado. El segundo nivel está integrado por la selección adecuada de sistemas inteligentes (domótica), que ayudarán a controlar de manera eficiente los procesos tecnológicos durante la operación del proyecto por medio de detectores, captadores, y sensores que envían señales a una unidad central que actuará según la programación. Sobre este tema hablaremos en el apartado 7.4.

Cabe aclarar que dentro de ambos niveles debemos tomar en cuenta el cumplimiento de normativas básicas de acondicionamiento y las buenas prácticas operativas, de lo contrario, no se obtendrán los resultados deseados.

7.2.1 Factores de la arquitectura bioclimática

Los factores primarios a considerar para la aplicación de arquitectura bioclimática están vinculados con las condiciones geográficas y ambientales. El confort físico está directamente relacionado con la temperatura, la humedad y la iluminación, principalmente. El confort psíquico tiene que ver con la funcionalidad del espacio. Ambos son de suma importancia ya que si faltara alguno, el espacio arquitectónico no estaría en posibilidades de funcionar adecuadamente. Lo primero a tomar en cuenta para la realización del proyecto es la caracterización ambiental, es decir, tomar en cuenta los factores ambientales del sitio de emplazamiento, tales como:

- *El terreno*³; “análisis del sitio de emplazamiento, desde el tipo de suelo, topografía, zonas inundables, vegetación, fauna, entre otros aspectos que conforman el medio a intervenir. Dentro del análisis de flora y fauna es de suma importancia considerar las especies en peligro de extinción y /o legalmente protegidas”.

³ El análisis está dado en el proceso del apartado 7.1 el cual habla de la “integración al entorno”.

- *El clima*⁴; los factores del clima son: latitud, altitud, relieve, distribución de tierra y agua, corrientes marinas, modificaciones al entorno. Los elementos del clima son: temperatura, humedad, precipitación, viento, presión atmosférica, radiación, nubosidad y visibilidad. En el capítulo 3 de esta guía se encuentra más información sobre el clima en el Estado de Quintana Roo.

El correcto análisis de estos factores arrojará resultados que durante la etapa de diseño servirán de base para el desarrollo del proyecto. El siguiente esquema presenta la metodología de diseño elaborada y utilizada en el laboratorio de diseño bioclimático de la *Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (UAM-A)*:

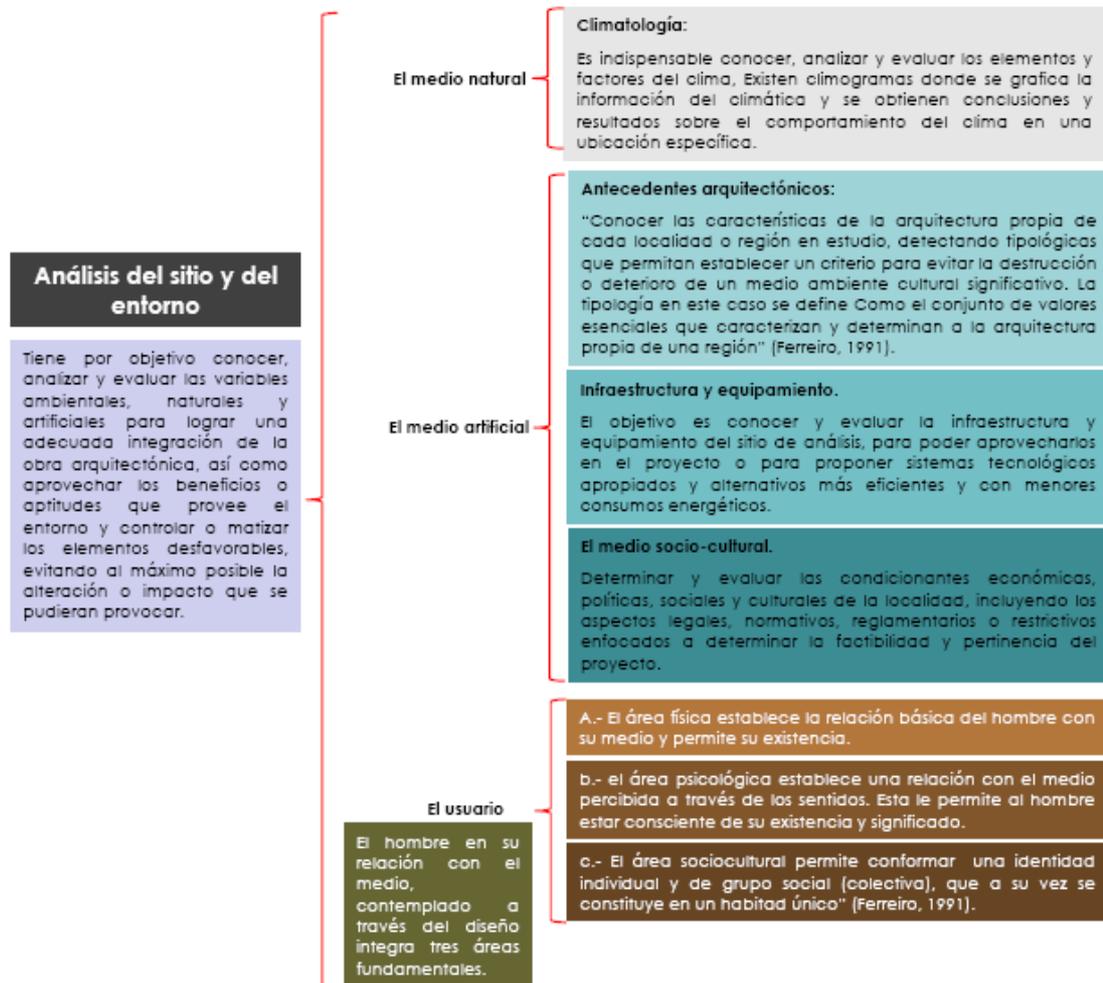


Figura 05: Diagrama de la metodología UAM-A⁵.
Elaboró: CI.

⁴ Rodríguez Viqueira, Miguel. **Introducción a la arquitectura bioclimática 2001**. Limusa. México. 2001.

⁵ Basado en Arquitectura, medio ambiente y desarrollo sustentable.

7.2.2 Bienestar y confort

Los términos bienestar y confort están dados por la combinación de estímulos por temperatura y humedad (higrotérmicos), por viento, acústicos, lumínicos y olfativos, los que interactúan en un ambiente determinado. El cerebro es el órgano encargado de convertir estos estímulos en sensaciones reconocibles, y la respuesta resultante es la sensación de bienestar o confort, que no solo es definido por las condiciones climáticas y los factores físicos sino que también está condicionado por situaciones psíquicas, es decir, la funcionalidad y percepción de los espacios.

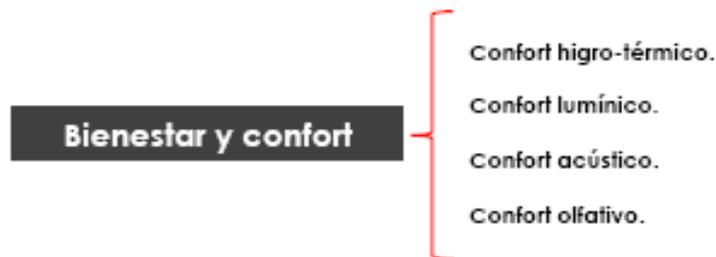


Figura 06: Diagrama de bienestar y confort⁶.
Elaboró: CI.

El confort higrotérmico tiene que ver con el bienestar térmico del cuerpo. Para definir la temperatura y humedad confortables intervienen muchos factores como la latitud, altitud, la estación de año, así como aspectos socioculturales. Para efectos de nuestro análisis la temperatura confort está dada entre 21 °C y 27 °C con una humedad entre 20% y 70%.

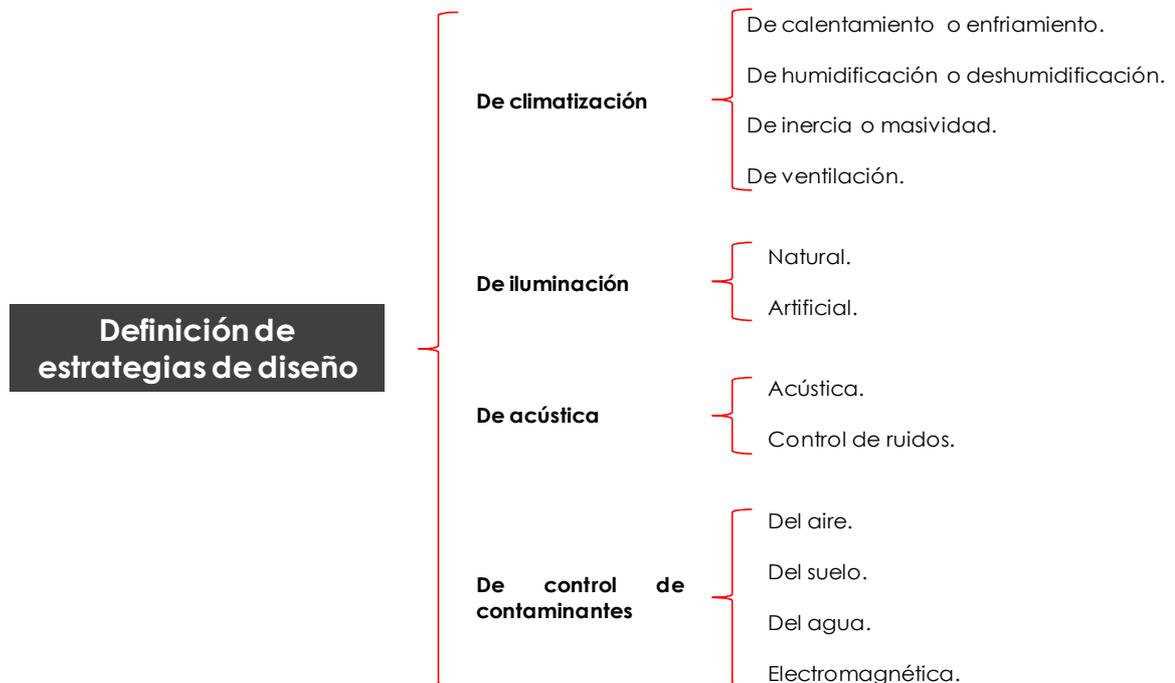
El confort lumínico se logra cuando el ojo humano está en condiciones de realizar sus actividades visuales sin estresarse; este aspecto está relacionado con la cantidad de luz y las superficies reflectantes.

El confort acústico tiene que ver con la sensación auditiva agradable ante los sonidos ambientales; el sonido deja de ser confortable cuando resulta ininteligible y causa fatiga auditiva. Una manera de detectarlo es cuando los ruidos o bullicios de un espacio nos motivan a querer abandonar el lugar.

El confort olfativo está relacionado con los olores ambientales; dentro de este aspecto también podemos mencionar a los olores que tienen contenido tóxico (pinturas, telas nuevas, etc.) que causan un efecto negativo a nivel de funcionamiento del cuerpo, la mayoría de las veces a largo plazo. Hay que tomar en cuenta que una ventilación excesiva puede resultar en un consumo energético innecesario y por el contrario, la falta de ventilación conlleva a un *edificio enfermo*.

⁶ Ibidem.

Las estrategias de diseño más comunes para desarrollar proyectos que incorporen la arquitectura bioclimática se presenta en el siguiente esquema:



*Figura 07: Diagrama de definición de las estrategias de diseño para arquitectura bioclimática⁷.
Elaboró: Cl.*

La figura 08 explica las estrategias a contemplar dentro del diseño bioclimático, sin embargo, antes de aplicar cualquiera de ellas es imprescindible conocer y estudiar el clima del sitio de emplazamiento para seleccionar las más convenientes.

En los siguientes apartados se presentan las estrategias bioclimáticas aplicables a las condiciones climáticas del Caribe Mexicano a partir de las que se definen las diferentes estrategias constructivas y de diseño disponibles para aplicar en el proyecto, y de esta manera alcanzar el confort deseado.

7.2.3 Diseño bioclimático en el Caribe Mexicano

Para analizar el clima se consideraron factores como las temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales, la humedad relativa promedio máxima y mínima mensual y la procedencia de los vientos,

⁷ *Ibídem.*

entre otros factores. Los elementos temperatura y humedad son los más empleados en los climogramas de diseño. Para efectos de este estudio enfocaremos el análisis en el climograma de bienestar de Givoni (Anexo II).

Dicho climograma presenta soluciones específicas para el diseño de la edificación por medio de zonas de confort; el graficar las temperaturas y humedades relativas del área de estudio, permite identificar su correspondencia con estas y en consecuencia, las estrategias bioclimáticas convenientes de implementar en el diseño.

- En el Caribe Mexicano se presentan durante todo el año condiciones que se controlan fácilmente con ventilación natural permanente o bien, limitando la ventilación en los días de frío moderado. Sin embargo, existen meses donde el calor es extremo (junio, julio, agosto y septiembre) por lo que habrá días en que no serán suficientes las medidas de ventilación pasiva y se tendrá que recurrir a soluciones como sistemas de enfriamiento artificial.

Ante esta conclusión surge la siguiente recomendación:

- Propiciar la ventilación generando espacios con un sano intercambio de ventilación natural (ventilación cruzada), evitar el asoleamiento directo y el uso de sistemas de enfriamiento cuando las condiciones de ventilación natural no sean suficientes para alcanzar el confort deseado.

Otra gráfica que determina parámetros de diseño en el proyecto es la *gráfica solar polar* (Anexo III). Ésta gráfica analiza el recorrido solar durante todo el día en una localización y día determinados representando dos coordenadas solares, altitud solar y el azimut solar.

Con los datos de la gráfica solar polar, podemos conocer la posición exacta del sol a una determinada hora en la fecha que deseamos analizar. Con las coordenadas de azimut y altitud solar podremos diseñar eficientemente los dispositivos de control solar que pueden ser aleros, pérgolas, deflectores o louvers, parasoles, etc. Es importante que desde las primeras etapas de diseño se tomen en cuenta los recorridos solares y las soluciones a la incidencia solar, para poder integrar en el diseño de proyecto los dispositivos y estrategias de control solar.



Figura 08: Persianas tipo louve y pérgola.
Dominio Web.

7.2.4 Medidas contra el sobrecalentamiento por asoleamiento

A continuación se enlistan algunas de las soluciones para evitar el sobrecalentamiento del interior por asoleamiento directo.

- Vanos acristalados:
 - Orientación del vano.
 - Sombreamiento del vano.
 - Selección de vidrios.
- Para la cubierta o azotea:
 - Ventilación.
 - Recubrimiento vegetal.
- Para los muros:
 - Color.
 - Sombreamiento.
 - Ventilación.
 - Aislamiento.

Las medidas preventivas para evitar el calentamiento por asoleamiento en los edificios en el Caribe Mexicano son las siguientes:

7.2.5 Orientación

La orientación más recomendable para las edificaciones en el Caribe Mexicano es la orientación Norte – Sur y Noroeste – Sureste. Estas orientaciones permiten una adecuada ventilación y que las aberturas en las fachadas tengan menor incidencia solar. Sin embargo, no debemos olvidar que para que el diseño sea adecuado y funcione bioclimáticamente, debemos considerar otros factores como la orientación de las fachadas, protección de vanos, terrazas y pasillos, y las demás superficies del edificio que quedan expuestas.

Para proteger las fachadas del asoleamiento es recomendable lo siguiente:

- *Fachada norte*: no tiene problemas de asoleamiento directo, sin embargo dependiendo del uso de los espacios asignados a esta orientación, será necesario matizar la iluminación para evitar problemas de deslumbramiento.
- *Fachada este*: asoleamiento en las primeras horas del día. Si bien en este horario el asoleamiento no representa importantes ganancias térmicas, si es necesario utilizar parasoles

verticales en las ventanas que ayuden a minimizar la entrada de los rayos solares por las aberturas en los muros.⁸

- *Fachada sur:* problemas de asoleamiento y ganancias térmicas. El sol está en la parte más alta, los rayos son más verticales. Para esta fachada es importante considerar parasoles horizontales que cubran de la incidencia solar y considerar aislamiento térmico en muros, o bien muros verdes, que protejan de la transmisión de calor al interior.⁹
- *Fachada oeste:* problemas de asoleamiento y ganancias térmicas. En esta fachada se presenta el sol en las horas de la tarde, los rayos son más horizontales y calientes por lo que se recomienda aislamiento térmico en muros o muros verdes; asimismo, se recomienda evitar aberturas (vanos y ventanas) en medida de lo posible, pero si esto no es posible, debemos considerar cubrir las aberturas con parasoles verticales o cubrir con vegetación el exterior para generar sombra en la fachada.
- *La quinta fachada:* el techo de la edificación. Las techumbres planas no son una buena opción principalmente porque son superficies tan grandes que representan un problema para la ganancia térmica por asoleamiento. Sin embargo, la construcción de techos verdes es una buena solución, además de ser agradables y ayudar a lograr la integración al entorno, contribuyen a estabilizar la temperatura interior al dotar de masa térmica a la edificación.

⁸ Ver apartado 7.2.8

⁹ *Ibidem*

SUSTENTABILIDAD = PLANEACIÓN + DISEÑO + CONSTRUCCIÓN
GUÍA DE PLANEACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE EN EL CARIBE MEXICANO



Fig.09: Tipos de parasoles
Fuente: Dominio Web

NOTA: Los parasoles pueden ser verticales, horizontales, fijos, móviles, manuales.



Fig. 10 Volados
Fuente: Dominio Web



Fig. 11. Techos verdes
Fuente: Domino Web



Fig. 12. Muro verde.
Fuente: Domino Web

7.2.6 Ventilación

La primera recomendación es conocer la procedencia de los vientos de manera mensual. En el Caribe Mexicano los vientos dominantes vienen del Este y Sureste de febrero a septiembre, y solo durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero se presentan vientos del Norte y Noreste. Esto nos indica que para lograr una ventilación adecuada las aberturas deberán estar orientadas al Este y Sureste con la finalidad de eficientar las condiciones ambientales interiores.

Los tipos de ventilación que se pueden manejar en un edificio son:

- *Ventilación cruzada* es la circulación del aire a través de aberturas situadas en fachadas distintas; no es necesario que sean opuestas. Las aberturas pueden o no tener las mismas dimensiones o estar a la misma altura, cuando estas condiciones cambian se modifica la circulación del aire, muchas veces en sentido favorable, es decir, si la abertura de entrada de aire es más pequeña que la salida, se modificará la velocidad del aire, esto es, entrará con más presión y tendrá una salida más cómoda; de igual forma si las aberturas están ubicadas a distintas alturas, se propicia una mejor circulación del aire, en este caso es preferible que la abertura de entrada se encuentre más abajo que la de salida. Esto se puede conseguir ubicando la abertura de salida en el techo o bien en muros a diferentes alturas.

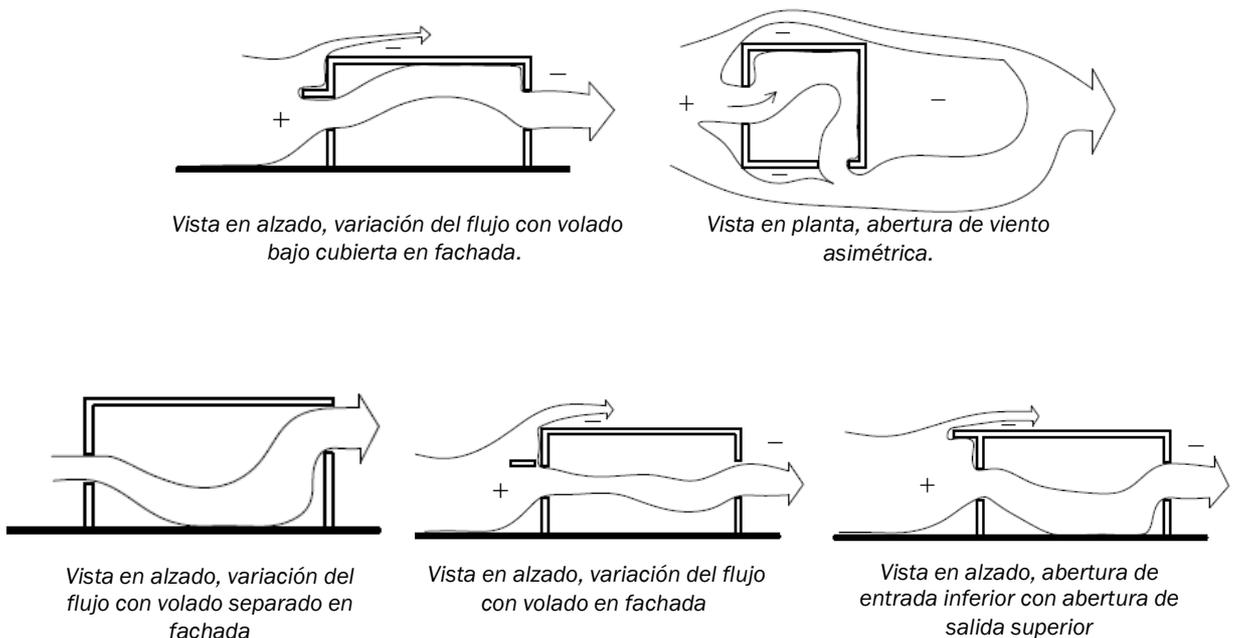


Figura 13: Esquemas de ventilación.

- *Chimeneas de viento.* El efecto chimenea se produce cuando el aire caliente sube y es extraído por succión; se trata del efecto Venturi, generado por la circulación del viento a alta velocidad sobre la boca de la chimenea. La manera de provocarlo es orientando la boca de la chimenea en dirección contraria a los vientos dominantes, lo que generará el efecto de succión. Cuando la dirección de los

vientos es muy inconstante se puede optar por hacer la boca de la chimenea móvil con remates de veleta para que se mueva fácilmente.

- Las chimeneas de viento también funcionan para inducir el viento; esto se logra orientando la boca de la chimenea hacia los vientos dominantes para recibirlos e inducirlos. Este método es más utilizado en climas secos que húmedos.
- De igual forma existen chimeneas de viento de dos bocas, donde se mezclan ambos efectos, tanto el de inducción como el de succión, una de las bocas para la inducción de aire fresco y la otra para la extracción de aire caliente.

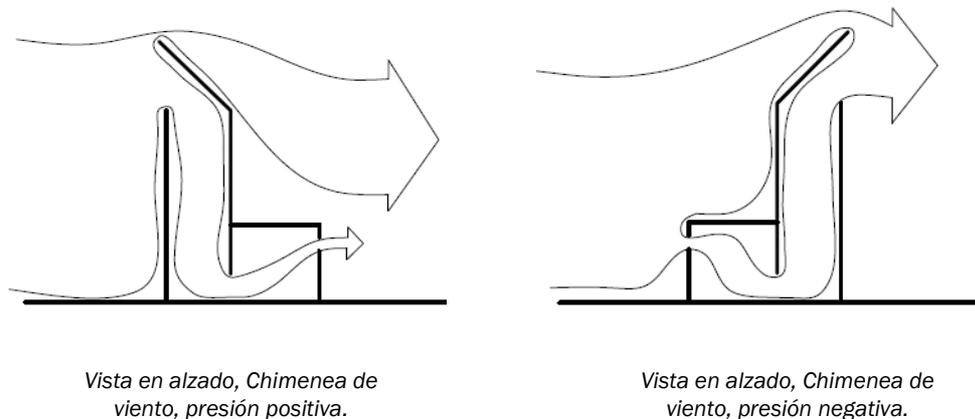


Figura 14: Esquemas de chimenea de viento.
Elaboró: ASK.

Se recomienda que dependiendo del carácter del espacio se determine el tamaño y la posición de las aberturas. Por ejemplo, en el caso de estar diseñando un centro de negocios donde seguramente se manejaran papeles, se deberá considerar aberturas de menores dimensiones y posiblemente no a la altura de los escritorios. Por el contrario, en una habitación es recomendable que las aberturas se ubiquen a la altura de la cama para que el aire circule sobre el usuario; la satisfacción y utilidad de aberturas que se ubican más arriba de la altura de la cama no será la misma que si se propicia ventilación directa sobre el usuario.

Es de suma importancia mencionar que el calor que se siente dentro del edificio es consecuencia en parte de las características microclimáticas que rodean al edificio. Un edificio rodeado de vegetación recibe sombra y provoca que baje la temperatura del aire y el suelo.

7.2.7 Selección de vidrios

Las ventanas, ventanales y acristalamientos en muros, son la parte más vulnerable de un edificio desde el punto de vista energético, dado que su coeficiente de transmisión de calor es muy alto y porque permiten el acceso a la radiación solar. Es por ello que la selección de los vidrios junto con la

orientación hará una diferencia significativa en las ganancias térmicas por asoleamiento y una reducción muy importante en cuanto a consumo de energía.

De manera general, existen 3 grupos de acristalamientos (vidrios en ventanas y ventanales): **los acristalamientos no aislantes** (sencillos) de un solo vidrio (figura 15); **los acristalamientos dobles** (figura 16) o aislantes a la conducción, formados por dos vidrios separados por una cámara de aire; y **los acristalamientos aislantes** a la radiación, que pueden venir combinados con doble vidrio. De igual forma existen 3 tipos de vidrios: incoloro, coloreado y reflectante. El coloreado absorbe principalmente las radiaciones infrarrojas y es transparente dependiendo de su coloración. El vidrio reflectante o polarizado se obtiene mediante la aplicación de óxidos metálicos a alta temperatura. Tanto el vidrio coloreado como el reflectante son adecuados para reducir la carga de radiación solar.



Figura 15: Acristalamiento sencillo, no aislante.
Elaboró: ASK-MMD.

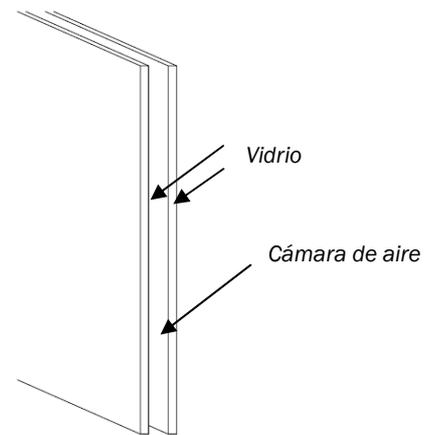


Figura 16: Acristalamiento doble o aislante a la conducción con cámara de aire. Elaboró: ASK-MMD.

7.2.8 Protecciones en vanos y áreas abiertas

Las protecciones para los vanos y áreas abiertas son de dos tipos principalmente (Figura 18):

- Parasoles o protecciones exclusivamente de la radiación solar; su función es solo sombrear el vano, acristalado o vacío, pudiendo ser fijos o móviles.
 - Fijos: parasoles horizontales sobre dintel, lamas o persianas-deflectores de desarrollo horizontal, parasoles verticales, lamas o persianas verticales, parasoles mixtos tipo caja, lamas o persianas mixtas en celosía, entre otros.
 - Móviles: lamas o persianas horizontales, lamas o persianas verticales y toldos.
- Protecciones de la Radiación solar y de la Transmisión de calor, éstos se desarrollan paralelo al vidrio para crear una cámara de aire entre ambos que aporte su resistencia térmica. Pueden ser exteriores o interiores.
 - Exteriores: persianas y contraventanas.
 - Interiores: cortinas y persianas.

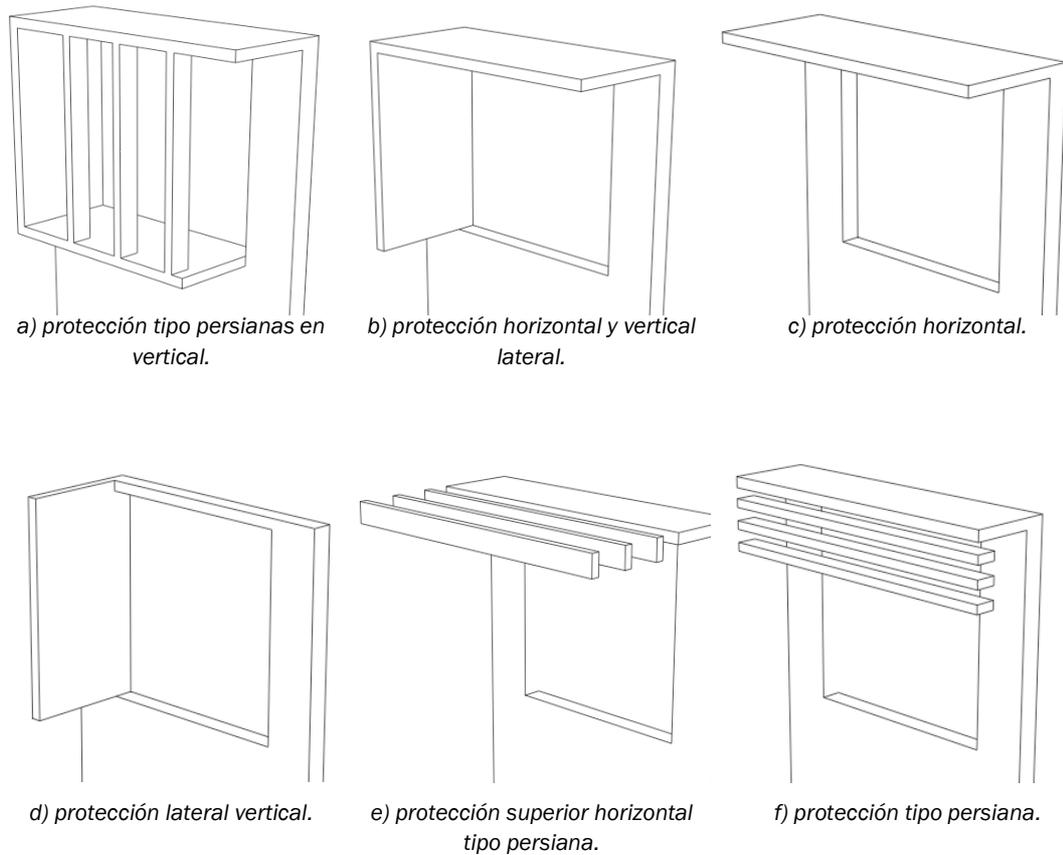


Figura 17: Esquemas de protección solar en vanos y áreas abiertas.
Elaboró: ASK.

7.2.9 Cubiertas

La cubierta o azotea es la superficie que recibe más radiación solar a lo largo del día. La opción para contrarrestar este hecho es utilizar cubiertas inclinadas, con colores claros y con aislamiento.

Existen 3 tipos de cubiertas principalmente:

- *Cubierta ventilada:* esto se logra colocando una cubierta exterior más ligera provocando sombra en la interior. De esta manera la cubierta exterior se calienta y la cámara de aire entre ellas permite la ventilación de la interior. Para que esto sea posible es necesario dejar huecos de entrada y salida de aire. La cubierta exterior puede ser muy simple, de zacate, palma o de algún material ligero que no sea estructural, puesto que su función será únicamente sombrear para contribuir a la ventilación.

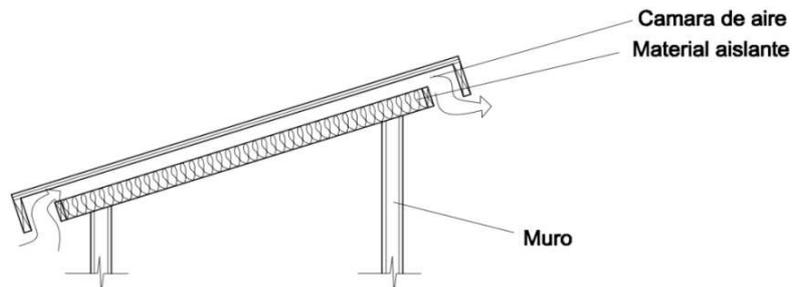


Figura 18: Esquema de Cubierta ventilada.
Elaboró: ASK.

- *Cubierta autoventilada*: son cubiertas ligeras que dejan pasar el aire a través de ella, por ejemplo las techumbres de palapas.



Figura 19: Cubierta autoventilada tipo palapa.
Por: MMD.

- *Cubierta vegetal*: conocida también como cubierta ajardinada o naturada. Es una cubierta convencional con la adición de un sustrato de plantas. Este tipo de cubiertas se realiza generalmente en losas planas y en algunos casos en losas inclinadas. Una de sus bondades es que el sustrato y la vegetación actúan como aislamiento y protegen el impermeabilizante, además de estabilizar la temperatura interior debido a la masa térmica que representan.

Las ventajas de las cubiertas ajardinadas son (ver Fig. 11 y 25):

- Retención de polvo y sustancias contaminantes.
- Contribuyen a la producción de oxígeno.
- Aumento de las áreas verdes en el proyecto.
- Estéticamente convenientes pues ayudan a la integración de la edificación con el entorno.

- Protege de la radiación solar evitando que la cubierta se caliente e irradie el calor al interior en un 70 a 90%, lo cual se traduce en menor demanda de los equipos de aire acondicionado y por ende, menores costos por consumo de energía eléctrica.
- Funciona como aislante acústico.
- Contribuye con el ciclo del agua con la captación de agua de lluvia.
- Reducen el efecto de la *isla de calor*.
- Aumento del espacio útil, se puede aprovechar para generar otro espacio exterior, ya sea como huertos o como *roof garden*.
- Prolongan el tiempo de vida de la cubierta.

Las cubiertas vegetales pueden ser de dos tipos: extensivas e intensivas. La cubierta extensiva o ecológica tiene una capa vegetal de poco espesor, menor a 20 cm, con plantas bajas, autóctonas, en las que el abastecimiento de agua y nutrientes se efectúa por procesos naturales; su mantenimiento es escaso o nulo. En la cubierta intensiva o ajardinada, el sustrato es de mayor espesor (mayor a 20 cm), con plantas de mayor tamaño, arbustos grandes y árboles; su mantenimiento es similar al de un jardín convencional.

En ambos casos la estructura de la cubierta debe ser reforzada en razón de las cargas, siendo, en el caso de las intensivas o ajardinadas, un espesor de entre 20 cm y 50 cm para herbáceas y de 1m a 2 m para árboles y arbustos. Se recomienda que el ingeniero calculista trabaje de cerca con el biólogo y el arquitecto de paisaje para determinar el espesor del sustrato de acuerdo a las plantas requeridas, preferentemente de la región. Mientras que las cubiertas intensivas pueden alcanzar un sobre peso entre 700 y 1200 kg/m², las cubiertas extensivas o ecológicas, al tener un espesor menor (entre 8 cm y 12 cm generalmente), equivale a una carga de 100 kg/m² aproximadamente; además de ello, éste tipo de cubiertas requieren de menor mantenimiento y representa menor cantidad de biomasa si se valora el riesgo de incendio.

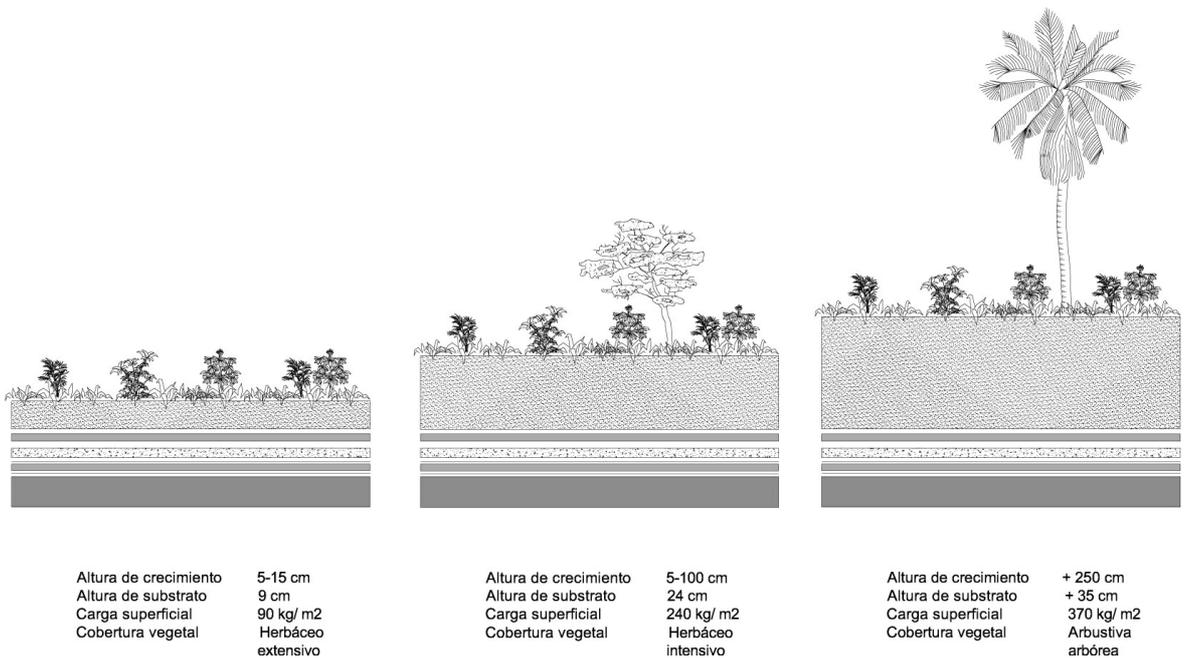
Por otro lado, es importante considerar impermeabilizantes y membranas anti-raíces para evitar perforaciones de la capa impermeabilizante y goteras.

Una cubierta verde se compone de varias capas donde cada una tiene una función ya sea para sustentar la vegetación como para garantizar la integridad de la cubierta de la edificación, siendo estas:

- *Especies vegetales*. Dependiendo del diseño puede incorporar cubresuelos y/o arbustos.
- *Sustrato*. Puede ser orgánico (corteza de pino) o inorgánico (arcilla expandida) o mixto. Su función es retener humedad y nutrientes, y drenar el excedente de agua.
- *Filtro geotextil*. Su función es impedir el paso de los finos del sustrato.
- Capa de drenaje.

- Protección antiraíces.
- Lámina impermeabilizante.

A este listado de capas podemos aumentar una variante, la *cubierta aljibe*, en la que se incluye un pequeño depósito, entre 8 y 20cm, donde se acumula una cierta cantidad de agua que asegura el riego de plantas en los momentos de sequía. Para el caso del Caribe Mexicano, este tipo de cubierta aljibe no es tan necesario debido a que no existen largas temporadas de sequía; sin embargo, en caso de diseñarse de esta manera el agua acumulada podría utilizarse para otro fin o para el riego de otras áreas.



*Figura 20: Configuración de cubiertas verdes.
 Elaboró: ASK.*

7.2.10 Sobre calentamiento en fachadas (muros)

La primera estrategia para evitar el sobre calentamiento de muros en las fachadas sería el color, debido a que los colores claros tienen un coeficiente de absorción de la radiación solar muy bajo. En una superficie clara, solo el 10% o 20% de la radiación solar se transforma en calor, el resto se refleja. Por el contrario, en superficies oscuras el 95% de la radiación solar es transformada en calor; es por ello que al calentarse irradia calor al interior. Antes de determinar el tratamiento al muro es necesario que se analicen las orientaciones para definir el método (pintura, fibras, películas aislantes, etc.) que se utilizará en cada fachada con el objeto de optimizar las técnicas, presupuesto y obtener el confort deseado.

Algunos de los tratamientos recomendados para los muros en proyectos en el Caribe Mexicano son:

- Muros ventilados:

Al igual que las cubiertas ventiladas, los muros en fachadas se pueden ventilar siguiendo el mismo principio, sombreando el muro con una cubierta ligera en el exterior y generando una capa de aire entre ambos para la libre circulación del aire. Esta técnica es también conocida como *doble piel*. En este caso también se utiliza aislante térmico y debe ser colocado en la cara exterior del muro interior para que lleve su función adecuadamente. Los muros pueden ser cubiertos con una piel de zacate, o palma tipo palapa, y dejando una cámara de aire entre la piel y el muro; otra opción es formar una celosía de barro recocido, concreto aligerado, algún tratamiento con madera, aluminio o PVC tipo louver; o bien cubrirse con vegetación.

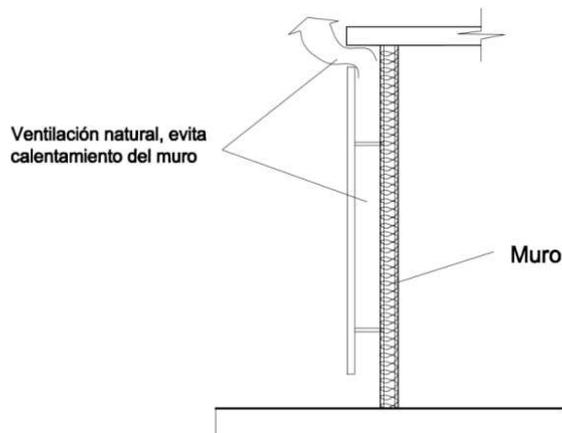


Figura 21: Muro ventilado.
Elaboró: ASK.

- Masa térmica en muros:

Cuanto más grueso y más poroso sea el muro, la onda de calor tardará más en llegar al interior, lo que contribuye a estabilizar la temperatura. En el Caribe Mexicano existen empresas que fabrican blocks de distintas medidas, siendo los más recomendables los blocks huecos de 20 y 29 cm de espesor, para minimizar el calor que irradia al interior. El aislante térmico se coloca en la cara exterior del muro. En la arquitectura vernácula se utilizaba el estuco. Utilizando este material podemos dar textura y masa térmica en los muros, incluso volverlos escultóricos formando figuras y relieves.

- Muros verdes o vegetales:

Son muros de cultivo por medio de hidroponía, es decir, las plantas que en él habitan no necesitan tierra, los minerales que de ella se extraerían son suministrados por medio del agua con que se riegan. Estos muros pueden implementarse en interior y exterior, para efectos de protección para evitar el sobre calentamiento en fachadas. Los muros verdes o vegetales se implementan en exteriores, en la piel del edificio.

Los muros verdes pueden ser de distintos tipos, pero lo que debemos tomar en cuenta es el sistema de riego, el tipo de vegetación a utilizar y la estructura. Los tres aspectos son de suma importancia para asegurar que el muro funcione adecuadamente. Actualmente existen empresas que

comercializan los paneles prefabricados para el desarrollo de estos muros, pero también es posible desarrollarlos directamente en obra.

Un método para elaborar el muro verde consiste en una estructura de acero fijada al muro separada un mínimo de 15 cm para permitir la circulación del aire y evitar que traspase la humedad al muro y posteriormente al interior. Se fijan placas de PVC o fibra de vidrio a la estructura y sobre éstas, se coloca fieltro o fibra de coco para que las raíces puedan fijarse al plano vertical. El sistema de riego consiste en una red de mangueras multi-perforadas situadas en la parte superior del muro y en posición horizontal donde el agua caerá por gravedad. La distribución y el diseño del sistema de riego, así como los nutrientes para el agua dependerán de las especies vegetales y de las dimensiones del muro verde. Se recomienda que consulten a una empresa especializada en sistemas de riego para diseñar la mejor distribución en base al proyecto específico. Finalmente, se debe contemplar una canaleta o dispositivo receptor de agua en la parte inferior del muro para recibir el agua y posteriormente reutilizarla, o bien, diseñar una jardinera al pie del muro.

El diseño del elemento y la definición del tipo de plantas deberán ser realizadas coordinadamente entre el arquitecto paisajista, el biólogo, el herrero estructurista, y el arquitecto, para determinar las mejores opciones de acuerdo al concepto arquitectónico.



Figura 22: Estructura de Muro verde.
Elaboró: ASK-MMD.

7.2.11 Iluminación natural

En el Caribe Mexicano contamos con un aproximado de 300 días soleados al año, lo que permite diseñar espacios con iluminación natural directa y reducir el consumo de energía eléctrica.

Los métodos básicos para lograr la iluminación natural son:

- Galerías acristaladas.
- Porches con acristalamiento.

- Invernaderos.
- Patios interiores.



Figura 23: Ejemplos de iluminación natural.
Fuente: Dominio Web

Sin embargo, estos métodos de captación de luz para el interior muchas veces implican también el calentamiento del espacio, y en nuestro caso el *efecto invernadero*, que se provoca si no hay una ventilación adecuada. Es por ello que se recomienda consultar los métodos de *protección de las aberturas o vanos* y el tema de *selección de vidrios* citados en este capítulo.

Existen otros métodos de iluminación natural que permiten disipar las ondas de calor y obtener solo la iluminación natural. Esto es, obtener iluminación por medio de superficies reflectantes, o bien, teniendo la luz matizada a través de celosías, vegetación o cubiertas.

Para esto también podemos mencionar:

- Conductos de luz, que son tubos de material altamente reflectante que conducen la luz desde la techumbre hasta el lugar deseado. En la zona del Caribe Mexicanos ya existen proveedores de este tipo de tecnologías que incluso mezclan los conductos con un foco convencional, preferentemente ahorrador, para que la misma salida que suministra luz durante el día, suministre luz durante la noche. Los diseños, la calidad y la eficiencia varían dependiendo de la distancia a la que se debe conducir la luz, y el sistema que se desea implementar.

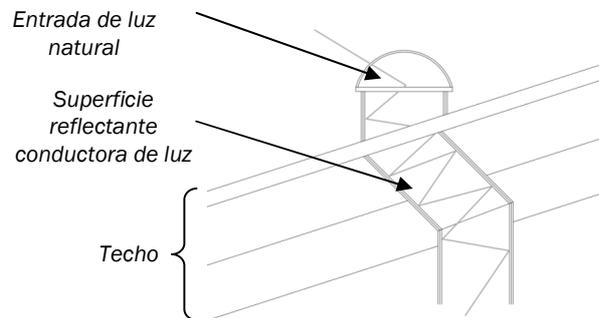


Figura 24: Conducto de luz natural.
Elaboró: ASK.

De igual forma se recomienda reducir la pérdida de iluminación entre los espacios interiores como en el caso de oficinas, mediante el uso de: muros bajos para que la luz pueda llegar a todas las áreas requeridas, utilizar colores interiores claros que permitan la reflectancia de la luz, y proveer vanos de iluminación en la fachada norte donde hay poca incidencia solar pero un buen nivel lumínico durante la mayor parte del día.

Es recomendable considerar los índices de luminosidad y detectar como se comportará la iluminación para evitar problemas de deslumbramiento, lo cual puede resultar molesto. Esto sucede cuando la iluminación es directa y no uniforme en su distribución.

7.2.12 Confort acústico

El confort acústico consiste en el control del ruido que pudiera llegar a ser molesto tomando en cuenta dos aspectos: absorción y aislamiento.

La primera recomendación es detectar las fuentes sonoras que pudieran afectar las actividades de los usuarios. Una vez detectadas, podemos determinar las estrategias. Si la fuente sonora es externa, podemos actuar con medidas para absorber el sonido, es decir, colocar alguna barrera acústica para absorber los sonidos emitidos. En el caso específico del Caribe Mexicano, la principal fuente sonora externa que afecta el confort son las vialidades.

Para este caso, la solución factible es la implementación de barreras vegetales y en caso necesario, la colocación de pantallas o barreras acústicas que se colocan entre el emisor y el receptor. Esta acción, es recomendable solo para casos donde por cuestiones de espacio no es posible dejar una barrera vegetal natural suficiente para aminorar el ruido; en tal caso se recomienda que para cuestiones de integración al entorno, se respete al máximo la vegetación o bien se *esconda* la barrera entre esta, dejando pasos específicos que permitan el libre tránsito de la fauna local. Para la implementación de la barrera es necesario considerar: el diseño, ubicación, factores ambientales y sonido, con relación al proyecto.

Existe otra forma de contrarrestar la contaminación acústica de manera particular como en el caso de las habitaciones en los hoteles, que consiste en el uso de aislantes acústicos para evitar que el sonido pase de un área a otra. Para ello existen diferentes tipos de materiales que ayudan a absorber las ondas sonoras. Existen aislantes acústicos hechos de neumáticos reciclados, aunque dentro de los más utilizados el más recomendable es el de lana de roca. Este tipo de aislante es excelente para absorber las ondas de sonido, es térmico e ignífugo, además de ser el que genera el menor impacto al medio ambiente.

En los apartados anteriores hemos mencionado las soluciones pasivas para lograr el confort en el interior de las edificaciones en el Caribe Mexicano. Sin embargo, en ocasiones, determinadas épocas del año y determinados horarios estas soluciones no son suficientes; cuando eso sucede se debe recurrir a sistemas mecánicos o activos, tal como el aire acondicionado o la iluminación artificial. Para ello se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones a fin de lograr el equilibrio entre las soluciones pasivas y las mecánicas o activas.

Se debe considerar:

- El equilibrio entre el vano y macizo. Recordemos que las partes débiles de un edificio son las áreas abiertas y ventanas por las ganancias térmicas que representan.
- Verificar los sistemas de cierre de los vanos y puertas para evitar la pérdida del aire enfriado por el aire acondicionado.
- Considerar la altura de los plafones: entre más alto sea el espacio habrá una mejor circulación del aire interior, pero habrá un mayor volumen a enfriar y por lo tanto mayor consumo energético.
- Selección de equipos de eficiencia inteligente.
- Contar con un sistema de monitoreo de temperatura y humedad interior para poder determinar cuándo será necesaria la entrada de sistemas mecánicos o activos.

7.3 Paisajismo

7.3.1 Integración al entorno natural y construido

El valor del paisaje de un destino turístico está conformado por el entorno natural y el entorno construido. El entorno natural representa las riquezas naturales del sitio, flora, fauna, topografía, clima. Por otra parte, el entorno construido está conformado por edificaciones, en el caso de la Riviera Maya por desarrollos turísticos hoteleros, y el resto del área urbana no turística que constituye el centro de población asociado al proyecto. Dichos aspectos colaboran en el mantenimiento de la calidad del destino turístico y su vocación original.

Cada proyecto turístico por sí mismo tiene un valor propio, pero además el entorno natural y construido tienen un impacto en el valor económico del proyecto: ya que pueden tanto incrementarlo como disminuirlo, por lo que la visión del conjunto y el cuidado de selección del sitio y su entorno es

muy importante, especialmente cuando el proyecto se sitúa en un contexto cuyo principal atractivo es su entorno natural.

El Caribe Mexicano, presenta ciertas particularidades medio ambientales, ya que constituye un hábitat con una gran riqueza y diversidad de ecosistemas, mismos que al integrarlos apropiadamente, representarán un beneficio:

- Al aprovechar el entorno natural y construido en el proyecto, se pueden acceder a segmentos de mercado más exigentes sobre la calidad del destino, pero dispuestos a pagar por ello; se actúa positivamente sobre el valor económico del proyecto.
- La esmerada planeación y diseño de la imagen de los proyectos turísticos, y el cuidado permanente sobre su entorno natural y construido tiene un impacto directo y real sobre el valor de la tierra y las construcciones; esto es particularmente importante si se trata de un proyecto con un componente inmobiliario-turístico alto. Atender o descuidar estos aspectos repercutirá directamente en las operaciones y rentabilidad del nuevo desarrollo.
- Si se lleva a cabo un buen análisis e integración de todos los elementos necesarios a considerar, los procedimientos de autorización serán más fluidos y sin complicaciones.

No tomar en cuenta el entorno representa un gasto innecesario en la inversión, es decir, cuando no conocemos el sitio de emplazamiento ni las características topográficas, ambientales y el tipo de suelo, por mencionar algunas, puede representar un gasto económico innecesario al querer reparar errores estructurales, por ejemplo. Lo mismo sucede con los consumos de energía eléctrica, agua y combustibles durante la operación, debido a que podemos aprovechar las condicionantes ambientales para traducirlas en un beneficio durante todo el periodo de vida de la edificación, ya que estos beneficios son tan permanentes como las condicionantes ambientales.

Al mismo tiempo es importante conocer el entorno construido, de lo contrario, se corre el riesgo de estar por debajo de los estándares de calidad en materia de imagen urbana y arquitectónica, ya que el desarrollo turístico debe contar con una calidad equiparable o superior a lo ya existente; nunca por debajo del estándar vigente.

Para desarrollar adecuadamente un proyecto turístico, al menos hay que considerar las siguientes actividades:

- Visitar el sitio y realizar estudios de diagnóstico y caracterización ambiental, dirigidos a documentar las condiciones ambientales de la zona de interés que permitan conocer la situación actual de fauna, vegetación, características fisicoquímicas y biológicas¹⁰.

¹⁰ Sobre estos estudios se habla más en el capítulo 2 y 4 de esta guía, y en el capítulo 5 encontraremos los trámites para la realización de los estudios que marca la legislación según la ubicación del proyecto.

- Detectar las características del entorno construido, en lo particular se considera el entorno inmediato, es decir, las construcciones circundantes; y en lo general, el centro de población donde se ubica el proyecto o el más próximo, así como las vías de comunicación. Entre los aspectos a considerar dentro del análisis del paisaje construido (edificaciones circundantes), se encuentran los siguientes: Alturas, Materiales, Colores y Uso.
- Detectar ecosistemas donde existan especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001¹¹, o especímenes de fauna de difícil desplazamiento, en cuyo caso los responsables deben contar con una estrategia de rescate y reubicación validada por la SEMARNAT.
- Identificar y conservar la estructura, diversidad y composición de la flora y fauna del ecosistema.
- Realizar construcciones responsables, que incluyen arquitectura bioclimática, domótica, una adecuada caracterización ambiental¹², entre otros aspectos que los estudios correspondientes arrojarán en sus resultados.
- Utilizar estructuras de delimitación que permitan el libre tránsito de fauna a través de los límites del terreno, permitiendo la continuidad de los procesos naturales.
- Integrar el ecosistema como escenario natural del proyecto, mediante el uso de conocimiento y técnicas locales tales como el socoleo¹³. El resultado de esta técnica genera espacios abiertos mediante la remoción de la maleza y vegetación seca, reforzando dichos espacios con elementos vegetales nativos y propios de la región. Esta técnica además de aprovechar la vegetación local permite reducir costos debido al bajo mantenimiento requerido.

En los siguientes documentos se puede obtener información detallada y de interés relativa a los temas comentados:

- *Normas Prácticas para el Desarrollo Turístico de la Zona Costera de Quintana Roo, México*¹⁴.

¹¹ Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental- Especies nativas de México flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.

¹² Caracterización ambiental se define como un proceso de búsqueda de información, que permite identificar los problemas ambientales y sus causas, a partir de necesidades, potencialidades y recursos en una realidad concreta en sus aspectos naturales, socio-económicos, culturales y educacionales.

¹³ Técnica de limpieza de terreno que consiste en raspar la capa superficial del suelo para eliminar las malezas; el objetivo de esta técnica es la conservación de la humedad del suelo.

¹⁴ Se precisa que por regla general un destino turístico bajo la forma de una franja o zona hotelera está asociada a un centro de población inmediatamente colindante, que constituye la porción de mayor extensión de la ciudad, pero dedicada a las actividades no turísticas que conforma el entorno construido, tales son los casos de Cancún, Cozumel, Playa del Carmen y Tulum, en el Caribe Mexicano, y en muchos otros destinos turísticos principales de México, por ejemplo Acapulco y Los Cabos. Sin embargo debe precisarse que la mayor parte de la Riviera Maya se trata de una franja turística fuera de las ciudades, Molina, Concepción; Rubínoff, Pamela; Carranza, Jorge; Amigos de Sian Ka'an A.C., Centro de Recursos Costeros, URI, 1996.mpe la regla anterior, y por ende su valor paisajístico está constituido primordialmente por el agrupamiento de la infraestructura hotelera y en su entorno rural o semirural inmediato.

- Sustainable Hotel Siting, Desing and Construction¹⁵.
- Norma Mexicana PROY-NMX-AA-133-SCFI-2006, Requisitos y especificaciones para obtener certificado de sustentabilidad del ecoturismo.
- Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-157-SCFI-2010, Requisitos y especificaciones de sustentabilidad para la selección del sitio, diseño, construcción, operación y abandono del sitio de desarrollos inmobiliarios turísticos en la zona costera de la Península de Yucatán.
- Certificación LEED.
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS).
- NOM-059-SEMARNAT

7.3.2 Principios de diseño de paisaje

De acuerdo con Jan Bazant, diseñador urbano, autor del *Manual de Diseño Urbano*¹⁶ y profesor-investigador de la UAM-Azcapotzalco, los lineamientos para las zonas cálido-húmedas, aplicables al Caribe Mexicano, son las siguientes:

- a) Se recomienda conservar y reforzar los ecosistemas naturales, preservar las zonas ecológicas frágiles y vulnerables a la urbanización, así como proteger zonas susceptibles de erosión eólica o de lluvia.
- b) Es conveniente describir y valorar los elementos naturales más importantes del paisaje para manejarlos de una manera racional haciéndolos compatibles con elementos artificiales (edificaciones), buscando una relación visual más armónica de esta unión.
- c) Se deberán respetar o adaptar elementos mayores del paisaje: ríos, llanuras, lagos, costas, etc., para localizar el desarrollo urbano, trazos de carreteras o ubicación de industrias.
- d) Se podrán modificar, sólo cuando sea indispensable, los elementos menores del paisaje para incorporar edificaciones dentro de la fisonomía del paisaje natural.

¹⁵ Sustainable Hotel Siting, Design and Construction, International Business Leaders Forum's Tourism Partnership and Conservation International's Center for Environmental Leadership in Business, *Conservation International* CI, The Prince of Wales *International Business Leaders Forum* IBLF, 2005.

Para efectos de brevedad en el texto de la Guía, en lo sucesivo se utilizarán las denominaciones abreviadas de *Normas Prácticas y Sustainable Hotel* para referirnos respectivamente a cada publicación.

¹⁶ Bazant, Jan. **Manual de Diseño Urbano**. Trillas. México. 2003.

e) Es necesario considerar los elementos del paisaje natural en la planeación y desarrollo de comunidades, buscando construir o reforzar su carácter e idoneidad, apoyándose en los naturales dominantes.

7.3.3 Manejo funcional de la vegetación

Asoleamiento. Se debe utilizar la vegetación para matizar las condiciones extremosas de asoleamiento. Es necesario interceptar el asoleamiento excesivo obstruyéndolo, mediante plantas de denso follaje, capas múltiples de vegetación o filtrando mediante plantas con follaje abierto, esto dependerá de la orientación de la fachada (ver apartado 7.2.5).

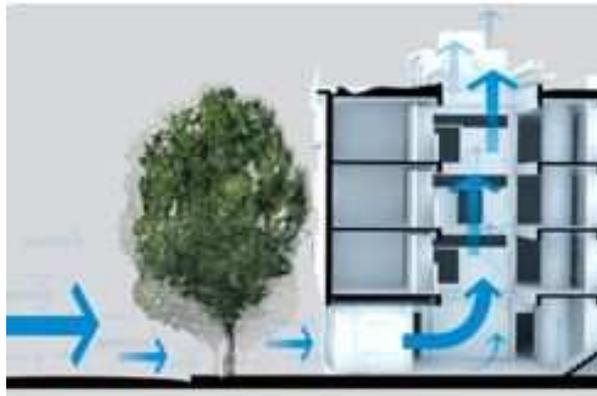


Figura 25: Uso de vegetación para matizar asoleamiento¹⁷.
Elaboró: EDIPREFA.

Lluvia. Para controlar la erosión del suelo es conveniente mantener la flora original, usando árboles, arbustos y pastos endémicos (Anexo V). Las raíces, cuando son fibrosas y superficiales se vuelven más efectivas. Al propiciar con la poda el crecimiento horizontal de las ramas, se evita que el agua escurra directamente sobre el tronco y erosione la base. Las hojas son capaces de absorber el agua y disminuir el impacto de las gotas de lluvia en la superficie. La textura rugosa de la corteza del tronco propicia el escurrimiento lento del agua. Los árboles ayudan a mantener un equilibrio entre la temperatura y la humedad al prevenir la evaporación del suelo a la atmósfera.

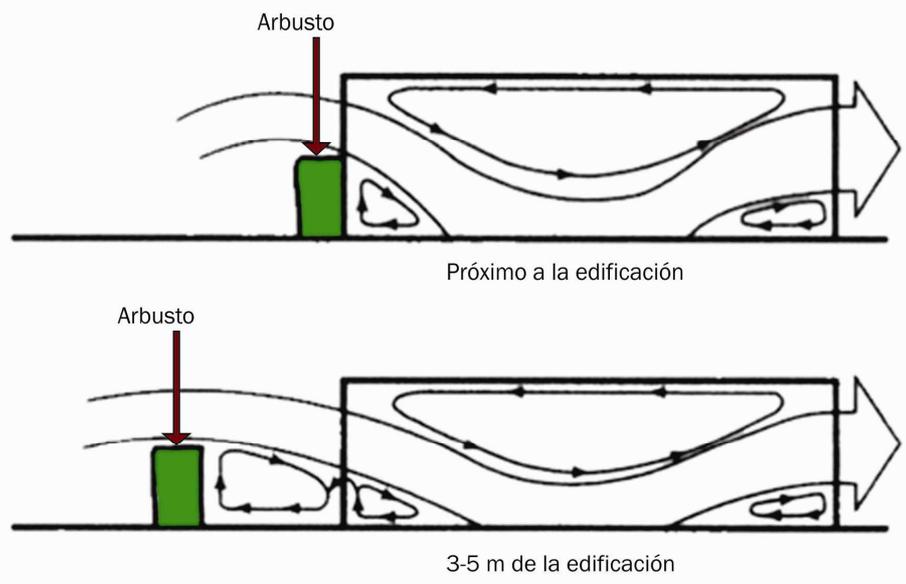
¹⁷ Revistaca,2008, <http://www.revistaca.cl/2008/04/edificio-%E2%80%9Cconsorcio-santiago%E2%80%9D-evaluacion-energetica-catorce-anos-despues/>



*Figura 26: Mantener la vegetación original evita la erosión del suelo.
Por: PRMM/ Dominio web.*

Vientos. Los vientos deben considerarse en dos sentidos: para climatizar los espacios exteriores y para matizar su acción. Los espacios exteriores se pueden climatizar y disminuir la fuerza del viento con el empleo de la vegetación:

- La altura de la barrera, que hace más extensa la zona de protección.
- La permeabilidad del viento, que depende de la densidad del follaje.
- El ancho de la barrera, que tiene influencia sobre el microclima en la zona interior de la vegetación.
- La longitud de las líneas de viento, que tienden a desviarse al centro o extremos de las barreras.



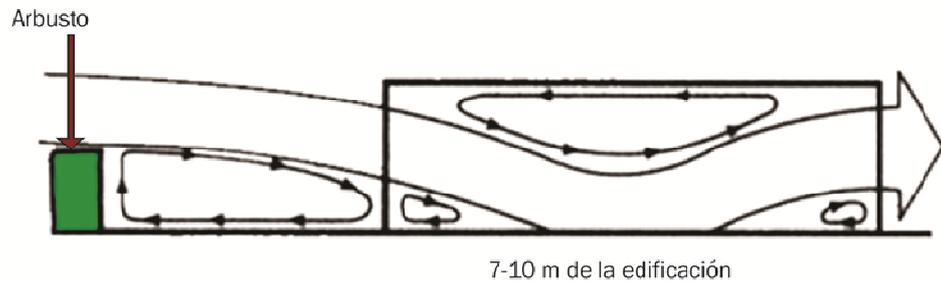


Figura 27: Arbustos como rompevientos¹⁸.
Elaboró: MEG.

- El empleo de la vegetación como rompevientos para reducir el daño producido por el viento, está en proporción a la altura de las plantas lo cual disminuye su velocidad: Un cordón de árboles densos puede reducir la velocidad del viento hasta un 70% de su velocidad inicial y propicia mayor protección en un área hasta 15 veces su altura. Un árbol de 10 m de altura ubicado a una distancia de 3-5 m de la edificación propicia que una parte del flujo pase al interior y otra fluya por fuera, perdiendo con ello velocidad el viento.
- La utilización de barreras vegetales espesas da una mayor protección del viento, pero causa un nivel de turbulencia más grande.
- La construcción de barreras vegetales ligeras, aunque disminuye los efectos de succión y turbulencia, también reducen la protección del viento.
- La utilización de hojas y follaje denso, como barreras, puede ser efectiva para controlar el movimiento del aire.
- El empleo de las ramas densas y bajas puede resultar efectivo para lo anterior.
- La utilización de los troncos en gran cantidad y proximidad ayudan a reducir la velocidad del viento.

¹⁸ Ibidem.

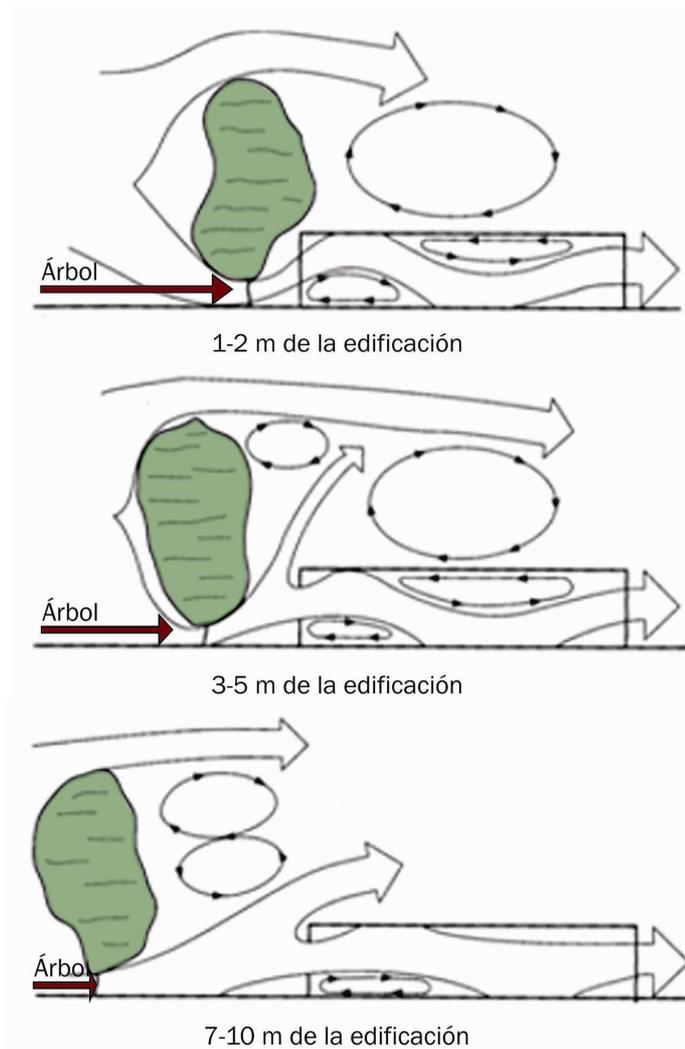


Figura 28: Árbol como rompevientos¹⁹.
Elaboró: MEG.

Topografía. Es recomendable respetar la forma natural del terreno y atribuirle funciones de acuerdo a sus cualidades. Habrá que evitar destruir la forma natural y el carácter original del paisaje. Se debe utilizar la vegetación para enfatizar o matizar aspectos de interés en el relieve del terreno, buscando determinada intencionalidad espacial. Si se cambian las especies y las alturas de la vegetación para modificar visualmente los relieves, se podrán acentuar sus características físicas, para lograr cierto efecto en el espacio.

¹⁹ *Ibidem.*



*Figura 29: Utilización del carácter original del paisaje.
Por: JARF. Vistas/Dominio web.*

Es conveniente considerar la topografía como un recurso natural del paisaje para enmarcar vistas, proveer privacidad y hacer que las superficies del terreno aparezcan fluidas y no obstruidas. Conviene aprovechar las cualidades de la topografía, para proponer desarrollos que se adapten a su contorno, enfatizando la cima y la continuidad del paisaje. Las pendientes menores, que tienden a la horizontalidad, tienen poco atractivo visual, por lo que habrá que añadirle un sentido espacial al paisaje a través del diseño del espacio.



*Figura 30: Enmarcamiento de vistas.
Por: LQ/Dominio web.*

7.3.4 Diseño de paisaje con bajo consumo de agua (Xeriscape)

El agua es uno de los recursos más preciados, por lo que es de vital importancia emplear estrategias y tecnologías para su uso eficiente, incluyendo el diseño de espacios interiores. Uno de los métodos más efectivos para conservar el agua en proyectos de paisajismo es la filosofía de Xeriscape, término que proviene de la palabra griega *xeros*, que significa seco. Este concepto promueve la conservación del agua a través de jardinería creativa.

La metodología integra 7 principios que orientan el diseño con bajo consumo de agua. Aplicándola en lugar de las tradicionales, el consumo de agua de riego se puede reducir entre el 50 y el 70%. Xeriscape no es un estilo de paisaje o de diseño de jardines, sino que es un concepto de conservación del agua que puede ser aplicado a diseños de cualquier estilo. Ofrece una forma de tener paisajes atractivos y habitables sin hacer uso excesivo del agua. Permite que las áreas de mayor uso y permanencia por las personas sean más frescas y hospitalarias, y que se invierta menos agua en las áreas donde pasan menos tiempo, pero sin que dejen de ser atractivas.

a) Planeación y diseño adecuados

La etapa de diseño de paisaje implica considerar las condiciones climáticas regionales y microclimáticas del sitio, topografía, condiciones del suelo y vegetación existente, para lo que se desarrolla una lista de actividades o programa con las instalaciones de apoyo que deben incluirse en el diseño. El siguiente paso es realizar un diagrama con las posibles localizaciones para las diferentes actividades del programa, identificando áreas de acceso y patrones de circulación. Finalmente, se utiliza esta información para hacer un plan que integre las plantas al esquema general y agrupe las plantas de acuerdo al consumo de agua para garantizar su uso adecuado.

Los xeriscapes pueden dividirse en zonas con diferentes requerimientos de consumo. Esta técnica se denomina hidro-zonas. La primera zona se llama oasis, es la que tiene el mayor consumo de agua y donde la gente pasará más tiempo. Un oasis recibe más agua por lo que es más fresco, y normalmente con más color, pero también requiere mayor mantenimiento.

Después del oasis se encuentra la zona de transición, con un consumo moderado de agua. Esta área contiene plantas que requieren riego menos frecuente y usualmente menor mantenimiento. Después está la zona de bajo consumo, que no requiere agua o solo riego poco frecuente con periodos prolongados de sequía.

La captación de agua de azoteas y andadores puede ser utilizada para reducir las necesidades de riego suplementario. Dado que este sistema requiere la conformación de pendientes y canales para conducirla, debe ser planeada dentro del proceso de diseño.

b) Análisis y mejoramiento del suelo

El segundo principio contempla analizar el suelo en relación a los niveles de nutrientes para definir acciones para mejorar su capacidad para sostener las plantas y retener el agua. El análisis permitirá determinar cuáles son las plantas que mejor se adaptan al sitio y cuáles son las mejoras que se requieren realizar para cada zona.

Las mejoras de suelo se deben realizar antes de plantar y de instalar el sistema de riego. Estas promueven la absorción del agua, aumentan la capacidad de retención del agua y el drenaje del suelo; además, permiten una mejor transferencia de oxígeno en la zona de la raíz.

Es importante señalar que el incremento en costo de la mejora de suelo redundará en ahorros posteriores por la reducción en el consumo de agua de riego.

En las zonas de oasis y de consumo moderado de agua utilizar composta²⁰ incrementa la capacidad de retención de agua del suelo, mientras que en las zonas de bajo consumo, la mejora podría consistir simplemente en aflojar el suelo para reducir la compactación producida por el proceso de construcción en las zonas de plantación. Este ejercicio mejora el desarrollo de las raíces y permite mejor infiltración del agua y aire que necesita la raíz, lo que es importante en todas las hidro-zonas. Sin embargo, la modificación del suelo promueve la germinación de las semillas de la maleza, por lo que hay que limitar las intervenciones a las zonas de plantación.

c) Selección de las plantas

El tercer aspecto de la metodología considera realizar una selección adecuada de la vegetación, dado que las plantas nativas o adaptadas requieren poco o nada de agua además del agua de lluvia. La selección del material vegetal debe considerar el uso de especies que sean nativas de la región (Anexo V).

Se puede reducir el consumo de agua mediante la preservación de comunidades de plantas existentes en el sitio, restablecimiento de plantas existentes, y con el uso de árboles de sombra para reducir los índices de evapotranspiración. Consultar el Anexo V que contiene las listas de plantas adecuadas al sitio.

d) Uso adecuado del césped

Se deberá usar el césped en forma racional, tanto por uso como por ubicación. El césped provee una superficie para uso recreativo; es un elemento importante para refrescar el ambiente, reducir la erosión y prevenir el reflejo del sol; aunque otras plantas pueden cumplir las mismas funciones. Se recomienda considerar cuándo y cómo se usarán las áreas de césped, para poder reducirlas al mínimo y determinar la mejor especie de césped para esos requerimientos, pudiendo ser un pasto resistente a la salinidad y/o de bajo consumo de agua.

Es mejor separar el césped de las plantaciones de árboles, arbustos, cubresuelos y flores para que se rieguen por separado. Se pueden sustituir zonas de césped por cubresuelos y cubiertas de paja o gravas que son más eficientes respecto al uso de agua. Es importante mencionar que el pasto no es una especie de la región.

e) Riego eficiente

El riego es necesario aún en un xeriscape, al menos durante los primeros años hasta que el sistema de raíces de las plantas se ha desarrollado. Después de que las plantas se han establecido, el riego podrá seguir siendo necesario dependiendo del diseño y de la selección de plantas. El oasis y las

²⁰ Desde la etapa de planeación es recomendable considerar una zona aislada y bien ventilada, para evitar que los olores afecten los lugares habitables, para hacer composta.

zonas de consumo moderado tienen la mayor necesidad de riego, pero será mejor considerarlo aún en las zonas de bajo consumo previendo nuevas plantaciones, cambios y épocas de sequía severa.

El sistema de riego, deberá ser un sistema inteligente, y es un elemento esencial del la planeación. Las hidro-zonas deben estar separadas entre sí y cada una debe manejarse independientemente. Con sistemas subterráneos, cada zona deberá tener su propia válvula.

El agua debe aplicarse eficientemente. Los sistemas de aspersores son apropiados en áreas de césped, pero los de goteo, burbujas, micro-aspersión son más apropiados para arbustos, árboles, y herbáceas, y todos estos sistemas son de gran eficiencia en el consumo de agua.

Se recomienda el uso de elementos de riego de bajo volumen, sistemas de riego zonificados, sensores de humedad, y apagadores de lluvia para reducir uso innecesario de agua. Se deberá programar el riego preferentemente por la tarde a partir de la puesta del sol para evitar pérdidas por la evaporación, también se debe considerar el uso de agua tratada siempre y cuando cumpla con la normatividad requerida²¹.

f) Uso de coberturas orgánicas e inorgánicas

El uso de coberturas permite una mayor retención de agua al minimizar la evaporación, reduce el crecimiento de maleza, modera la temperatura del suelo y previene la erosión. Las coberturas también crean interés en el paisaje.

La cobertura orgánica consiste normalmente en astillas de corteza, virutas y cáscaras de postes. La cobertura inorgánica incluye piedras y gravas de diferente tipo. Se puede colocar directamente sobre el suelo o sobre una tela de trama abierta, evitando el uso de tela plástica o impermeable debajo de las áreas con cobertura.

Algunas plantas nativas adaptadas a suelos muy bien drenados crecen mejor con coberturas de grava, pero las coberturas de roca pueden calentarse demasiado y dañar algunas plantas. Para evitarlo, la cobertura deberá ser sombreada por plantas que refresquen el ambiente.

El uso de cobertura de grava sin otros elementos de paisaje puede incrementar los gastos de enfriamiento por aire acondicionado además de requerir mayores esfuerzos para el control de malezas.

g) Mantenimiento

Un mantenimiento adecuado asegura que el paisaje se mantendrá en condiciones ecológicas y estéticas adecuadas. Significa reducir desperdicios, lograr un paisaje duradero y saludable, y prevenir reparaciones costosas al sistema de riego.

²¹ Para mayor información consultar el apartado 7.6.5. inciso b de este capítulo.

Es importante considerar que cualquier jardín requiere algún mantenimiento: podas, remoción de basura acarreada por el viento, retiro de malezas, manejo de plagas, revisión del funcionamiento y ajustes estacionales al sistema de riego, entre otras cosas.

7.3.5 Microclimas

Cada región tiene su propio clima, y dentro de éste es común que se genere un clima ligeramente distinto debido, muchas veces, a las modificaciones del entorno, generando así un microclima.

De la misma manera en que una ciudad modifica un clima al alterar las condiciones normales del entorno generando un microclima, es posible que dentro de nuestros predios, en este caso, del desarrollo turístico, pueda generarse otro pequeño microclima, es decir, por medio de vegetación y permitiendo la permeabilidad del suelo, es posible generar un entorno distinto al que nos impone las condiciones del lugar, haciendo más agradable el espacio.

El apartado anterior (paisajismo) menciona diferentes posibilidades para crear microclimas con vegetación de la región y en el anexo de *vegetación de la región* de este capítulo se presentan las diferentes especies que se pueden integrar al nuevo paisaje y generar un microclima que ayude al mejor funcionamiento de las edificaciones ofreciendo espacios más confortables y agradables para las personas que los utilizan.

Recomendaciones para generar un microclima:

- Utilizar vegetación para sombrear las edificaciones, jardines y pasillos exteriores.
- Utilizar espejos de agua para templar la temperatura del viento.
- Evitar las superficies masivas de concreto/pavimento para reducir las *islas de calor*.
- En pasillos, estacionamientos explanadas, etc. incluir superficies de materiales permeables para permitir la recarga del acuífero.

Es importante mencionar que para que un microclima funcione, éste debe incluir especies y características del clima de la zona de emplazamiento. Pues de no ser así, el microclima podría no funcionar y representaría un gasto innecesario, contrario a lo que se busca con esta recomendación.

Para conocer más sobre las características naturales del Caribe Mexicano se recomienda consultar el capítulo 3 de esta Guía e incluir las recomendaciones sobre el paisaje, erosión y bioclimática de este capítulo.

7.4 Erosión

El tema erosión dentro de ésta Guía es de suma importancia, debido a la problemática que se ha presentado en las playas en el Caribe Mexicano. Si bien el término erosión se refiere al proceso de sustracción o desgaste del relieve del suelo, por acción de procesos geológicos exógenos como las

corrientes superficiales de agua o hielo glaciario y el viento, también está relacionado con la acción del ser humano. Tal es el caso de las costas del Caribe Mexicano. La problemática planteada en esta zona, nos muestra las deficiencias en la planeación, diseño y construcción de las edificaciones.

Como lo menciona el Dr. J. Alfredo Cabrera Hernández, experto en Manejo *Integrado de la Zona Costera* (MIZC), el proceso de erosión es un fenómeno natural, sin embargo, la acción directa del hombre acelera el proceso deteriorando el ecosistema. En las costas del Caribe tiene que ver en gran medida con la ubicación de las edificaciones.

7.4.1 Erosión costera

Se entiende por erosión costera la modificación (retroceso) de la línea de costa preexistente con la consiguiente pérdida de sedimentos.

Los cambios en la forma de la playa a través del tiempo se deben a que las olas incrementan su altura y energía, llegando a lugares por arriba de su nivel promedio, a su regreso llevan consigo la arena (erosión) depositándola en la zona por abajo de la línea de marea (acrecencia); las olas moverán una vez más la arena localizada en la zona de aumento hacia afuera del mar para formar la berma y posteriormente la duna. Éste proceso es natural y en temporada de tormentas se acelera, provocando una pérdida de arena más considerable.

La erosión de la zona costera está dada por dos factores: naturales y provocados por el hombre. Los factores naturales tienen que ver con tormentas, déficit del ingreso de arena y aumento del nivel del mar. Los provocados por el hombre están relacionados con las construcciones sobre la duna, dragados de arena, división de ríos, rigidización del borde costero y modificación de la hidrodinámica del mar (espigones).

En el Caribe Mexicano, el fenómeno de la erosión de playa es una realidad, pero existen medidas de implementación para aminorar y controlar el proceso de erosión. Se nombrarán *medidas generales* a las de ámbito colectivo y *medidas particulares* a las que se pueden implementar de manera localizada en el predio de intervención.



Figura 31: Erosión de playas en Cancún.

Por: ASK-ECV.



Figura 32: Erosión de playas en Cancún.
Por: ASK-ECV.



Figura 33: Erosión de playas.
Por: ASK-JCGS.

7.4.2 Medidas generales

Estas medidas afectan directa e indirectamente al proyecto turístico, es decir, la erosión se presenta de manera generalizada y es así como ejerce su afectación. El desarrollo, modificación y las prácticas constructivas que llevan a cabo los proyectos turísticos afectan al predio en particular y la suma de estas afectaciones contribuye a la erosión de la zona costera. Bajo este contexto es que las *medidas generales* son indispensables para lograr un adecuado y benéfico manejo integral de las zonas costeras para salvaguardar el bien particular. Para ello debemos considerar:

- Normatividad
- Caracterización ambiental

- Análisis de la zona costera y su comportamiento
- Sistemas de monitoreo

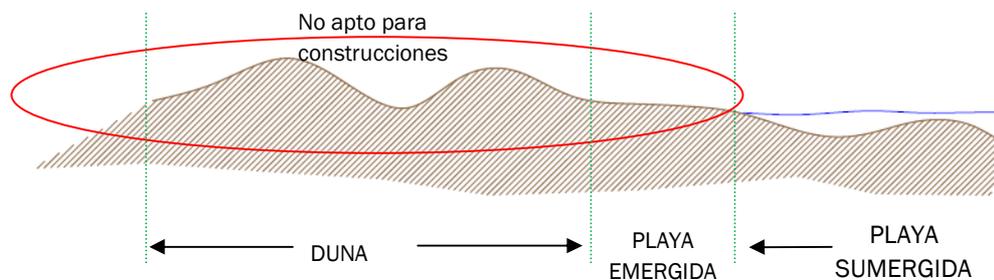
Considerando estos aspectos, podemos integrar medidas generales que aseguren la permanencia a largo plazo de la playa, de igual forma debemos considerar las medidas particulares para lograr el objetivo de manera integral.

7.4.3 Medidas particulares

Estas medidas afectan directamente al proyecto turístico y son de injerencia específica. La mala planeación y las malas prácticas operacionales de los desarrollos contribuyen a la pérdida de dunas y arena en las playas dejando vulnerables las edificaciones ante los embates de los fenómenos meteorológicos. Para ello debemos considerar:

- Ubicación de las edificaciones permanentes.

Las edificaciones permanentes representan un problema ante la erosión de la zona costera debido a la rigidez y masividad de las cimentaciones que contribuyen a la sustracción y al no depósito de nueva arena. Por otra parte, la duna es un ecosistema que contribuye a la estabilidad de la arena y permite la sinergia natural entre los demás ecosistemas costeros. Uno de sus beneficios es que representa una barrera de protección para la zona posterior a ella. Es por ello que las edificaciones permanentes deben ubicarse en la zona posterior a la duna, a una distancia que no afecte la dinámica natural de este elemento. Para ello se recomienda que se realicen estudios que determinen la distancia idónea (en razón de las particularidades del ecosistema) para evitar la afectación negativa de la duna y en el peor de los escenarios, la desaparición de ésta, lo cual contribuirá a la erosión de la playa y dejará desprotegidas las construcciones. Es de suma importancia que se conserve la vegetación existente tanto de la duna como la ubicada entre la duna y las construcciones (colchón de vegetación), y en caso necesario realizar la reforestación de esta zona; con ello se contribuye a la estabilización del suelo. Por otra parte, cuando posterior a la duna se presentan zonas de manglar o laguna de mar, la ubicación de las edificaciones permanentes será también, basada en un estudio que determine la distancia idónea que las edificaciones deberán conservar posteriores a estos ecosistemas. Para tener acceso a la playa se recomienda la construcción de pasarelas sobre pilotes preferentemente de materiales no permanentes (madera), de manera sinuosa.



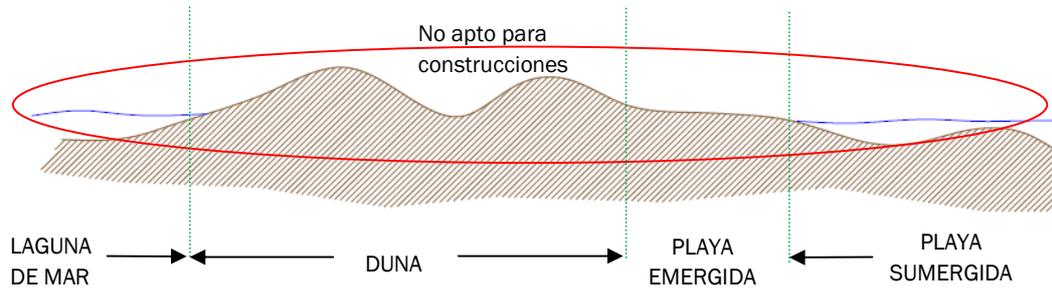


Figura 34: Esquema de dunas costeras.
Elaboró: ASK-MMD.

- Ubicación de las edificaciones no permanentes (temporales)

Las edificaciones temporales (no masivas), tales como, clubes / restaurantes de playa, módulos de toallas, etcétera, son áreas dentro de un proyecto que se pueden construir con materiales temporales que por sus características no presentan una resistencia considerable en la pérdida de la duna, pues éstos materiales son más flexibles y menos invasivos que el concreto.

- Tipo de construcciones

Los tipos de construcciones que deben considerarse para las edificaciones en la zona de playa deberán ser de tipo temporal, de fácil desmonte y limitarse a mobiliario (s sombrillas y módulos de toallas, etc.), o bien, tipo palafitos de materiales no permanentes. Para las edificaciones permanentes se deberán considerar los aspectos mencionados anteriormente en este capítulo.

- Equipamiento y mobiliario de playa

El equipamiento y mobiliario de playa, como palapas y camastros, deberá estar distribuido a lo largo de la zona de playa y disperso para evitar la erosión localizada por la concentración de objetos en una misma zona.



Figura 35: Palapas y camastros en playa.
Por: ASK-JCGS.

- Conservación de la duna y laguna de mar.

Tanto la duna como la laguna de mar son ecosistemas que sirven de amortiguamiento ante los embates de los fenómenos meteorológicos, por ello es necesaria su conservación. Para esto se recomienda en primera instancia, conservar la vegetación existente en la duna y contribuir a su cobertura vegetal para ayudar a su estabilización. Por otra parte la zona de dunas está considerada como zona inestable y debido a esto, en la mayoría de los programas de ordenamiento ecológico que rigen en el Caribe Mexicano para estas zonas, existen criterios que prohíben el desarrollo de construcciones permanentes y las restricciones.



Figura 36: Duna costera.
Por: ASK-MMD.



Figura 37: Duna costera y playa.
Por: ASK-MMD.

- Vegetación.

Es de suma importancia la conservación de la vegetación existente en la zona de la duna y su regeneración a fin de evitar la erosión acelerada.



*Figura 38: Vegetación de duna costera y Selva baja.
Por: ASK-MMD.*

Por otra parte la energía con que las olas se aproximan a la costa depende de la presencia o ausencia de estructuras arrecifales frente a ella, debido a que los arrecifes amortiguan la energía del oleaje, de ahí la gran importancia que ellos representan en el Caribe Mexicano.

A continuación se presenta la manera en que afecta la erosión costera a las edificaciones:



*Figura 39: Erosión en playas, Zona Hotelera Cancún.
Por: ASK-ECV.*



*Figura 40: Erosión en playas, Zona Hotelera Cancún.
Por: ASK-ECV.*



*Figura 41: Sedimentación y erosión costera (norte y sur respectivamente) generada por el muelle fiscal de Playa del Carmen.
Por: ASK.*



*Figura 42: Sedimentación y erosión costera (norte y sur respectivamente) generada por el muelle fiscal de Playa del Carmen (vista oblicua).
Por: ASK.*



*Figura 43: Exposición de material pétreo por erosión. Zona hotelera Cancún.
Por: ASK-ECV.*



*Figura 44: Oleaje en cimentación de las construcciones.
Por: ASK-ECV.*

7.4.4 Erosión de la selva

Los suelos del Caribe Mexicano se caracterizan por ser de escasa profundidad y estar desplantados por encima de una capa rocosa. Debido a esto los suelos son particularmente susceptibles a la degradación por erosión; por lo que la desaparición de la cobertura vegetal protectora los expone irremediablemente a este fenómeno.

Es importante mencionar que deben tomarse medidas de protección al terreno durante la preparación del sitio, ya que al remover la vegetación del sitio, el suelo se ve expuesto a la erosión debido a cambios climáticos (principalmente lluvia y viento, (ver apartado 7.3.4)). Para evitar este fenómeno de deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones durante la etapa de construcción:

- El desmonte será gradual, es decir, a medida que avance la obra se avanzará en el desmonte, esto con el fin reducir las áreas expuestas a los fenómenos del clima.
- Iniciar la obra inmediatamente después de haber hecho el desmonte del terreno.
- Una vez desmontado el terreno, mantener húmedo (riego) de manera moderada, ya que el exceso de agua puede deteriorar el suelo y provocar la erosión.

De igual forma es muy importante conservar la vegetación existente y remover solo lo estrictamente necesario para emplazar las edificaciones. Esto contribuirá a formar una cortina protectora del asoleamiento en las construcciones y al mismo tiempo a conservar la vegetación existente.

7.5 Eficiencia energética

La eficiencia energética es la obtención de los mismos productos o servicios con la mínima cantidad de energía requerida, es decir, llevar a cabo las mismas actividades con la mejor administración del consumo de energía. Ésta comienza con el uso de energía limpia, pudiendo ser autogenerada.

La importancia de la eficiencia energética sin duda, se ve reflejada en el ahorro económico. Las áreas de aplicación van desde lo más mínimo, como la selección de un foco, hasta la automatización de todo el sistema de iluminación, y la lista es mucho más larga pues abarca cada una de las áreas donde se utiliza energía eléctrica, en este caso, todas las áreas de un desarrollo turístico.

En el Caribe Mexicano llegamos a experimentar temperaturas y humedades extremas, en cuyo caso es necesaria la aplicación de mecanismos enfriadores de carácter activo, por ejemplo los sistemas de aire acondicionado. Por otra parte, es necesaria la utilización de sistemas de iluminación y calentadores de agua. Por eso es recomendable el uso de energía alterna y aparatos de alta eficiencia y bajo consumo, tales como celdas solares, calentadores solares de agua y fuentes de energía renovable, en coordinación con la *Comisión Federal de Electricidad* (CFE), es decir, utilizar un sistema híbrido, donde se pueda consumir energía eléctrica suministrada por CFE y energía de autogeneración²².

En este capítulo hemos incluido el Anexo VI donde se muestra el rendimiento y el costo aproximado de los aparatos de consumo eléctrico convencionales en comparativa con sus análogos de eficiencia energética. Si bien los aparatos de bajo consumo representan un costo más elevado en la compra inicial, éstos garantizan un retorno de inversión a corto plazo, pues tienen una vida útil más larga y un consumo de energía menor. A continuación se presenta un ejemplo sobre las cualidades de focos incandescentes, fluorescentes (T5), Led y la iluminación natural:

- *Focos incandescentes*: Consumo 40 W, durabilidad 750 horas aprox. y un costo de \$1.00 USD aproximadamente. Son más económicos, sin embargo el 80% del consumo energético es transformado en calor y solo utilizan el 20% para iluminar. Al transformar el 80% en calor, representan uno de los mayores factores de ganancias de calor en el interior de las edificaciones, y por consecuencia incrementa la demanda en el consumo de aire acondicionado.
- *Focos fluorescentes*: Consumo 28 W, durabilidad 10,000 horas aproximadamente y un costo de \$15 USD aproximadamente. Esta alternativa es más conveniente, aunque la diferencia en costo parece significativa al inicio. Pero si se considera que la vida útil es 13 veces más larga, la diferencia en costo de compra se reduce considerablemente (a 2 dólares). Agregando el ahorro en el consumo de energía eléctrica de 12 W por cada hora que está iluminando y la reducción en mano de obra por instalar solamente una bombilla en lugar de los 13 incandescentes durante el ciclo de vida de la fluorescente, el costo adicional inicial se convierte en ganancia. El inconveniente de los focos fluorescentes es que contienen mercurio, lo cual es altamente contaminante si no se lleva a cabo un buen manejo cuando se rompen o son desechados. Para

²² En el capítulo 5 de esta Guía se menciona el trámite a realizar para este tipo de contrato.

ello se recomienda que al adquirirlos se contacte al proveedor para conocer el manejo de los desechos.

- *Foco Led*: Consumo 7 W, durabilidad 50,000 horas aproximadamente y un costo de \$50-70 USD aproximadamente. Ésta alternativa es de las más recomendables, el foco Led emite muy poco calor, es dimeable y su desecho no es tóxico.
- *Domo (iluminación natural)*: Consumo 0 W, durabilidad variable, y un costo de \$400-700 USD, aproximadamente. La mejor de las alternativas, el costo es relativo a la superficie; sin embargo, asegura una buena iluminación durante las horas de luz natural y la vida útil del sol. Es importante mencionar que para la incorporación de domos se debe tener una buena ventilación para evitar que se genere el llamado *efecto invernadero*²³.

Para cualquiera de estas opciones es recomendable la incorporación de sensores de luz y de movimiento sobre todo para áreas como pasillos y baños, así como la incorporación de sistemas de control de iluminación integral donde se implementa un *cerebro* a la iluminación que controla todo el edificio. Se pueden programar horarios e intensidades determinadas para hacer eficientes los consumos.

En cuanto al sistema de aire acondicionado podemos mencionar que para cuestiones de uso permanente es más recomendable el uso de un sistema de flujo variable que permite mantener encendido el compresor a baja velocidad y evita el encendido y apagado constante que representa el mayor consumo de estos aparatos. Sin embargo, la primera recomendación para lograr un ahorro energético es tomar en consideración en el diseño del proyecto, medidas de ventilación y sombreado pasivas (apartado 7.1).

Los edificios inteligentes incorporan lo mejor de ambas tecnologías (pasivas y activas) para volver eficiente de manera integral los consumos energéticos. El objetivo es satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores, implementando tecnología (electrónica e informática) para controlar y supervisar los elementos existentes por medio de detectores, captadores, sensores, monitores, etcétera.

7.5.1 Beneficios económicos del hotel inteligente

Para tener una idea de los beneficios económicos de un hotel inteligente, en la siguiente gráfica se ejemplifica el comportamiento de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

²³ Efecto Invernadero, se genera cuando las ondas de calor entran, a través de acristalamientos, en un sitio cerrado y no pueden salir por falta de ventilación, provocando temperaturas más elevadas que el exterior.

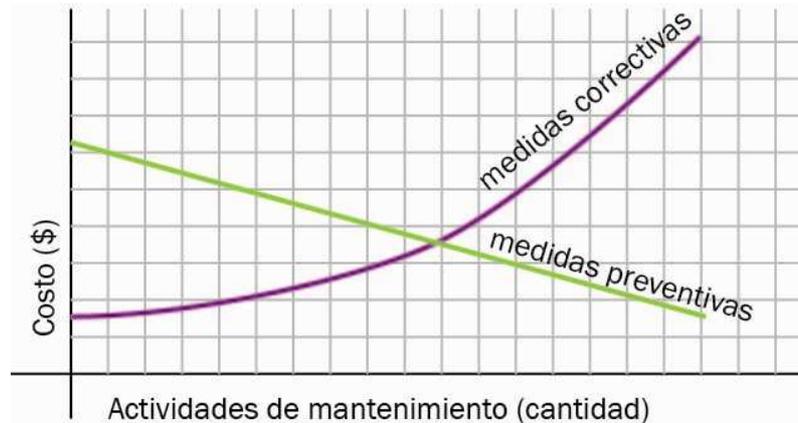


Figura 45: Esquema de comportamiento de costos de un edificio convencional vs inteligente.
Basado en esquema de FFH.

La línea de color verde representa el comportamiento del costo de mantenimiento preventivo cuando se consideró la implementación de sistemas inteligentes durante la planeación y construcción del proyecto, representando una mayor inversión inicial pero un costo bajo de mantenimiento. La línea en color morado representa el comportamiento del costo cuando no se ha previsto la implementación de sistemas inteligentes y se vuelve necesario tomar medidas correctivas durante la operación del edificio.

Como se puede apreciar, aunque el costo de inversión en sistemas inteligentes pueda ser importante dentro del monto de inversión, es sin duda la mejor opción para evitar gastos excesivos y correctivos durante la operación del proyecto turístico.

7.5.2 Aspectos inteligentes

El campo de aplicación de los sistemas de inteligencia en los edificios es muy amplio, sin embargo por cuestiones prácticas de la Guía éste apartado se centra en presentar las opciones más útiles para el ramo Hotelero. En México existe el *Instituto Mexicano del Edificio Inteligente* (IMEI²⁴), donde la mayoría de sus miembros son ingenieros mecánicos, eléctricos, de sistemas, civiles y arquitectos. Este Instituto IMEI está encargado de evaluar los grados de inteligencia de un edificio, que se realiza en función de los siguientes aspectos:

1. Eficiencia en el uso de energéticos y consumibles, renovables (máxima economía).
2. Adaptabilidad a un bajo costo a los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes y su entorno (máxima flexibilidad).

²⁴ Para mayor información consultar: www.imei.com

3. Capacidad de proveer un entorno ecológico interior y exterior respectivamente habitable y sustentable, altamente seguro que maximice la eficiencia en el trabajo a los niveles óptimos de confort de sus ocupantes según sea el caso (máxima seguridad para el entorno, usuario y patrimonial).

4. Eficazmente comunicativo en su operación y mantenimiento, y que funcione maximizando la predicción de eventos y su prevención (máxima automatización de la actividad).

El siguiente esquema presenta los elementos que integra un edificio inteligente:



Figura 46: Esquema de lo que integra un edificio inteligente²⁵.

Elaboró: FFH.

La aplicación de sistemas inteligentes se da en los siguientes sectores:

a) Gestión y ahorro de energía general

- Diseño térmico de la fachada, *piel del edificio* NOM-008-ENERG-2001,
- Sistema de Aire Acondicionado en equilibrio con mayor ventilación natural,
- Estrategia de operación perfectamente interpretada a través de un sistema de manejo del edificio (*Building Manager System*),
- Ingeniería mecánica moderna, lógica, confiable y de operación sustentable.

b) Manejo del agua

²⁵ Basado en la presentación del Ing. Felipe Flores Hernández. *Edificios inteligentes*, 1er Simposio sobre Planeación, Diseño y Construcción Sustentable en el Caribe Mexicano, Cancún, Q. Roo, 2010.

- Reciclado y tratamiento del agua,
- Uso del agua pluvial al máximo posible,
- Promover la cultura de no contaminar los drenajes,
- Equipos ahorradores y electrónicos,
- Muebles sanitarios limpieza y ventilación,
- Control de la potabilidad del agua,
- Programas de concientización al usuario.

c) Habitaciones

- Key cards (llaves de acceso y encendido por tarjeta),
- Sensores de movimiento (luz),
- Sensores de temperatura, equipos inteligentes de climatización,
- Sistemas de monitorización de emisiones de carbono, para evaluar las emisiones de carbono y concientizar al huésped, este dato se puede ligar a un programa de *mitigación de la huella de carbono* planteando las posibilidades para mitigar las emisiones generadas,
- Sistemas de *Check-in*, para adecuar las condiciones climáticas a la ocupación real de la habitación (bloqueada / no vendida/vendida/ocupada),
- Detectores de humo.

El campo de aplicación de sistemas inteligentes es cada día más extenso, sin embargo, los casos de aplicación para un desarrollo hotelero en el Caribe Mexicano deben considerar los siguientes:

- Seguridad,
- Gestión de la energía,
- Automatización de tareas,
- Formación, cultura y entretenimiento,
- Monitorización de salud,
- Comunicación con servidores externos,
- Ocio y entretenimiento,
- Operación y mantenimiento de las instalaciones.

d) Generación de energía alterna

- Calentadores de agua solares, para uso en piscinas, spa (jacuzzis), etc. Normalmente ubicados en los techos de las edificaciones, se recomienda consultar al proveedor para mayor información de acuerdo al proyecto (consumo y ubicación).
- Paneles solares: Existen proveedores locales que suministran este producto, si bien no es una alternativa que asegura cubrir el total de la demanda de agua caliente, si es una buena alternativa para cubrir algunos sectores de consumo. Se recomienda consultar al proveedor del servicio para hacer un estudio a fondo en base a las necesidades particulares.
- Generadores eólicos: Para determinar si es una opción viable, se recomienda hacer un análisis de vientos con el proveedor de este servicio a fin de determinar si la opción es viable.

Para cualquiera de las alternativas de energías renovables, se recomienda realizar un *contrato de interconexión* con la CFE, el cual consiste en instalar una fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña o mediana escala; si bien la CFE por el momento no está considerando este sistema a gran escala, se podría realizar a mediana escala considerando la posibilidad de modificarse posteriormente.

El sistema funciona de la siguiente manera: Se determina la capacidad de generación de energía de la fuente alterna a utilizar y cuando el consumo supera la capacidad de la fuente alterna, mediante un controlador, entra en operación la conexión de la CFE²⁶. Los usuarios no perciben este intercambio, pues el cambio de fuente eléctrica es de manera interna e imperceptible. De esta manera se contribuye a la generación de energía limpia y se reducen los costos, sobretodo en horarios pico.

7.6 Agua (consumo, tratamiento y reutilización)

El tipo de suelo en la zona del Caribe Mexicano es principalmente cárstico, constituido por rocas solubles de carbonato de calcio desgastadas por la acción y escorrentía del agua subterránea, dando origen a la formación de grutas, cuevas, hondadas, grietas, fisuras y cavidades de muy diversos tipos y tamaños. Estos suelos son muy permeables y generalmente contienen bajo su superficie grandes acuíferos llamados mantos freáticos²⁷.

En las costas de la Península de Yucatán, la lluvia se infiltra a través de la superficie de la roca porosa y baja a través de fisuras donde forma una distinta capa de agua dulce más fría y menos densa que se sitúa en la parte superior de la intrusión de agua salina. Este es el "lente" de agua dulce, y es generalmente más grueso hacia el interior de la Península de Yucatán, haciéndose cada vez más delgado al acercarse a la costa.

En total, se estima que por ese vasto sistema hidrológico subterráneo circula anualmente cerca de 200 mil millones de metros cúbicos de agua, procedentes de la lluvia que cae sobre el territorio peninsular.

Es importante mencionar que uno de los parámetros que permite evaluar la calidad del agua subterránea de acuerdo a su salinidad son los sólidos totales. De acuerdo a su concentración, las aguas subterráneas se clasifican en dulces (menos de 1,000 mg/l), ligeramente salobres (de 1,000 a 2,000 mg/l), salobres (de 2,000 a 10,000 mg/l) y salinas (más de 10,000 mg/l).

Para efectos del presente documento, es necesario distinguir las tres fases que conforma el acuífero subterráneo de la península de Yucatán: el lente de agua, interfase salina (también llamada haloclina

²⁶ Para mayor información consultar: www.cfe.gob.mx.

²⁷ "La península que surgió del mar" Juan José Morales, Biblioteca Básica de Yucatán, 2009, pág. 45.

o zona de mezcla) y el lente de agua salada, los cuales se identifican en base a perfiles de salinidad tomando como parámetro las concentraciones dadas características:

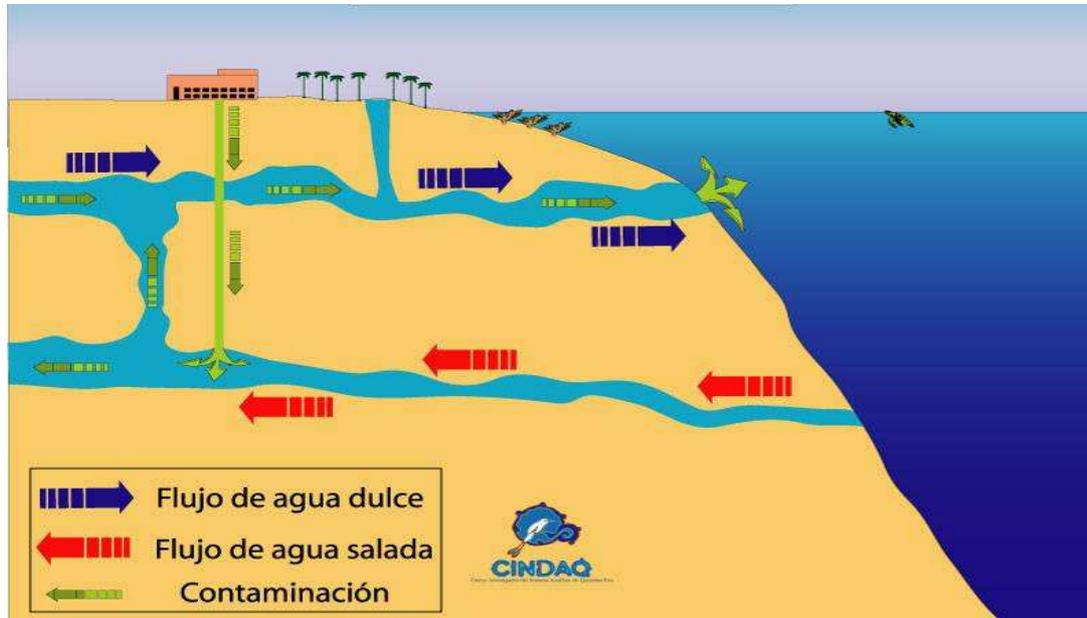


Figura 47: Ilustración del flujo de aguas y potencial de contaminación (CINDAQ).

Lo anterior es importante ya que dependiendo de las características de salinidad del agua, será necesario o no, un tratamiento previo que posibilite su aprovechamiento, además de definir los trámites necesarios con las autoridades correspondientes para su explotación o suministro.

7.6.1 Riesgos de contaminación

Los acuíferos del Caribe Mexicano (kársticos) se consideran particularmente sensibles a la contaminación por varias razones: La mayoría de las fuentes de contaminación tendrá un impacto más inmediato sobre la roca saturada del acuífero y no sobre los pasajes de cuevas que lo conforman, independientemente de si la contaminación viene de la superficie (coches, proceso de las fosas sépticas, vertederos de basura, etc.), o desde abajo, (bombeo de aguas residuales en los pozos de disposición). Esto significa que el contaminante migrará a través del sistema de roca a una velocidad dada en centímetros por día, sin embargo, una vez que el contaminante hace contacto con el agua, la velocidad será en kilómetros por día, tan rápido y de tanta extensión como el agua fluya dentro del sistema hidrológico. Este proceso puede tomar semanas o años antes de que el contaminante se haga evidente en el sistema de cuevas, cenotes, y manantiales de la costa. Además, la contaminación puede ser transportada a varios kilómetros de la fuente real. Estos factores espaciales y temporales hacen que la identificación de la fuente sea extremadamente difícil.

Una vez que el problema de la contaminación es evidente, también es muy difícil de remediar ya que grandes volúmenes del contaminante pueden haberse almacenado en la roca durante los años. Es

evidente que la prevención debe ser el enfoque de las decisiones de gestión de residuos, y no la remediación.

Existen dos problemas de contaminación de especial preocupación en el Caribe Mexicano. Uno de ellos, se trata de lixiviados sin control de los vertederos de basura que se encuentran normalmente en viejas canteras a menudo con menos de un metro de piedra seca, entre la basura y el acuífero. El otro problema son los aspectos relacionados con la disposición de aguas residuales, que a pesar del control que se trata de tener sobre ellas a veces son vertidas al subsuelo de forma directa y sin ningún tratamiento, lo que representa serios retos al desarrollo del turismo en la región.²⁸

7.6.2 Suministro de agua

La manera de suministro del agua necesaria para los desarrollos turísticos depende en gran medida de la ubicación de éstos (Ver Capítulo 5). A la fecha la cobertura de la infraestructura para el servicio de abastecimiento por parte del organismo operador, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), no abarca el 100% de la extensión territorial del Estado. Por lo anterior, existen dos opciones para contar con agua potable en los desarrollos turísticos.

1. *Conexión a la red de suministro de agua potable municipal.* Como se ha mencionado anteriormente, y de acuerdo a la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, los servicios públicos de agua potable y alcantarillado se encuentran a cargo de la CAPA. Sin embargo, en lo que se refiere a los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres, la concesión integral de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de ambos municipios fue concesionado en 1993 a Desarrollos Hidráulicos de Cancún (DHC), la cual usa como marca operadora “AGUAKAN”.

2. *Extracción de agua salobre.* En las zonas donde el organismo operador no cuenta con la infraestructura para el suministro de agua, la alternativa es la construcción de pozos de extracción de agua salobre. Para hacerlo es necesario solicitar un permiso ante la CONAGUA del Estado y tramitar posteriormente el Título de Concesión de los pozos de extracción que se construyan para explotar, usar o aprovechar aguas nacionales del subsuelo, en el cual se especificará el volumen de extracción permitido. Además incluirá el Permiso de Descarga de aguas residuales tratadas, el volumen autorizado y las condiciones particulares a las que estará sujeta la descarga, es decir, los límites máximos permitidos en las concentraciones de ciertos parámetros.

Para determinar la profundidad adecuada a la que deben ser construidos los pozos de extracción de agua salobre y los de descarga de aguas residuales, se deberán realizar estudios del sistema hidrológico subterráneo para identificar, mediante perfiles de salinidad, los lentes de agua dulce y agua salada, así como su zona de mezcla (agua salobre), ya que como se ha mencionado, la

²⁸ Basado en “An Introduction to the Yucatan Peninsula Hydrogeology”. Patricia A. Beddows.

extracción debe ser de agua salobre²⁹ y la disposición de las aguas residuales tratadas debe realizarse sobre el lente de agua salada.

7.6.3 Tratamiento de agua de abastecimiento

El tratamiento que el agua de abastecimiento debe recibir, depende del origen de ésta. Para el caso del agua suministrada por la red municipal, se trata de agua potable que ha recibido ya un tratamiento por parte del organismo operador. Sin embargo, y debido a que el agua de la región es considerada como un agua de tipo “dura” por su contenido de sales, en muchos casos es necesario aplicar un tratamiento de suavización para evitar incrustaciones de sarro y sólidos que pueden llegar dañar tuberías y equipos importantes para la operación hotelera, asimismo, no es recomendable utilizar ésta agua como agua de consumo para huéspedes, a menos que se verifique que su calidad cumple con las concentraciones de los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, *"Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización"*.

Cuando el agua de abastecimiento proviene de la explotación de pozos, es necesario que el agua reciba un tratamiento para hacerla apta para su uso y consumo, por su alto contenido de sólidos (las aguas salobres contienen de 2,000 a 10,000 mg/l).

La ósmosis inversa (ver Anexo IV) es probablemente el proceso más difundido aplicado a la obtención de agua dulce a partir de agua salada, el cual se lleva a cabo en membranas no porosas compatibles con el agua y que no dejan permear la sal a través de ellas. Su aplicación más extendida y con importancia creciente, es la producción de agua potable para consumo humano, con equipos de capacidades desde 4 l/día hasta 300,000 l/día. Sin embargo, no solamente es posible potabilizar agua salobre o de mar, sino también separar el arsénico, flúor, plaguicidas, fertilizantes y otros compuestos que hacen el agua peligrosa para la salud humana.

7.6.4 Uso y consumo

Los usos del agua en la operación hotelera abarcan desde el suministro de agua a los centros de consumo (cocinas y restaurantes), habitaciones (sanitarios, lavamanos, regaderas, jacuzzis), albercas, cabinas de spa, lavanderías, sistemas de riego de áreas verdes, sistemas contra incendios, etc. Esto implica grandes cantidades de consumo de agua que estarán relacionadas a factores como la categoría, el tamaño y las instalaciones de cada desarrollo; en todos los casos es indispensable que se planee desde un inicio la gestión y consumo razonable que permita mejorar la eficiencia del uso del recurso, mediante la implementación de Sistemas de Administración Ambiental y/o programas de

²⁹ La autoridad solicitará un certificado de aprovechamiento de aguas salobres, el cual consiste en un análisis de la cantidad de sólidos disueltos totales (salinidad) que deberá ser realizado por un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobado por la CONAGUA.

Buenas Prácticas Ambientales que incluyan acciones importantes y específicas durante la operación y que se pueden implementar en cada una de las áreas o departamentos de los desarrollos turísticos. Como ejemplo, la implementación de *grifos termostáticos*, los cuales tienen dos mandos, uno para regular el caudal y otro para la temperatura; de esta manera permite seleccionar la temperatura que se desea sin necesidad de desperdiciar agua esperando a que ésta llegue a la temperatura deseada.

7.6.5 Aguas residuales

La generación de aguas residuales es una consecuencia inherente a las actividades que se llevan a cabo desde la etapa de construcción y durante toda la etapa de operación del desarrollo turístico. Debido a las particularidades del sistema hidrológico subterráneo que se encuentra en la región del Caribe Mexicano, mismas que se han descrito anteriormente, y a los riesgos de contaminación potencial que el sistema presenta, se hace de suma importancia completar el ciclo integral del agua, el cual implica devolver el agua al ambiente natural, una vez que ha sido utilizada, en condiciones que ésta pueda ser reutilizada y no altere el equilibrio natural de los ecosistemas relacionados.

Para lograr lo anterior, es necesaria la captación de las aguas residuales generadas, en un sistema de alcantarillado que conducirá las aguas hasta su proceso de tratamiento previo a su disposición final y/o reutilización, de lo cual dependerá la normatividad a la que la descarga de agua residual tendrá que apegarse.

Nuevamente, dependiendo de la ubicación del desarrollo y de la infraestructura de recolección y saneamiento de aguas residuales con que el organismo operador cuenta en la zona, se hace necesario o no contar con una planta de tratamiento de aguas residuales propia.

a) Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo separar, concentrar o transformar todos los contaminantes que se encuentran en el agua residual, suspendidos o disueltos, con el fin de garantizar que su calidad cumpla con el marco normativo que rige su descarga y reutilización, así como la prevención de impactos al ambiente y a la salud humana.

La depuración del agua residual se lleva a cabo mediante una serie de operaciones unitarias secuenciadas, que en su conjunto se dan el nombre a las llamadas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Estas operaciones llevadas a cabo en la PTAR, permiten clasificar el tratamiento del agua residual, en base a dos criterios presentados en la siguiente figura:



Figura 48: Clasificación de los procesos de tratamiento de aguas residuales.
Elaboró: NAMH

De la primera clasificación basada en el tipo de elemento utilizado en el proceso, podemos distinguir los siguientes dos tipos de tratamientos:

- **Tratamientos biológicos:** Cuando el tratamiento es realizado por la acción de elementos vivos (microorganismos). Este tipo de tratamientos pueden a su vez clasificarse en tratamientos aerobios, anaerobios y facultativos, dependiendo del tipo de microorganismos con los que se estén trabajando.
- **Tratamientos físico-químicos:** Cuando lo que interviene en el tratamiento son productos químicos y/o factores físicos.

En cuanto a la clasificación basada en la ubicación de los procesos dentro de la PTAR, se derivan los siguientes tratamientos:

- **Pre-tratamientos:** Con la finalidad de separar sólidos gruesos.
- **Tratamientos Primarios:** Son procesos físicos y/o químicos que permiten la sedimentación de sólidos en suspensión, buscando reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO) en al menos un 20% y los sólidos suspendidos totales (SST) en un 50% como mínimo.
- **Tratamientos Secundarios:** Procesos que incluyen un tratamiento biológico con un proceso físico que implique separación de sólidos para clarificar el agua tratada por la acción de las bacterias del proceso anterior.
- **Tratamientos Terciarios:** Tienen como objetivo eliminar los contaminantes orgánicos difícilmente biodegradables, así como nutrientes minerales.
- **Desinfección:** Eliminación de bacterias patógenas y virus que no pudieron ser eliminados en las etapas previas del tratamiento.



Pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y desinfección
 Figura 49: Etapas del proceso de tratamiento del agua residual.
 Fuente: NAMH.

En la tabla que se muestra a continuación, se pueden observar los tipos de procesos y operaciones que implican cada una de las etapas de una planta de tratamiento de aguas residuales:

Etapas de Tratamiento	Tipo de Proceso de Tratamiento	Operaciones Unitarias	Objetivos
Pre-tratamiento	Procesos físicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cribado y tamizado • Dilaceración • Desarenado • Desengrasado • Homogeneizado 	Retención de gruesos flotantes. Reducción del tamaño de los sólidos. Separación de arena en suspensión. Separación de grasas y aceites. Homogeneizar la concentración y el caudal del agua residual.
Tratamiento primario	Procesos físicos y químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación • Flotación • Floculación • Neutralización 	Reducción de la DBO ₅ en al menos un 20%. Reducción de los sólidos en suspensión en un 50-85%.
Tratamiento secundario	Procesos biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos aerobios • Procesos anaerobios • Procesado de los residuos sólidos. 	El influente del tratamiento secundario debe haber reducido su DBO inicial en un 70-90% y los sólidos totales en un 90%.
Tratamiento terciario	Procesos físicos	<ul style="list-style-type: none"> • Filtración • Eliminación de contaminantes no biodegradables • Eliminación de nutrientes 	Separación de los contaminantes orgánicos no biodegradables y los nutrientes minerales.

		<ul style="list-style-type: none"> • Intercambio iónico • Tamizado • Separación por membranas • Oxidación avanzada 	
Desinfección	Procesos físicos y químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección química • Desinfección física 	Eliminación de microorganismos patógenos.

*Figura 50: Tabla de procesos y operaciones del tratamiento de aguas residuales
 (Adaptado de Funiber 2010). Elaboró: NAMH*

La selección del sistema de tratamiento adecuado a las características particulares de cada desarrollo turístico de la zona, estará generalmente influenciada por los siguientes factores:

- Calidad del agua residual de entrada y salida,
- Disponibilidad de terreno,
- Condiciones climatológicas,
- Condiciones topográficas y geotécnicas,
- Eficiencias de remoción requeridas,
- Costos de inversión, operación y mantenimiento,
- Requerimientos de energía eléctrica y químicos,
- Necesidad de personal especializado,
- Impacto ambiental,
- Normatividad ambiental vigente aplicable.

En lo que se refiere específicamente a los tratamientos de aguas residuales que por lo general se pueden encontrar en la zona, se trata de sistemas basados en procesos biológicos aerobios. Dentro de esta clasificación general se pueden encontrar las fosas sépticas, tanques Imhoff, reactores anaerobios, lagunas de estabilización, humedales, lagunas aireadas, zanjas de oxidación, lodos activados, filtros percoladores y sistemas de discos biológicos rotativos conocidos como biodiscos, sin embargo, los tratamientos más extendidos en la zona, son los tratamientos biológicos a base de lodos activados, debido seguramente a la simple y compacta instalación en comparación con otros sistemas biológicos, además de presentar costos de operación moderados.

Las variaciones que en un proceso de lodos activados se pueden encontrar, de acuerdo al flujo del agua residual, tiempo retención y aireación, al método de distribución de oxígeno, entre otros factores son las siguientes:

- Lodos activados convencional (flujo pistón)
- Estabilización por contacto
- Aireación decreciente
- Aireación extendida
- Mezcla completa,
- Sistema de oxígeno puro

Dentro de estos procesos, se puede encontrar además diversas tecnologías basadas en el mismo sistema biológico de lodos activados, que pueden mejorar el tratamiento y/o pueden ofrecer alternativas que les agregan ventajas competitivas entre unas y otras, como la reducción del espacio necesario para su instalación, la posibilidad de aumentar gradualmente la capacidad de tratamiento con sistemas modulares, el monitoreo satelital de la operación, garantías de las partes electromecánicas, cumplimiento con el marco normativo de calidad del agua, el tipo y materiales de construcción, posibilidad de reutilización del agua tratada producida.

Asimismo, existen en el mercado alternativas tecnológicas basadas en otros procesos de tratamiento o una combinación de éstos, como el tratamiento físico – químico y la floculación iónica, los cuales ofrecen buenos resultados en la calidad del agua tratada y posibilidades de reutilizar el agua producida. Permiten elevar el nivel de tratamiento del agua hasta alcanzar los estándares de calidad del agua más estrictos.

Sin embargo, es importante considerar diferentes factores (muy específicos en cada caso) a la hora de seleccionar el sistema de tratamiento de agua residual más adecuado para el desarrollo, como:

- los costos de inversión, operación y mantenimiento,
- la disponibilidad de terreno,
- el consumo de energía eléctrica,
- los productos químicos necesarios,
- la producción y tratamiento de lodos, y
- el personal especializado.

Todo lo anterior, sin perder de vista el objetivo principal del saneamiento, que es devolver el agua al medio ambiente con los más elevados estándares de calidad, evitando de esta forma el impacto al equilibrio ambiental que se pudiera generar en la zona.

Por otro lado, independientemente del sistema de tratamiento que se seleccione en base a los criterios y posibilidades muy particulares en cada caso, hay que tomar en cuenta que una correcta operación y un mantenimiento adecuado del sistema de tratamiento, es vital para lograr el objetivo

principal del saneamiento del agua, por lo que es siempre recomendable contar con personal capacitado para la supervisión de la operación y la realización de las actividades de mantenimiento que se requieran. Asimismo, el monitoreo periódico de la calidad del efluente producido, permitirá verificar el grado de cumplimiento del sistema con los requerimientos de calidad del agua (según la disposición final de ésta), además de proporcionar información sobre la eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento.

b) Disposición final y calidad del agua residual tratada

Para los casos en los que el desarrollo turístico este ubicado en un área dónde el organismo operador cuente con infraestructura de recolección (alcantarillado) y saneamiento (planta de tratamiento), la disposición de las aguas residuales podrá realizarse a la red de drenaje municipal, sin embargo, las características de la descarga de aguas residuales deberá cumplir con los requerimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

En lo que se refiere a las áreas donde no se cuenta con acceso a esta red de drenaje municipal, la disposición se realizará, con autorización de la autoridad correspondiente (CONAGUA), sobre pozos profundos de absorción o inyección. Como se ha mencionado anteriormente, la profundidad a la que deben ser construidos estos pozos dependerá de los estudios que se realicen para la identificación de los lentes de agua dulce, zona de mezcla y lente de agua salada. En estos casos, las características de la descarga de aguas residuales deberán dar cumplimiento a los requerimientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales, así como a las Condiciones Particulares de Descarga que se establecerán en el *Permiso de Descarga* expedido por la autoridad.

Asimismo, es importante mencionar que para los parámetros más importantes que se utilizan para determinar la calidad del agua residual tratada, existen otros límites máximos permisibles que se han establecido dentro de la NMX-AA-157-SCFI-2010, como los más favorables para garantizar la prevención de la contaminación del acuífero y nulos impactos en la erosión de las formaciones geológicas de la Península de Yucatán. Estos parámetros son:

Parámetro	Unidad de Medida
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	< 20 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)	< 50 mg/L
Nitrógeno Total (Nt)	< 10 mg/L
Fósforo Total (Pt)	< 1 mg/L
Grasas y Aceites	5 mg/L
Coliformes Fecales (CF) y/o Enterococos	Ausencia

Sólidos Suspendidos Totales (SST)	20 mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	No detectables (< 0.5 mg/L)
Toxicidad	Nula

*Figura 51: Tabla de Parámetros Básicos del agua para Servicios del Sector Turístico.
Elaboró: NAMH*

Cuando el agua residual tratada quiera ser reutilizada en otros servicios dentro de las instalaciones del desarrollo hotelero, como el riego de áreas verdes y campos de golf, abastecimiento de sistemas contra incendio, etc., su calidad deberá dar cumplimiento a lo establecido en el Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Es importante hacer notar que dando cumplimiento a los parámetros enlistados en la *figura 52*, se da cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos para estos parámetros dentro de las normas oficiales mexicanas mencionadas anteriormente (NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997), por lo que se recomienda considerar estas concentraciones para determinar y elegir los procesos más adecuado para el sistema de tratamiento de aguas residuales y que servirán para alcanzar estas metas. Asimismo, hay que mencionar que debido a que las concentraciones que se recomiendan son considerablemente bajas, el nivel de tratamiento de nuestro sistema tendrá que ser el más elevado posible (tratamiento terciario).

7.6.6 Separación de aguas grises y negras en el drenaje

Al hablar de aguas grises se refiere al agua residual de tipo doméstica que en su composición no contiene desechos humanos, si no que proviene generalmente de regaderas, lavabos y lavanderías. Este tipo de agua residual, posterior a un tratamiento relativamente sencillo, puede ser aprovechada para actividades que no requieren de agua de calidad potable, como en inodoros, riego de áreas verdes o para la limpieza de ciertas áreas. Así el aprovechamiento de las aguas grises reduce significativamente la demanda de agua potable y la cantidad de aguas residuales generadas, y al mismo tiempo se traduce en la necesidad de un sistema de tratamiento de aguas de residuales de menores dimensiones.

Sin embargo, comúnmente los sistemas de drenaje típicos no cuentan con una separación de aguas grises y aguas negras que contienen compuestos orgánicos provenientes de los desechos humanos, cocinas y restaurantes, etc., lo que significa que toda la generación de agua residual es recolectada en un mismo sistema de drenaje, sin importar el origen del agua, contaminando así las aguas grises e impidiendo su posible aprovechamiento.

Considerar desde las etapas de planificación y diseño de las instalaciones del desarrollo inmobiliario turístico, el ciclo integral del uso y reúso del agua mediante redes de drenaje que separen las aguas grises de las negras y la provisión de sistemas de aprovechamiento de las pluviales, ambas consideraciones resultan muy convenientes ya que permitirá una reducción en los costos de

operación de reutilización del agua al evitar tener que implantar posteriormente costosas soluciones de "tubería" para su viabilidad.

La reutilización de las aguas grises tiene ciertas ventajas:

- Menor consumo de agua potable.
- Menor estrés sobre las fuentes naturales de agua.
- Menor cantidad de aguas residuales que necesitan ser tratadas
- Ahorro de energía y químicos en el tratamiento.
- Aprovechamiento en el jardín y áreas verdes.

Actualmente, existen en el mercado diversas soluciones para la recolección, tratamiento y reutilización de las aguas grises, algunas de ellas permiten la reutilización por determinado número de ciclos del agua gris generada en el área de lavandería, es decir, el agua suministrada por primera vez, después de ser utilizada y recibir un tratamiento que consta básicamente de una serie de filtros, puede ser suministrada nuevamente por varios ciclos.

7.6.7 Agua de lluvia: captación y reutilización³⁰

Otra de las alternativas para el abastecimiento del agua necesaria para la operación de los desarrollos turísticos, es a través de la captación del agua proveniente de las precipitaciones pluviales que son abundantes en la región. Esto, además de los beneficios por la reducción del consumo de agua potable, permite mantener la calidad y cantidad de agua de la cuenca hidrológica, aliviando así la carga impuesta al manto acuífero por la extracción de agua para abastecimiento. La captación del agua de lluvia para ser utilizada ofrece ventajas como:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia.
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
- No requiere energía para la operación del sistema.
- Fácil de mantener.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

Un sistema para el aprovechamiento del agua de lluvia está conformado básicamente de 5 etapas: captación, recolección, interceptación, almacenamiento y tratamiento; y su diseño debe estar basado en los datos de precipitación de por lo menos los últimos 10 años.

³⁰ Información basada en la Hoja de Divulgación Técnica No. 88, "Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano: Especificaciones Técnicas", de la Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (CEPIS/OPS), Marzo del 2003.

La captación del agua de lluvia se realiza por una superficie inclinada, generalmente techos de los edificios, los cuales deben tener una pendiente no menor del 5 % dirigida hacia las canaletas de recolección. La capacidad de captación del agua está muy relacionada con el material de construcción del techo, por lo que para tejas, madera, paja, y otros materiales existen valores diferentes.

El agua captada es recolectada por medio de canaletas, que deben ser fabricadas de materiales que no alteren las características fisicoquímicas del agua, considerando que su capacidad de conducción de agua depende de las características del material utilizado. Se pueden emplear canaletas de PVC, de metal galvanizado o bambú, entre otros.

El sistema de intercepción es diseñado para recibir los primeros minutos de agua de lluvia, por lo que cada techo destinado a la captación, deberá contar con un interceptor, que da paso a las siguientes fases del sistema, el almacenamiento y tratamiento. El volumen del tanque de almacenamiento debe ser diseñado considerando factores como la demanda de agua, la intensidad de las lluvias y el área de captación.

En cuanto al tratamiento del agua captada, existen alternativas como la instalación de un filtro de arena y grava dentro del mismo tanque de almacenamiento para pasar posteriormente a un sistema de desinfección para la eliminación de microorganismos que puedan resultar nocivos.

Sin embargo, pueden implementarse otros tratamientos antes del tanque de almacenamiento, como la instalación de un tanque desnatador – sedimentador para separar las impurezas y evitar que éstas impurezas continúen circulando por el sistema, también contribuye a evitar el estancamiento del agua que ocasiona pérdida en la calidad, y logra que ésta pueda circular constantemente del tanque de almacenamiento al sedimentador. De igual forma, es necesario un sistema de desinfección (radiación UV, ozonificación o cloración) para finalmente bombear el agua a la cisterna de servicio para ser utilizada en regaderas, lavabos y llaves.

7.7 Campos de golf

Los campos de golf se han convertido en una importante fuente de ingresos para el sector turístico e inmobiliario en el Caribe Mexicano. En los últimos años hemos visto el desarrollo de numerosos proyectos de campos de golf con la finalidad de ofrecer un servicio más a los huéspedes, o bien, como atractivo para la venta de lotes desarrollos residenciales.

Esta región de la República Mexicana es especialmente frágil ante estas prácticas debido al tipo de suelo y el sistema hidrológico característico de la península de Yucatán por lo que se deben considerar las siguientes recomendaciones para el desarrollo de un proyecto de campo de golf.

7.7.1 Criterios de planeación

Ante la problemática ambiental que se genera en torno a la construcción y operación de un campo de golf, los expertos en temas de sustentabilidad exponen criterios mínimos en el diseño de campos de golf, siendo los siguientes:

- Que no vayan unidos a la construcción de complejos inmobiliarios. El problema del desarrollo de complejos inmobiliarios ligados a campos de golf es debido a que se crece por encima de las posibilidades físicas del territorio, se rompe con la vocación natural de los usos de suelo, repercutiendo negativamente en los ecosistemas sobrepasando la capacidad de suministro y abastecimiento de los complejos inmobiliarios que albergan.
- Que consuman aguas recicladas
 - Contar con una planta de tratamiento de aguas residuales
 - Implementar un sistema de almacenamiento de agua de lluvia.
 - Reutilización del agua residual de las plantas de tratamiento de A.N. del ayuntamiento.
- Que sean diseñados adaptándose a la topografía del terreno y a la vegetación del lugar.
 - Evitar emplazar los campos de golf en manglar o en cualquier otro ecosistema protegido.
 - Adaptar el diseño y recorridos a la topografía del lugar.
 - Respetar e integrar la vegetación existente al diseño.
 - Generar microclimas³¹ utilizando la vegetación nativa.
- Que utilicen sistemas de riego y de drenaje eficientes para ahorrar agua.
- Que utilicen especies de césped resistentes al agua salobre y de baja absorción, así como fertilizantes y pesticidas ecológicos.

A esta lista debemos agregar para efectos de adaptar el tema al Caribe Mexicano las siguientes recomendaciones:

- Que el pasto sea resistente a la salinidad.
- No ubicarse en zonas de interés de protección ambiental, en entornos de monumentos naturales, histórico o arqueológico.
- Que no pongan en peligro el sistema hidrológico del sitio.
- Que el agua que consuman para riego sea reciclada y tratada.
- Que la vegetación reutilizada sea la existente en el sitio y la que se incorpore autóctona.
- Que las vialidades permitan la recarga de los mantos freáticos.

³¹ Más información sobre el tema de microclimas se desarrolla en el apartado 7.2

- Que se realicen periódicamente análisis del agua del subsuelo, la que se consume para riego y la calidad-salud del entorno.

7.8 Certificaciones

Existen varias herramientas para orientar el desarrollo de un proyecto en temas de sustentabilidad. Sin embargo, difícilmente las herramientas originadas en otras condiciones ambientales pueden adaptarse y lograr la sustentabilidad integral. Es importante mencionar que si el desarrollo tiene como objetivo ser sustentable, la certificación del mismo resultará una consecuencia de las buenas prácticas. Los tres programas y/o certificaciones de mayor relevancia para el sitio son LEED, Green Globe y la Norma Mexicana PROY-NMX-AA-157-SCFI-2010, cuyas características se presentan a continuación.

La certificación LEED es un conjunto de lineamientos desarrollados por el *United States Green Building Council* (USGBC), enfocados a mejorar el rendimiento de un edificio en el ahorro de energía, uso eficiente de agua, reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), calidad ambiental interior y administración de sus recursos. LEED incluye 3 niveles de certificación, plata, oro y platino; cada una enlista una serie de requisitos necesarios para obtener el nivel adecuado.

Existen 5 categorías en las que se puede aplicar la certificación LEED: Diseño y Construcción, Diseño de Interiores y Construcción, Operación y Mantenimiento, Hogares y Desarrollo de vecindarios. Para poder aspirar a la certificación no es necesario aplicar a todas las categorías, aunque si se busca la sustentabilidad del proyecto es importante que este sea congruente en todo el desarrollo, desde la planeación hasta la operación y mantenimiento.

La certificación LEED funciona de la siguiente manera: existen guías de seguimiento para cada una de las categorías y con ellas un listado de chequeo (*Checklist*), dividido en sub-categorías como por ejemplo: eficiencia energética, eficiencia en agua, innovación, calidad del aire, etc. En ellas se establecen pre-requisitos y requisitos, los primeros no tienen puntuación asignada y son indispensables para tener la posibilidad de obtener cualquiera de los niveles de la certificación. Los segundos tienen una puntuación asignada de tal forma que al final de la lista y una vez cumplido con los créditos, se suma la misma y conforme a ello se determina el nivel de certificación en esa categoría.

Dentro de la certificación no existe, hasta el momento, una categoría específicamente asignada a Hoteles o Desarrollos turísticos que contemple los aspectos a considerar para un desarrollo de tal magnitud; sin embargo, es posible seguir los lineamientos y aspirar a un nivel de certificación tratando de adaptar el proyecto a los requisitos solicitados y con las condicionantes que representa un proyecto en el Caribe Mexicano.

En México existe el *Consejo Mexicano de Edificación Sustentable* (CMES), el cual desarrolla la *tropicalización* del documento para adecuarlo a nuestro país. Sin embargo, la certificación LEED es posible llevarla a cabo a través del USGBC. Si es deseo del inversionista/desarrollador aspirar a una certificación LEED, es imprescindible solicitar la asesoría de experto/s en el tema LEED A.P. quien será el encargado de llevar y coordinar la certificación.

A nivel internacional existe otro tipo de certificaciones equivalentes a LEED, tal es el caso de Green Globe, cuyo desarrollo y funcionamiento es similar al sistema de LEED y las categorías que certifica son: Diseño de nuevas edificaciones y remodelaciones significativas, Manejo y Operación de edificios existentes, Administración de emergencias en edificios, Edificios Inteligentes, e Interiores Comerciales nuevos y existentes.

Asimismo, la Norma Mexicana PROY-NMX-AA-133-SCFI-2006, Requisitos y especificaciones para obtener certificado de sustentabilidad del ecoturismo y el *Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-157-SCFI-2010: Requisitos y especificaciones de sustentabilidad para la selección del sitio, diseño, construcción, operación y abandono del sitio de desarrollos inmobiliarios turísticos en la zona costera de la Península de Yucatán*, éste último está próximo a publicarse. Ambas Normas son herramientas mexicanas desarrolladas para la sustentabilidad ambiental, la primera a nivel general y la segunda expresamente para las condiciones de la península de Yucatán, misma que establece parámetros y lineamientos voluntarios para lograr la sustentabilidad de los proyectos turísticos costeros³².

7.9 Recomendaciones y beneficios

La riqueza ambiental del Caribe Mexicano está directamente relacionada con el éxito de turismo, por lo que es fundamental considerar acciones dentro del diseño arquitectónico que incluyan al entorno y aprovechen las oportunidades que las características naturales del sitio ofrece.

Para ello se deben considerar aspectos de diseño bioclimático, paisaje, integración al entorno, normatividad, generación de energía alternativa, reducción y control de los consumos (energía y agua), entre otros. Esto conlleva como resultado la reducción en los gastos operativos durante la vida útil del proyecto y asegura la permanencia del inmueble en el sitio.

Bajo el mismo contexto, existen soluciones pasivas que no representan un incremento en la inversión, tal como buscar una mejor orientación, encontrar el equilibrio entre vano y macizo, propiciar la ventilación natural, utilizar la iluminación natural, integración de la vegetación en el proyecto para sombrear los muros, selección de colores, entre otros aspectos. A este listado se pueden sumar aspectos de integración al entorno, la ubicación adecuada del proyecto dentro del predio y el manejo del agua y consumos energéticos. No se debe perder de vista que aun cuando la implementación de medidas bioclimáticas represente un incremento en la inversión, siempre será redituable con la reducción en consumos de energía y agua.

³² Ligas de interés:

<http://www.mexicogbc.org/>

<http://www.usgbc.org/>

<http://www.greenglobe.com>

<http://www.qroo.gob.mx/qroo/>

Por otra parte, el conocer las condiciones y comportamiento de la zona costera en el sitio de emplazamiento, nos permitirá realizar una adecuada planeación teniendo una visión integral de las posibles afectaciones futuras y de qué manera impactarán en las edificaciones. Contemplar todas las posibles variantes de erosión ya sea en la zona costera o en el interior del predio, permitirá tomar decisiones preventivas ya que en la mayoría de los casos ante la erosión no hay medidas correctivas, o bien, son demasiado costosas, como el caso de la *recuperación de playas*.

Asimismo, la integración de la tecnología bioclimática y tecnología mecánica-eléctrica contribuye a lograr una eficiencia energética que se verá reflejada en ahorros económicos.

En el Caribe Mexicano la demanda en consumos energéticos es cada vez mayor y el costo es directamente proporcional, por lo que es indispensable incorporar un sistema integral de eficiencia en el consumo, diseñado desde la planeación del proyecto, así como modular espacios y equipos, y la integración de materiales que proporcionen la posibilidad de un mayor ciclo de vida al edificio, siempre y cuando se respete y considere al medio natural como indicador inicial.

Es muy importante mencionar que el proyecto debe apegarse a los lineamientos normativos de su emplazamiento y ser complementados con las recomendaciones de esta Guía.

RECOMENDACIONES	BENEFICIOS
<p>1. Diseñar el proyecto bioclimático, considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientaciones, ▪ Materiales, ▪ Paisaje, ▪ Uso y reutilización eficiente del agua, ▪ Iluminación natural, ▪ Uso eficiente de la energía eléctrica 	<p>1. Se logra un confort para el usuario y se reducen los consumos (agua y energía eléctrica).</p>
<p>2. Considerar como medidas más importantes para este tipo de clima la ventilación y la protección del asoleamiento.</p>	<p>2. La ventilación disipa la humedad y evitando el asoleamiento se reducen las ganancias térmicas.</p>
<p>3. Diseñar el proyecto de manera integral con el entorno natural y construido.</p>	<p>3. Se reducen los gastos en la construcción y se diseña acorde con las edificaciones existentes. Se accede a segmentos de mercado más exigentes.</p>
<p>4. Implementar el concepto de Xeriscape para el diseño de paisaje.</p>	<p>4. Permite reducir el consumo de agua para las áreas exteriores al diseñar con hidro-zonas y especies de la región, entre otras.</p>

<p>5. Diseñar el proyecto enfocado en lograr un microclima por medio de elementos naturales.</p> <p>6. Conservar dunas, vegetación, manglares, cenotes, lagunas y demás atributos naturales del sitio, evitando modificarlos para no alterar su función.</p> <p>7. Ubicar las construcciones permanentes en zona estable. En zonas inestables y de protección solo podrán ubicarse construcciones de materiales no permanentes (siempre acorde con la normatividad).</p> <p>8. Implementar sistemas inteligentes (domótica).</p> <p>9. Incorporar equipos de bajo consumo eléctrico.</p> <p>10. Incorporar equipos de bajo consumo de agua.</p> <p>11. Implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para reutilización.</p> <p>12. En caso de que se desarrolle un proyecto con campo de golf, implementar criterios sustentables en todas sus fases.</p>	<p>5. Contribuye a mejorar la calidad y confort en el interior de los edificios.</p> <p>6. Constituyen un atractivo para los usuarios y sirven de amortiguadores ante un fenómeno meteorológico.</p> <p>7. Las edificaciones quedan resguardadas de los embates de los fenómenos meteorológicos y contribuyen a evitar la erosión.</p> <p>8. Hace eficiente el uso y consumo de energía eléctrica, brinda mayor control y eficiencia en el uso y supervisión de sistemas de automatización y eléctricos dentro del proyecto.</p> <p>9. Reduce los consumos de energía eléctrica.</p> <p>10. Reduce los consumos de agua.</p> <p>11. Permite la reutilización de las aguas negras y grises.</p> <p>12. Hace más eficiente el campo de golf, reduce consumos y reduce el impacto negativo en el ecosistema.</p>
--	---

Glosario de Siglas

ANP.- Áreas Naturales Protegidas.

ASK.- Amigos de Sian Ka'an.

CAPA.- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado.

CEPIS/OIS.- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud.

CI.- Calidad en Inversión S.A. de C.V.

CF.- Coliformes Fecales

CFE.- Comisión Federal de Electricidad.

cm.- Centímetros.

CMES.- Consejo Mexicano de Edificación Sustentable.

CO₂.- Dióxido de Carbono.

CONAGUA.- Comisión Nacional del Agua.

DBO.- demanda biológica de oxígeno.

DHC.- Desarrollos Hidráulicos de Cancún.

DQO.- Demanda Bioquímica de Oxígeno.

EMA.- Entidad Mexicana de Acreditación.

ECV.- Eric Cavazos Vera.

FFH.- Ing. Felipe Flores Hernandez.

IBLF.- International Business Leaders Forum (Siglas en Inglés).

IMEI.- Instituto Mexicano del Edificio Inteligente.

INAH.- Instituto Nacional de Antropología e Historia.

JCGS.- Juan Carlos Gamborino Sánchez.

Km.- Kilómetros.

Kg/cm².- Kilogramos por centímetro cuadrado.

LGVS.- Ley General de Vida Silvestre.

m.- Metros.

Mg/l.- Miligramos por litro.

MARTI-ASK.- Iniciativa de Turismo del Arrecife Mesoamericano (por sus siglas en ingles) – Amigos de Sian Ka'an.

MIA.- Manifestación de Impacto Ambiental.

MIZC.- Manejo Integrado de la Zona Costera.

MMD.- Arq. Melisa Mendoza Díaz.

NAMH.- Ing. Nancy Alejandra Maffiodo Hernández.

NT.- Nitrógeno Total.

PDU.- Programa de Desarrollo Urbano.

POEL.- Programas de Ordenamiento Ecológico Local.

POET.- Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial.

PT.- Fósforo Total.

PTAR.- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

PVC.- Cloruro de polivinilo.

SAAM.- Sustancias Activas al Azul de Metileno.

SEMARNAT.- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SST.- sólidos suspendidos totales.

UAM-A.- Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

UGA.- Unidad de Gestión Ambiental.

USGBC.- United States Green Building Council.

W.- Watts.

ZOFEMAT.- Zona Federal Marítimo Terrestre