



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO ENERGÉTICO EN  
EDIFICIOS HABITACIONALES  
SUSTENTABLES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO  
P R E S E N T A  
**ALEJANDRO DIDIER ALEJO ROJAS**

DIRECTOR DE TESIS

DRA. TANYA MORENO CORONADO



México Distrito Federal a 6 de Febrero 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# Índice

## Introducción

Objetivo  
Motivación  
Antecedentes  
Formulación de problema  
Alcance y Organización de la Tesis

1 Sustentabilidad.....	1
1.1 Energía	
1.1.1 Definición	
1.1.2 Fuentes	
1.2 Generación y Consumo energético en México	
1.2.1 Balance Nacional de Energía	
1.2.2 Producción de energía Primaria	
1.2.3 Consumo nacional de energía	
1.3 Impacto Ambiental	
1.3.1 Impactos de la generación energética en México	
1.3.2 Impactos del consumo energético en la Vivienda	
1.4 Desarrollo Sustentable	
1.4.1 Plan Nacional De Desarrollo México	
2 Energía en la Arquitectura Sustentable.....	34
2.1 Definición	
2.2 Arquitectura bioclimática y Sistemas Pasivos	
2.3 Eficiencia Energética	
2.4 Uso de energías renovables	
2.5 Domótica	
3 Certificación energética en edificios.....	82
3.1 Net Zero Energy Buildings	
3.1.1 LEED	
3.1.2 Introducción	
3.1.3 LEED Energy and Atmosphere	
3.1.4 LEED for Homes	
4 Casos de estudio vivienda Sustentable.....	110
4.1 The Solaire en Nueva York, Estados Unidos	
4.2 Torres residenciales sustentables en Arabia Saudita	
4.3 Viviendas del Proyecto EDEA en Extremadura, España	
4.4 Proyecto Piloto de Vivienda Vertical Cero Energía en Cancún, México	
4.5 Casa ecológica Ciudad Juárez	
4.6 Otros casos de estudio	
5 Análisis de Escenarios de la Implementación de Diseño en la Vivienda Sustentable.....	128
5.1 Introducción	
5.2 Escenarios de implementación de Diseño	
5.2.1 Modelación de escenarios de ahorro de energía	
5.3 Estrategias políticas para la implementación de vivienda sustentable	

5.4 Recomendaciones para fijar Metas resultantes de la implementación de la vivienda sustentable

5.5 Impulso de la edificación de vivienda sustentable en México

5.6 Obstáculos para la edificación sustentable

Conclusiones

Bibliografía

# Introducción

## **Objetivo**

Analizar los resultados de la implementación de distintos diseños energéticos en edificios habitacionales sustentables así como el contexto nacional e internacional para la implementación de tecnologías a favor de la vivienda sustentable con el fin de proponer una guía de aplicación de estos modelos en la construcción de edificios habitacionales en México.

## **Motivación**

Pienso en mi hija todo el tiempo, imagino como corre y juega un día de lluvia, sueño con verla crecer, pienso en las preguntas que me hará y las respuestas que le daré. Nunca había pensado tanto en el futuro como ahora, un futuro que está comprometido, porque Esmeralda y yo planeamos todo el tiempo en irnos a vivir un departamento propio, un lugar para criar a Julieta y algo que dejarle, estoy seguro que no somos los únicos padres que sueñan con eso, seguro es el sueño de muchos Mexicanos, ya que todos necesitamos una vivienda, esta necesidad ha detonado en el crecimiento de la construcción de edificios habitacionales, el consumo de los edificios habitacionales tiene una tendencia incremental y es parte importante de la demanda energética Total en México, sin embargo mucha de esta energía se desperdicia o utilizada de manera ineficiente, por lo que implementar un diseño que permita solventar las necesidades energéticas de estos edificios para hacerlos sustentables es de vital importancia para el desarrollo sustentable de nuestro país. Me he puesto a pensar en el mundo en que crecerá mi hija y quiero intentar que sea lo mejor posible, sé que hay mucho por hacer y que estoy lejos de resolver los problemas actuales de abasto de energía, pero creo en los granitos de arena y este es uno de los míos.

## **Antecedentes**

El crecimiento poblacional y el uso desmedido de energía ha sobre explotado las fuentes de energía, incapaces de renovarse, actualmente la mayoría de la energía utilizada a nivel mundial es generada por fuentes no renovables, fuentes como los hidrocarburos que generan miles de toneladas de gases de efecto invernadero, agravando el problema de calentamiento global.

El concepto de sustentabilidad, apareció por primera vez en la versión de Estrategia Mundial para la Conservación en 1980, aportando un enfoque ecológico, al esbozar tres objetivos considerados necesarios para la conservación de los recursos vivos:

1. El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas que dan sostén a la vida,
2. La preservación de la diversidad genética, y
3. El aprovechamiento sustentable de las especies y los ecosistemas.

El informe Brundtland de La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987) proclamó el desarrollo sustentable como la meta central de la política ambiental y lo definió como: "El desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, de satisfacer sus propias necesidades".

En el contexto actual el Desarrollo Sustentable es uno de los mayores desafíos en la agenda internacional es lograr disminuir las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero que inciden negativamente en la temperatura promedio de la superficie terrestre. Desafortunadamente, el medio ambiente se ha visto afectado por los desechos que generan la actividad humana e industrial. Además, en el nivel global se enfrentan problemas de contaminación y agotamiento de recursos naturales.

Es importante trabajar para generar energía más limpia y renovable, sin embargo esta es solo una perspectiva de la solución, ya que que el consumo de energía por persona ha crecido a una mayor velocidad que la población misma, si continuamos así no habrá fuente capaz de satisfacer nuestra demanda energética, este dato tiene una conclusión clara, debemos optimizar nuestros sistemas de consumo de energía.

### **Formulación del Problema**

El consumo de energía de origen fósil en un país y la contaminación asociada al mismo principalmente en forma de CO<sub>2</sub>, constituyen un problema estratégico, económico y ambiental de primer orden.

Para resolver, o al menos minimizar las consecuencias de este problema, todos los sectores de actividad deben adoptar en sus procesos, métodos de reducción de los consumos específicos de energía.

Sin bien el mayor consumo de la energía se presenta en sector industrial, la aportación a la demanda energética del sector habitacional no es despreciable. La vivienda es el componente más extenso de la estructura urbana, pues cubre la mayor superficie de las zonas urbanas, siendo una de las primeras necesidades de la sociedad en el medio, es por eso que existe una relación muy estrecha entre el medio ambiente, el ser humano y la vivienda.

La autoridad de vivienda mexicana el CONAVI calcula que el déficit actual del sector es de aproximadamente 8,9 millones de casas, y todos los años ese número aumenta en 200.000. Con un total de 24,3 millones de casas en el país, según el censo de 2005, México necesita un 35% más de viviendas para atender a la población actual del país. Ese déficit es consecuencia de la falta de desarrollo en el sector inmobiliario y de opciones para la financiación, entre otros factores. Según la Guía Global de la Propiedad, la financiación de la vivienda está disponible sólo para un 10% de los trabajadores. Por eso, en 2000, un 70% de las nuevas casas en México fueron construidas por individuos, y no por constructoras. Ese porcentaje cayó hasta un 30% debido a las iniciativas del Gobierno.

El déficit debería aumentar en las próximas dos décadas, al mismo tiempo que la estimación de crecimiento de la población prevé que pase de 37,8 millones en la franja de edad de 25 a 45 años (principal clientela de vivienda propia), en 2005, a 45,8 millones en 2030, lo que tendría como resultado un aumento extraordinario en el número de posibles compradores. Según la Guía Global de la Propiedad, el mercado hipotecario corresponde sólo a cerca de un 10% del PIB, "un volumen sustancialmente menor que el registrado en otros países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico)", señal de que el mercado apenas está servido teniendo en cuenta su potencial.

Además de los problemas por el déficit de vivienda, México sufre los efectos de un año de cambio climático que aumentó las temperaturas y disminuyó la frecuencia de lluvias. El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático prevé que las temperaturas suban entre 0,4º y 1,8ºC en América Latina, en 2020, y de 1º a 4ºC, en 2050, lo que aumentaría de manera importante el número de días consecutivos de sequía y la duración de las olas de calor en México. Esos factores, junto con la disminución de las lluvias, podrían intensificar la escasez en el abastecimiento de agua, que ya es un problema nacional principalmente en los centros urbanos del país. Para revertir ese escenario, México necesita dejar de ser una economía que utiliza grandes cantidades de carbono para convertirse en otra cuyas emisiones de carbono sean neutras.

Actualmente, el país emite 715 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera todos los años. El volumen total de emisiones de los gases de efecto invernadero es superior a las emisiones de Brasil, de India y son iguales a las de China. Si no se hiciera nada, las consecuencias del cambio climático y de la escasez de agua tendrán consecuencias adversas sobre las condiciones sociales y financieras de México.

La vivienda sustentable se ha definido como el conjunto de actividades tendientes a "satisfacer las necesidades de vivienda e infraestructura del presente sin comprometer la capacidad de dar respuestas a las demandas de generaciones futuras".

La vivienda sustentable puede ayudar a atenuar esos problemas. En el contexto mexicano, vivienda sostenible es sinónimo de casas y comunidades creadas con el propósito de: (a) reducir el impacto sobre el medio ambiente con la utilización de materiales, equipamientos y prácticas ecológicas; (b) mejorar la calidad de vida de la sociedad a través de la creación de un tejido social que contribuya al desarrollo de sociedades prósperas, en vez de la construcción pura y simple de ciudades dormitorio con poca interacción entre sus habitantes; y (c) facilitar el acceso a la financiación para las personas necesitadas, estimulando al mismo tiempo el ahorro por medio del uso eficiente de agua y energía.

En México a pesar de que en la actualidad hay mayor conciencia sobre esta problemática, en el ámbito de la construcción habitacional continúan siendo muy pocos los proyectos de vivienda que contemplan e integran criterios ambientales. Se cuenta con políticas, lineamientos y criterios sobre el desarrollo de la vivienda sustentable; sin embargo, una de las tareas fundamentales para el sector vivienda en el país, es lograr un crecimiento habitacional de calidad enmarcado criterios de sustentabilidad que tome en cuenta medidas para el ahorro de energía (Energías Alternativas), agua, el reciclamiento de aguas, tratamiento de las aguas, el manejo adecuado de residuos sólidos, diseño bioclimático y de áreas verdes, bajo orientaciones normativas y esquemas de apoyo financiero.

Alrededor del mundo muchos países desarrollados se han dado cuenta de la conjunción de estos problemas, el crecimiento población que demanda mayor construcción de vivienda, el desperdicio energético de nuestros sistemas actuales y la generación mediante fuentes no renovables, sin embargo son pocos los que han tomado medidas para solucionarlo. Se ha abordado la solución desde dos paradigmas diferentes, el primero es desde el punto de vista de la generación donde se ha invertido en la investigación de fuentes de energía renovables, el segundo enfoque es el ahorro

de consumo de energía, esto se puede tomar abordando optimizando el consumo de los distintos sistemas y sectores. En este punto es donde se busca mejorar el consumo energético y por ende disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la vivienda.

### **Alcance y organización de la Tesis**

Alineándose al objetivo de esta tesis, el alcance de la misma abarca los sistemas que consumen energía dentro de los edificios de vivienda así como la generación de la misma y los efectos que tienen este consumo y generación en el ambiente desde una perspectiva nacional y orientada al desarrollo sustentable.

Para poder plantear soluciones al consumo energético de la vivienda debemos entender el contexto energético Nacional tanto en generación y consumo por lo que en el primer capítulo hablaremos de la sustentabilidad abarcando temas como las fuentes actuales de energía, los principales problemas de generación y los impactos ambientales que se tienen derivado de lo antes mencionado, además de la perspectiva que de nuestro país en materia de sustentabilidad.

En capítulo segundo es medular para el cumplimiento del objetivo de esta tesis ya que en este hablaremos de la arquitectura sustentable focalizando en los sistemas energéticos que impactan a la vivienda, así como las tecnologías disponibles para optimizar el consumo y el auto abastecimiento de energía, tocaremos temas de diseño arquitectónico, de instalaciones y sistemas.

El tercer capítulo deriva del anterior y trata de las certificaciones internacionales para avalar el rendimiento energético de la vivienda, como obtenerlas y las medidas que evalúan para considerar un edificio de vivienda como sustentable.

El cuarto son básicamente casos de estudio a alto nivel de viviendas que han implementado medidas para mejorar su consumo energético en pro de la sustentabilidad en el panorama internacional y nacional.

Por ultimo trataremos el escenario de implementación de la vivienda sustentable, las medidas para fomentar esta implementación así como los objetivos de ahorro, también las debilidades desde una visión gubernamental y privada, poniendo foco en el contexto nacional.

Por ultimo daremos nuestras conclusiones.

# Capítulo 1

## Sustentabilidad

Como la comida y el agua la energía es indispensable. Es necesaria para la vida y para todas las actividades económicas. La energía ha jugado un papel indispensable para el desarrollo de la civilización, ha causado guerras entre las personas que disputan el control de las fuentes existentes. Durante los años veintes el abundante y económico acceso a las fuentes de energía permitió un desarrollo económico acelerado. El descubrimiento de la electricidad vino a revolucionar el uso de la energía, y es casi imposible imaginar una casa moderna sin electricidad. Sin embargo a pesar de ese progreso una gran parte de la humanidad no ha satisfecho sus necesidades de energía. Actualmente la necesidad de energía de la humanidad sigue incrementando y necesitamos resolver el problema de abasto de energía que esto representa. El concepto de energía no es algo fácil de definir ya que ésta tiene muchas acepciones.

### 1.1.1 ¿Qué es la energía?

Los procesos fundamentales que gobiernan nuestro mundo macroscópico están regidos por una ley en la cual una cantidad física, que llamamos energía, siempre es conservada en un sistema aislado. Esta es una ley fundamental y está asociada con el hecho que las leyes físicas no cambian con el tiempo. En términos simples, esta propiedad se traduce en el hecho, que los resultados de un experimento no dependen del momento en que se lleva a cabo siempre que se realice bajo las mismas condiciones. Lo que nos interesa a nosotros es que un cuerpo o sistema que posee energía puede producir trabajo o calor. De acuerdo a esta definición la gasolina tiene energía, ya que podemos usarla para mover un auto, pero también podemos quemarla y producir calor. En un nivel microscópico podemos observar que la energía existe de dos formas, organizada y desorganizada, a la primera le llamamos trabajo y a la segunda calor. El calor representa la forma más básica de energía porque se distribuye en todos los grados de libertad del sistema y estos son muy numerosos. Una peculiaridad de la energía es que puede existir en diversas formas, mecánica nuclear, eléctrica, y a menudo es necesario convertirla de una forma a otra. Cuando hacemos esto siempre es con cierto rendimiento y cierta pérdida. Cuando la energía pasa de su forma desorganizada (calor) a organizada (trabajo) la eficiencia pocas veces es buena. Es a través de estas transformaciones, que los humanos recuperan parte de la energía para solventar sus necesidades. No todas las formas de energía tienen la misma calidad y pueden ser usadas eficientemente para producir trabajo, una fuente de calor de 600°C es más eficiente para producir trabajo que una a 60 °C. Pero ¿Cómo medimos esto y en sí la energía? En el sistema internacional de unidades el Joule es la unidad que cuantifica la energía y se define como el trabajo realizado por una fuerza de un newton en un desplazamiento de un metro, para las transformaciones macroscópicas hubo esta unidad resulta ser muy pequeña, por lo que usamos kilojoules o megajoules. En el ámbito microscópico tenemos que utilizar unidades más pequeñas como el milijoule o microjoule, esto obedece a los prefijos establecidos en el sistema internacional de

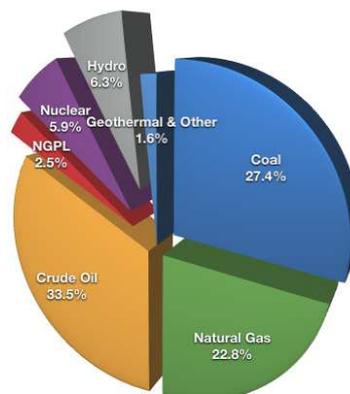
unidades, sin embargo esta no son las únicas unidades para medir la energía, como podemos ver en la tabla 1.1

Nombre	Abreviatura	Equivalencia en Joules
Caloría	<b>cal</b>	41,855
Frigoría	<b>fg</b>	4185,5
Termia	<b>th</b>	4 185 500
Kilowatt hora	<b>kWh</b>	3 600 000
Tonelada equivalente de petróleo	<b>Tep</b>	41 840 000 000
Tonelada equivalente de carbón	<b>Tec</b>	29 300 000 000
Electronvoltio	<b>eV</b>	$1,602176462 \times 10^{-19}$
British Thermal Unit	<b>BTU o BTu</b>	105,505,585
Ergio	<b>erg</b>	$1 \times 10^{-7}$

*Tabla 1.1 Equivales entre unidades de energía*

Para entender la tabla 1.1 tendríamos que hablar de la potencia la cual es la velocidad a la que se realiza trabajos sobre el o por el sistema.

La transformación de la energía, que ha ayudado al humano a proveerse de bienestar, obliga a distinguirlas según su proceso entre energía primaria y energía final. La energía primaria es aquella que no ha sufrido ningún proceso de transformación y se obtiene de la naturaleza tal es el caso del agua saliendo de una presa, el carbón de una mina, el petróleo, el gas natural, el uranio, la leña. La energía final es energía refinada y apta para ser utilizada en todas las aplicaciones que demandan los consumidores. Esta distinción entre energía primaria y energía final tiene consecuencias en la evaluación y comparación de diferentes fuentes de energía. Como podemos observar en la figura 1.1 La energía primaria puede dividirse, con lo cual comenzamos a abordar un tema de suma importancia las fuentes de energía.



*Figura 1.1 Consumo internacional de energía primaria in 2010. Fuente: International Energy Agency*

### **1.1.2 Fuentes de energía**

Las Fuentes de energía son los recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía para utilizarla en sus actividades. El origen de casi todas las fuentes de energía en la Tierra es el Sol, que recarga los depósitos de energía en nuestro planeta. Nosotros usamos distintas fuentes de energía, estas fuentes pueden clasificarse en dos tipos, renovables y no renovables, esta distinción se debe a la capacidad de explotación de estas, las primeras disminuyen sus reservas con la explotación por lo que su aportaciones limitada, mientras que las segundas permiten una explotación ilimitada, ya que la naturaleza las renueva constantemente.

#### **Fuentes no renovables**

El futuro del consumo de energía de la humanidad no es la energía “No renovables” sin embargo es su presente. Las fuentes de energía no renovables son recursos naturales que se han formado en la tierra durante millones de años, se les llama no renovable, ya que se están usando mucho más rápido de lo que pueden ser creados. De esta índole de energías existen dos tipos:

Combustibles fósiles

Combustibles nucleares

Son combustibles fósiles el carbón, el petróleo y el gas natural. Proviene de restos de seres vivos enterrados hace millones de años, que bajo condiciones adecuadas de presión y temperatura se convirtieron en sustancias dotadas de propiedades energéticas.

El combustible fósil puede utilizarse directamente, quemándolo en hornos, estufas, calderas y motores, para obtener calor y movimiento. También puede usarse para producir electricidad en centrales térmicas o termoeléctricas. En ellas, mediante el calor generado al quemar estos combustibles se obtienen vapor de agua, que, conducido a presión, es capaz de poner en funcionamiento un generador eléctrico, normalmente una turbina. El combustible fósil de mayor uso en la actualidad es el petróleo, sin embargo el uso excesivo de este ha generado que su futuro como fuente de energía este limitado ya que solo se tiene garantizado una reserva limitada de este, como podemos ver en la gráfica 1.2

Combustibles nucleares pueden ser el uranio, el plutonio y en general todos los elementos químicos fisibles adecuados para la operación de reactores. Sirvan de ejemplo los reactores de un submarino nuclear, que deben funcionar con uranio muy enriquecido, o centrales como la de Laguna Verde. Son elementos capaces de producir energía por fisión nuclear. La energía nuclear se utiliza para generar electricidad en centrales nucleares. El procedimiento de producción es muy semejante al que se emplea en las centrales termoeléctricas. Difiere en que el calor no se genera por combustión, sino mediante escisión de materiales fisibles. En rigor no son combustibles, sino energéticos.

### Reservas mundiales de petróleo en billones de barriles. Enero 2007

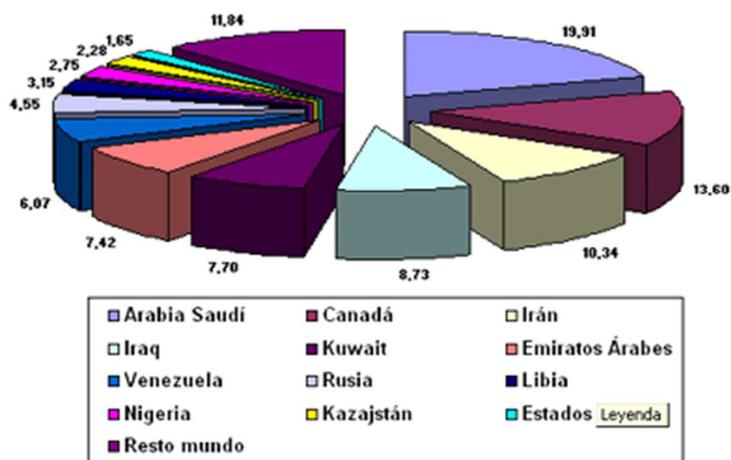


Figura 1.2 Reservas mundiales de petróleo Enero 2007 por País Fuente <http://www.energiasrenovables.ciemat.es>

### Fuentes renovables

Las fuentes energía renovables estarán disponibles en el planeta hasta que éste exista. Algunas veces las nombran como nuevas fuentes de energía. Estas fueron usadas por el hombre en la antigüedad ya que se obtienen directamente de la naturaleza. Las fuentes de energía renovables pueden ser utilizadas durante un mayor tiempo que los combustibles fósiles y los combustibles nucleares. Hoy en día las fuentes energía renovables han sido redescubiertas, debido a los avances tecnológicos que se han tenido durante este siglo para aprovechar su potencial, actualmente existe la tendencia de asociar las energías renovables a la generación de electricidad, sin embargo estas pueden ser aprovechadas de mejor manera, de hecho éstas producen mayor calor que electricidad, como podemos ver en la figura 1.3

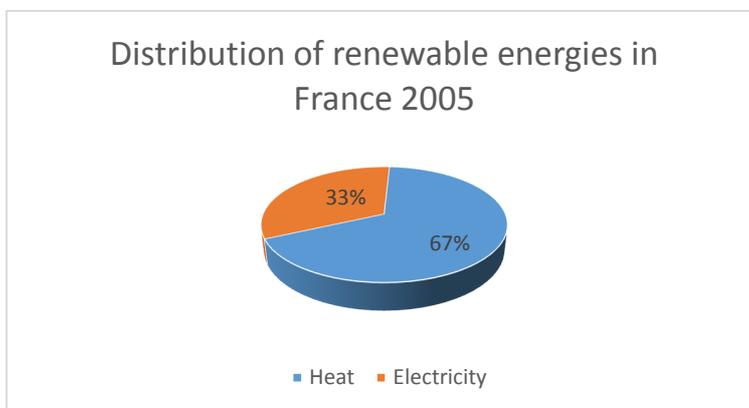


Figura 1.3 Distribución de las energías renovables en Francia en el 2005 entre generación de electricidad y

*producción de calor.*

Las energías renovables son gratis pero su aprovechamiento puede ser muy caro, ya que las fuentes no suelen estar muy concentradas. Por lo que estas son aprovechadas en comunidades con poca población y baja demanda energética.

Entre las energías renovables podemos encontrar dos tipos: no contaminantes o limpias y contaminantes.

### **Energías Contaminantes.**

Las contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible. Tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. Se encuadran dentro de las energías renovables porque mientras puedan cultivarse los vegetales que las producen, no se agotarán. También se consideran más limpias que sus equivalentes fósiles, porque teóricamente el dióxido de carbono emitido en la combustión ha sido previamente absorbido al transformarse en materia orgánica mediante fotosíntesis.

### **Energía Biomasa**

La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles. La energía derivada de la biomasa es renovable indefinidamente. Al contrario de las energías eólica y solar, la de la biomasa es fácil de almacenar. En cambio, opera con enormes volúmenes combustibles que hacen su transporte oneroso y constituyen un argumento a favor de una utilización local y sobre todo rural. Su rendimiento, expresado en relación a la energía solar incidente sobre las mismas superficies, es muy débil (0.5 % a 4% contra 10% a 30% para las pilas solares fotovoltaicas), pero las superficies, terrestres y acuáticas, de que puede disponer no tienen comparación con las que pueden cubrir, por ejemplo, los captadores solares.

La biomasa agrícola y forestal supone un potencial económico importante especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, dado que en ellas se dan las condiciones más idóneas para el desarrollo de los vegetales. Los organismos fotosintéticos, tanto terrestres como marinos, pueden ser considerados como convertidores continuos de la energía solar, y por consiguiente renovables, en materia orgánica. Las plantas fijan anualmente mediante la fotosíntesis una cantidad de carbono equivalente en energía a 2·10<sup>21</sup> julios, que equivalen aproximadamente a 10 veces el consumo mundial de energía y aproximadamente a 200 veces la energía consumida en forma de alimentos.

Uno de los ejemplos más destacados en el campo de la tecnología de las fuentes de energía renovables es el caso de la obtención de alcohol industrial por fermentación en Brasil. En 1976, el gobierno brasileño decidió dejar de ser el mayor importador de petróleo entre los países en desarrollo, y se embarcó en un programa para la producción masiva de etanol, a partir de melazas

de caña de azúcar o de la pulpa de mandioca, para ser utilizado como combustible. Actualmente se producen entre 3 y 5 millones de m de etanol por año. Gran parte del etanol se mezcla con gasolina, y constituye el 20 % del combustible que utilizan los automóviles, con el consiguiente ahorro de energía fósil (gasolina).

Es poco probable que el combustible de biomasa sea factible en muchos países occidentales pequeños y densamente poblados. Pero en Brasil, las vastas extensiones de terreno, la elevada productividad agrícola y los altos niveles de precipitaciones y sol, hacen que el proceso sea ideal.

Incluso los países avanzados están buscando medios para reducir su dependencia de los combustibles fósiles y organizando proyectos de biomasa tendientes a satisfacer una parte de sus necesidades energéticas. Suecia obtiene ya un 10 % de su energía de desechos forestales y agrícolas, y Finlandia, el 14 %. En el Reino Unido existen proyectos para producir alcohol en fermentadores en proceso continuo, que son lo suficientemente rápidos y el alcohol lo bastante concentrado como para poder competir con la gasolina como combustible para el transporte.

EE.UU. tiene instalados más de 9.000 MW para generación de energía eléctrica, obtiene el 4% de la energía que necesita de esta fuente. La Unión Europea tiene un potencial económico en biomasa del orden de 100 Mtep, aproximadamente el 10% de sus necesidades, su potencial técnico es del orden de 306 Mtep.

Entre las principales desventajas que tiene la esta energía están:

Tiene un mayor coste de producción frente a la energía que proviene de los combustibles fósiles

Menor rendimiento energético de los combustibles derivados de la biomasa en comparación con los combustibles fósiles

La materia prima es de baja densidad energética lo que quiere decir que ocupa mucho volumen y por lo tanto puede tener problemas de transporte y almacenamiento.

## **Energías limpias**

A las energías limpias prestaremos particular atención ya que estas son un pilar importante en la sustentabilidad energética. Dentro de estas podemos encontrar las siguientes:

### **Energía eólica**

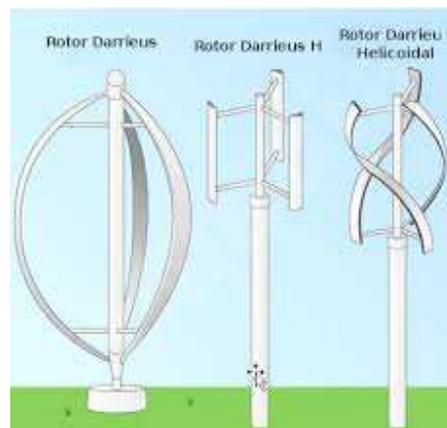
La energía eólica es la utilización de la energía cinética generada por el aire y se usa desde hace miles de años, en la antigüedad, su principal uso era el mover los barcos a través de grandes velas. La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales (gradiente de presión). Por lo que puede decirse que la energía eólica es una forma no-directa de energía solar. Las diferentes temperaturas y presiones en la atmósfera, provocadas por la absorción de la radiación solar, son las que ponen al viento en movimiento. Hoy día es una de las principales fuentes de energía renovable ya que ha tenido un gran impulso por parte de los

distintos gobiernos del mundo. Esto debido a su capacidad de generar electricidad través de turbinas eólicas que son las que convierten la energía cinética del viento en electricidad por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie a un generador eléctrico, a este conjunto le llamamos aerogenerador. Una turbina eólica se trata de una turbo máquina motora que intercambia cantidad de movimiento con el viento, haciendo girar un rotor. La energía mecánica del eje del rotor puede ser aprovechada para diversas aplicaciones como moler, en el caso de los molinos de viento; bombear agua, en el caso de las aero bombas; o para la generación de energía eléctrica, en los aerogeneradores.

Las turbinas eólicas se clasifican, según la orientación del eje del rotor, en verticales y horizontales.

### **Turbinas de eje vertical**

Las de eje vertical se conocen como turbinas Savonius, usadas para convertir la fuerza del viento en torsión sobre un eje rotatorio. Aunque la capacidad de giro es muy escasa (son menos eficientes que las turbinas horizontales), necesitan una menor velocidad del viento para empezar a girar. Lo bueno es que no necesitan una torre de estructura muy grande. Como las palas son verticales no se necesita orientación al viento, y funcionan igualmente cuando la dirección del viento cambia repentinamente. Pueden ser instaladas cerca del suelo, haciendo sencillo su mantenimiento. Un ejemplo de estas las podemos ver en la Figura 1.4.



*Figura 1.4 Turbinas eólicas verticales*

### **Turbinas de eje horizontal**

Estas son las más conocidas, las turbinas eólicas modernas ya se conocen como aerogeneradores, los cuales montan rotores de hasta 126 metros de diámetro fabricados con alta tecnología. Estas turbinas son instaladas en parques eólicos para la producción comercial de electricidad. La gran mayoría tiene tres palas pintadas de un color claro, están controladas remotamente, lo cual permite optimizar su eficiencia, que en muchos casos dependerá de la intensidad del viento.

Las turbinas de eje horizontal cuentan con la ventaja de que los extremos de la pala son variables,

lo que da a las hojas el ángulo ideal para recoger la máxima cantidad de energía eólica. Por otro lado, las torres altas pueden llegar a medir hasta diez metros de altura, donde la velocidad del viento se incrementa un 20%. Las únicas desventajas destacables son los costes de instalación y montaje, el impacto visual en el entorno, y que tienen que orientarse constantemente hacia la dirección del viento.

### **Parques eólicos**

Alrededor del mundo crece la instalación de parques eólicos que son la instalación integrada de un conjunto de aerogeneradores interconectados eléctricamente. Un ejemplo de esto lo podemos ver la figura 1.5 Uno de los mayores impactos de los parques eólicos es la modificación del paisaje, así como la desaparición de ciertas especies de aves, debido a que estas mueren al ser golpeadas por las aspas de los aerogeneradores.



Figura 1.5 Parque eólico en España

### **Energía Geotérmica**

En su sentido más amplio y literal, la energía geotérmica es el calor interno de la Tierra. Es un hecho conocido que en el subsuelo, bajo la tierra que pisamos, la temperatura aumenta con la profundidad, es decir, existe un gradiente térmico y, por lo tanto un flujo de calor desde el interior de la Tierra hacia el exterior. Ello es consecuencia de su estructura interna. La Tierra está constituida básicamente por tres capas concéntricas: el núcleo que es la más interna tiene una composición de hierro fundido a una temperatura superior de los 4.000 °C; el manto que es la capa intermedia formada por silicatos de hierro y magnesio tiene un espesor de 2.900 km y su temperatura varía desde los 4.000 °C en su contacto con el núcleo hasta los 800-1000 °C de su superficie exterior que contacta con la corteza que es la capa más superficial y visible por el hombre. Esta corteza tiene un espesor variable de 5 a 35 km y está formada por silicatos de aluminio y magnesio, variando su temperatura entre los 800-1000 °C del contacto con el manto y los 15-20 °C de la superficie que conocemos. El flujo medio de calor registrado en la corteza terrestre es del orden de  $1,5 \mu\text{cal.cm}^{-2}\text{.seg}^{-1}$ .

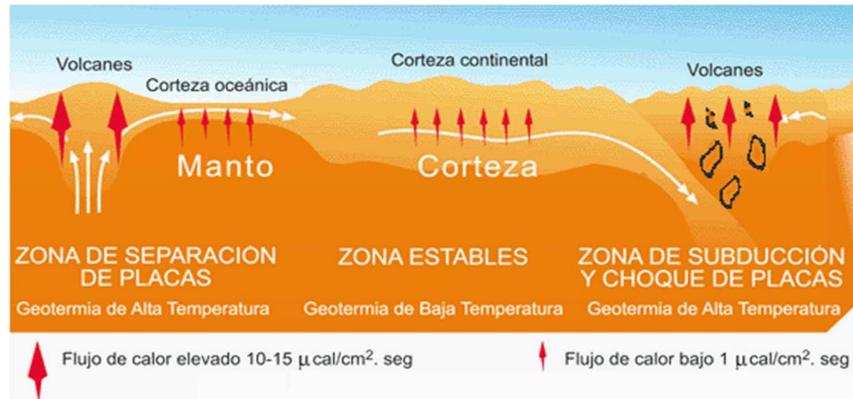


Figura 1.6 Diagrama de distintas Zonas de Geotermia

En determinados puntos de la Tierra el flujo de calor es, sin embargo, anormalmente elevado, llegando a alcanzar valores de hasta diez y veinte veces el flujo medio citado. Estas áreas con flujo elevado coinciden siempre con zonas de existencia de fenómenos geológicos singulares, como son una actividad sísmica elevada, la formación de cordilleras en épocas geológicas recientes y una actividad volcánica actual o muy reciente. Estos fenómenos geológicos representan distintas formas de liberación de la energía interna de la Tierra, cuya explicación puede darse a la luz de la tectónica de placas que rige la estructura de la corteza de la Tierra y su relación con el manto.

El flujo de calor anómalo ocasionado en estas áreas singulares da lugar a gradientes geotérmicos con valor de  $15-30 \text{ }^\circ\text{C}$  cada 100 metros, por lo que a profundidades de 1,5 a 2 km se pueden encontrar temperaturas de  $200-300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Por el contrario, en las demás zonas de la superficie terrestre el flujo calorífico antes mencionado da lugar a gradientes geotérmicos con valor medio de  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  cada 100 metros, por lo que a profundidades entre 2 y 3 km se encuentran temperaturas de  $60-90 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Esta diferencia de la corteza terrestre en áreas estables con flujo calorífico bajo y áreas inestables con flujo calorífico muy elevado sirve para marcar los dos grandes tipos de energía geotérmica conocidas: la energía geotérmica de baja temperatura y la energía geotérmica de alta temperatura.

En México somos el 4 lugar en producir este tipo de energía. Hay cinco campos geotérmicos identificados en México, cuatro de las cuales se encuentran bajo explotación con una capacidad total instalada de 958 MW, lo que representa el 2.1% de la capacidad eléctrica total del país operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

### Energía Hidráulica

El poder del agua cayendo se ha utilizado por la humanidad desde hace mucho tiempo, se utilizaba mediante molinos hidráulicos para moler granos, cortar madera. El molino hidráulico se inventó en Siria antes de la era cristiana y se utilizó en roma, trabajaba con aspas en un eje horizontal, el uso del poder del agua casi desaparece hasta el descubrimiento de la electricidad.

Un cuarto de la energía del sol que llega a la tierra es absorbida por el ciclo del agua. En este proceso una pequeña parte del agua de los océanos se evapora por la energía solar y regresa a la

tierra como precipitación.

La explotación de la energía hidráulica usa la diferencia de energía potencial del agua dependiendo de la diferencia de altura con el nivel del mar. Un cuerpo de masa  $m$  situado a una altura  $h$  tiene, dentro del campo gravitacional terrestre cuya aceleración es  $g$  una energía potencial de  $mgh$ . Si esta cae de una altura  $h_1$  a  $h_2$  donde  $h_1 > h_2$  la reducción de energía está dada por  $mg(h_1 - h_2)$  parte de esta energía puede recuperarse si en el camino del agua se interpone una turbina. La energía proporcionada por una caída de agua está en función del flujo y la altura. Para producir grandes cantidades de electricidad es necesario un gran flujo de agua y una altura substancial, por ejemplo para generar 1 kWh se requiere 3.6 toneladas de agua cayendo por 100 m. Un refrigerador promedio consume 380 kWh al año, lo que equivale a 3.8 toneladas de agua cayendo 100 metros por día durante un año.

A partir del siglo XX se empleó para obtener energía eléctrica. Son las centrales hidroeléctricas. Se caracteriza porque no es contaminante y puede suministrar trabajo sin producir residuos (rendimiento 80%). Toda central hidroeléctrica transforma la energía potencial del agua acumulada en el embalse en energía eléctrica a través del alternador.

El principio del funcionamiento de una central Hidroeléctrica es sencillo. Una presa sirve para contener el agua y formar tras de sí un embalse. El agua se libera por los desagües, que fluye por las llamadas tuberías de conexión hasta la sala de máquinas (una vez filtrada); la energía cinética del agua acumulada se convierte en energía cinética de rotación de la turbina, que acoplada a un alternador de forma solidaria, genera energía eléctrica. Existen tres tipos de turbinas empleadas Pelton, Francis, y Kaplan. El principio de funcionamiento de una central hidroeléctrica puede verse en la figura 1.7

Entre las principales desventajas de la energía hidroeléctrica se encuentran las siguientes:

Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno, por lo general muy fértiles y en ocasiones de gran valor ecológico, en los valles de los ríos. Incluso, en algunos casos, han inundado pequeños núcleos de población, cuyos habitantes han tenido que ser trasladados a otras zonas: esto significa un trastorno considerable a nivel humano.

Las presas retienen las arenas que arrastra la corriente y que son la causa, a lo largo del tiempo, de la formación de deltas en la desembocadura de los ríos. De esta forma se altera el equilibrio, en perjuicio de los seres vivos (animales y vegetales) existentes en la zona.

Por último, reseñar la gran dependencia que experimenta la energía hidráulica respecto a las precipitaciones, pues en épocas de sequía es necesario reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.

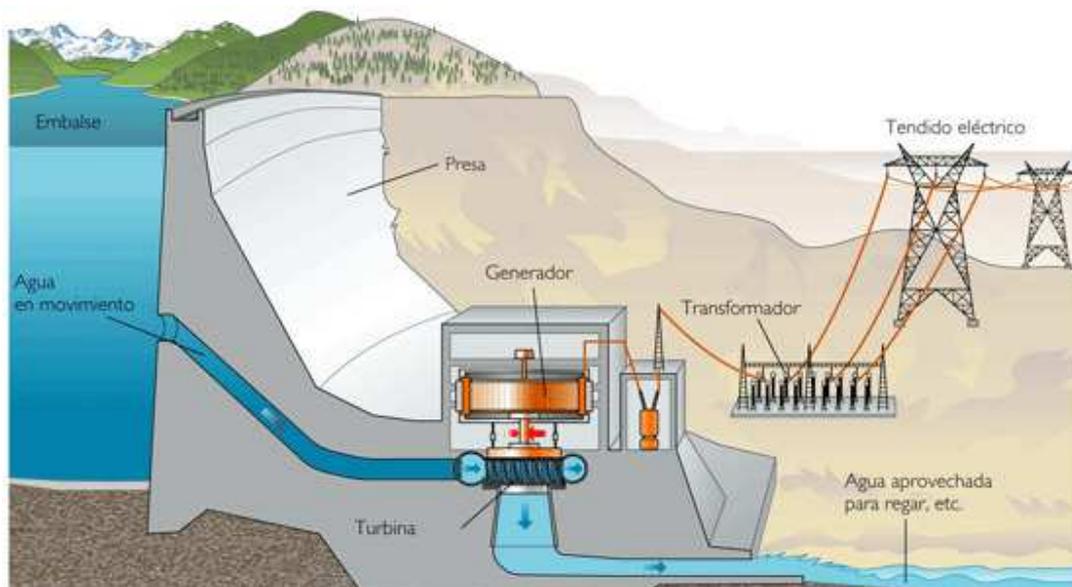


Figura 1.7 Diagrama de una Central Hidroeléctrica

## Energía Mareomotriz

Como su nombre sugiere, la energía mareomotriz se obtiene mediante el aprovechamiento de las mareas. Para obtener energía mareomotriz se colocan partes móviles en las mareas además de mecanismos de canalización y depósito, lo que da como resultado el movimiento de un eje.

Acoplado un alternador, es posible generar energía eléctrica a partir de la energía mareomotriz. Por lo tanto, la energía mareomotriz es un tipo de energía renovable limpia.

Obviamente su fuente no se agota y además como ya dijimos es un proceso no contaminante ya que no produce subproductos contaminantes. Debido al elevado costo tanto económico como ambiental de la instalación de los dispositivos, esta energía no es de las más explotadas actualmente.

Hubo un caso famoso en el que la energía mareomotriz estuvo presente y fue en La Rance, Francia, en 1967. En el estuario del río Rance fue instalada una central eléctrica que usaba energía mareomotriz. Comparada con una central eléctrica común, el coste de los kWh fue menor, además no había emisiones de gases ni se consumían combustibles fósiles, y obviamente no presentaba el peligro de las centrales nucleares. Pero hubo problemas, incluyendo aterramiento del río, cambios en el nivel de sal del estuario y cambio en el ecosistema de la zona.

Esto nos demuestra que la energía mareomotriz, si bien es una buena alternativa para la ecología, se debe estudiar muy bien el lugar en el que será explotada. Hay que tomar en cuenta muchas cosas, como por ejemplo el tipo de ecosistema del lugar, el estado del agua, las actividades que se realizan en la zona y comprobar que no tendrá un impacto negativo a largo plazo. Usemos bien la energía mareomotriz.

## **Energía Undimotriz.**

La Energía undimotriz es la energía producida por el movimiento de las olas. Es menos conocida y extendida que la mareomotriz, pero cada vez se aplica más. Algunos sistemas pueden ser:

Un aparato anclado al fondo y con una boya unida a él con un cable. El movimiento de la boya se utiliza para mover un generador. Otra variante sería tener la maquinaria en tierra y las boyas metidas en un pozo comunicado con el mar.

Un aparato flotante de partes articuladas que obtiene energía del movimiento relativo entre sus partes.

Un pozo con la parte superior hermética y la inferior comunicada con el mar. En la parte superior hay una pequeña abertura por la que sale el aire expulsado por las olas. Este aire mueve una turbina que es la que genera la electricidad.

## **Energía Solar**

El flujo de energía recibido del sol en la tierra es de 1368 W/m<sup>2</sup>. Paga está el de energía total recibida por la superficie de la tierra pueden atmósfera. Pero la cantidad que llega a la superficie de la tierra es menor. Cuando eso está en el cenit es el momento en el que se recibe mayor energía solar aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup>. No todas las longitudes de onda de la radiación del sol son recibidas por la superficie de la tierra con la misma fuerza, afortunadamente la radiación ultravioleta es filtrada por la capa de ozono.

Hay varias causas por lo cual la radiación solar es modulada en la superficie de la tierra, el día en la noche, las estaciones, la latitud y la nubosidad. Promediando la energía recibida en un año es equivalente a  $1.56 \times 10^8$  kWh, o aproximadamente 15,000 el consumo actual de energía en el mundo. De esta energía el 30% de reflejada al espacio, 45% es absorbida convertida en calor y el regresada al espacio en forma de radiación infrarroja. El 22% contribuye a la evaporación de los mares, el 2% a la energía cinética del viento y el resto a la fotosíntesis.

La energía solar puede ser usada para producir calor y electricidad.

## **Energía Solar Térmica**

Todo mundo disfrutar el calor de los rayos del sol después de un duro invierno. Esta energía se siente en forma de calor. El uso más simple de energía solar es usarla para calentar un fluido cuyo calor puede ser extraído directa o indirectamente a través de un convertidor de calor. Cuando la energía solar eleva la temperatura de un fluido a los 50° o 60° es que puede ser usada para uso doméstico como el agua caliente. Esta agua caliente se podrá usar posteriormente para cocinar o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico (ACS), ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de energía eléctrica. Actualmente también tenemos la posibilidad de alimentar una máquina de refrigeración

por absorción, que empleará esta energía solar térmica en lugar de electricidad para producir frío como lo haría un aparato de aire acondicionado tradicional. El funcionamiento de la captación de energía solar térmica se basa en lo siguiente: el primer paso es captar los rayos solares mediante colectores o paneles solares, después a través de este panel solar hacemos pasar agua u otro fluido de características similares, de esta manera una parte del calor absorbido por el panel solar es transferido al agua y de esta forma ya puede ser directamente usada o almacenada para que hagamos uso de el cuando se requiera.

Existen varias tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, pero las principales son:

- La Circulación Natural
- La Circulación Forzada

La diferencia fundamental entre ambas es que en la primera (circulación natural) no hay elementos en el sistema de tipo electromecánico: el motor de la circulación natural es directamente la energía solar, mientras que en la segunda (circulación forzada), el fluido circula gracias a una bomba de circulación.

### **Colectores Solares**

Un colector solar consta de una placa captadora que, gracias a su geometría y a las características de su superficie, absorbe energía solar y la convierte en calor (conversión fototérmica). Esta energía es enviada a un fluido portador del calor que circula dentro del colector mismo o tubo térmico.

La característica principal que identifica la calidad de un colector solar es su eficiencia, entendida como capacidad de conversión de la energía solar incidente en energía térmica. Fundamentalmente existen tres tipos de colectores solares: planos, de vacío y de concentración. Los primeros se dividen en otras dos categorías: planos con cubierta y planos sin cubierta.

#### **Colectores solares planos**

Los colectores solares planos son el tipo más común actualmente. Los colectores planos con cubierta están compuestos esencialmente por una cubierta de vidrio, una placa captadora aislada térmicamente en la parte inferior y están lateralmente contenidos en una caja de metal o plástico.

Los colectores planos sin cubierta normalmente son de material plástico y están directamente expuestos a la radiación solar.

#### **Colectores solares de vacío**

Están proyectados para reducir las dispersiones de calor hacia el exterior. El calor captado por cada elemento (tubo de vacío) es transferido a la placa, generalmente de cobre, que está dentro del tubo. De esta manera, el líquido portador del calor se calienta y, gracias al vacío, se reduce al mínimo la dispersión de calor hacia el exterior. En su interior la presión del aire es muy reducida, de forma que impide la cesión de calor por conducción. En la fase de montaje, el aire entre el absorbedor y el vidrio de la cubierta es aspirado y hay que asegurar una hermeticidad perfecta y perdurable en el tiempo.

#### **Colectores solares de concentración**

Los colectores solares de concentración son colectores cóncavos proyectados para optimizar la concentración de la energía solar en un punto bien determinado. Son eficaces sólo con luz solar directa, ya que tienen que seguir el movimiento del sol. Este modelo de colector, que puede alcanzar altas temperaturas, es una elección lógica para generadores solares o para hornos de altísimas temperaturas (más de 4.000°C). El coste y la realización del equipo de seguimiento del sol y su construcción determinan que sea poco práctico.

### Principales características de un colector solar térmico

#### Eficiencia

La eficiencia de un colector solar se define como la relación entre la energía absorbida (densidad de energía) por el fluido portador del calor y la energía incidente (densidad de energía solar) sobre su superficie. A continuación se muestran en la figura 1.8 y figura 1.9

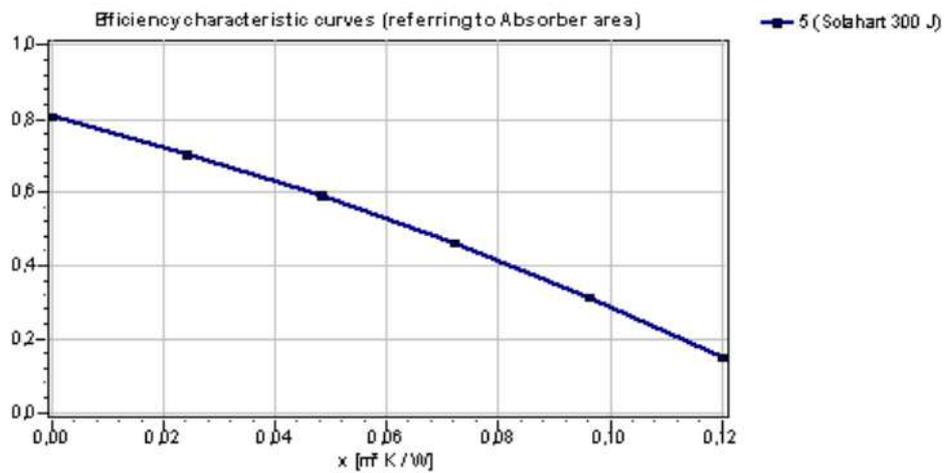
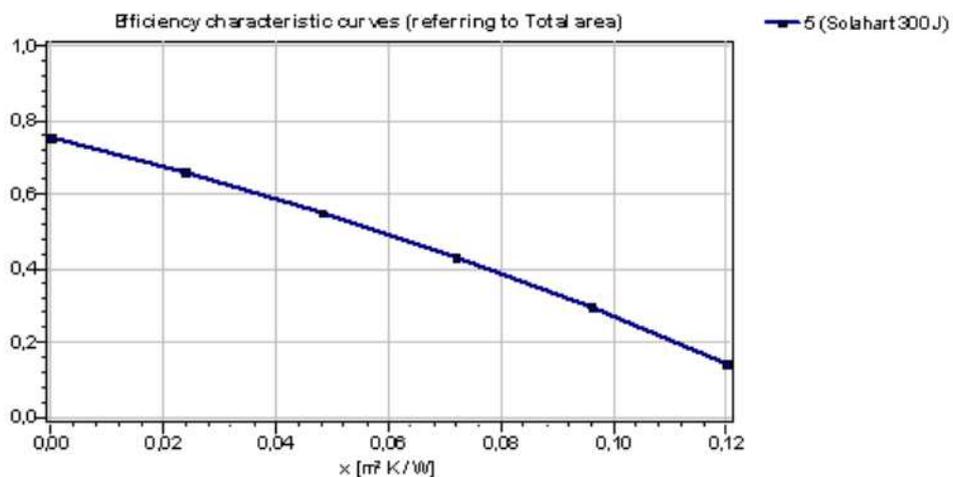


Figura 1.8 Curva característica de eficiencia (referida al área de absorción) Fuente



*Figura 1.9 Curva característica de eficiencia (referida al área total) Fuente*

El significado de los valores del eje horizontal es el siguiente:

Abcisas =  $DT / G$  DT: Diferencia entre temperatura ambiente y temperatura del colector

G : Radiación solar térmica

En la práctica, los valores del eje horizontal se pueden interpretar, de una forma aproximada, de la siguiente manera:

Eje horizontal = 0,02  $\Rightarrow$  20 °C de diferencia de temperatura entre el colector y el ambiente

Eje horizontal = 0,04  $\Rightarrow$  40 °C de diferencia de temperatura entre el colector y el ambiente

Eje horizontal = 0,06  $\Rightarrow$  60 °C de diferencia de temperatura entre el colector y el ambiente

En el análisis de un gráfico de eficiencia, hay que dar especial importancia al área del colector:

1. sólo el área de la placa captadora -figura 1.8
2. área total del colector -figura 1.9

Esta distinción es especialmente importante en la comparación de las eficiencias de los colectores solares planos y las de los colectores solares de vacío.

### Selectividad

Los colectores solares de placa selectiva han sido tratados electro-químicamente, con la finalidad de que tengan una superficie con alto coeficiente de absorción y bajo coeficiente de reflexión hasta una temperatura de 250°C. El tratamiento electro-químico consiste generalmente en una capa de cromo negro sobre níquel, ambos sobre la placa captadora (generalmente de cobre-cobre, de cobre-aluminio o de acero). Este tratamiento permite aumentar notablemente las prestaciones del colector solar.

### **Energía Solar fotovoltaica**

La conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se debe al fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, fenómeno conocido como efecto fotovoltaico.

El objeto físico en el que este fenómeno tiene lugar es la célula solar, que no es otra cosa que un diodo con la característica esencial de tener una superficie muy amplia (unas decenas de cm<sup>2</sup>).

Para analizar de forma más minuciosa el efecto fotovoltaico es necesario, por tanto, describir, por lo menos conceptualmente, el funcionamiento del diodo (unión p-n). Además, ya que hasta hoy el material más utilizado para la realización de las células solares es el silicio cristalino, se tomará en consideración el diodo de silicio. El silicio tiene 14 electrones de los que 4 son de valencia, lo que

quiere decir que están disponibles para unirse con electrones de valencia de otros átomos. En un cristal de silicio químicamente puro, cada átomo está unido de forma covalente con otros 4 átomos así que dentro del cristal no hay, como consecuencia del enlace químico, electrones libres.

Algunos átomos de silicio en cristal se sustituyen con átomos de fósforo, elemento que tiene 5 electrones de valencia: 4 serán utilizados para enlaces químicos con átomos adyacentes de silicio, mientras que el quinto puede ser separado del átomo de fósforo mediante energía térmica y así tener libertad de movimiento en el retículo del cristal.

De forma análoga, si la sustitución se realiza con átomos de boro, que sólo tiene 3 electrones de valencia, faltará un electrón para completar los enlaces químicos con los átomos adyacentes de silicio. Este electrón que falta actúa como si fuera un electrón 'positivo' y se llama hueco.

En el enlace con fósforo, por tanto, los portadores de carga libres son negativos y el material es llamado de tipo n, mientras en la sustitución de átomos de silicio con átomos de boro, los portadores de carga son positivos y el material es llamado de tipo p.

La unión p-n (diodo) se realiza uniendo una barra de material de tipo n con una barra de material de tipo p.

Los electrones libres en el material 'n' verán a la izquierda una región en la que no existen electrones libres y, por tanto, habrá un flujo de estos portadores hacia la izquierda en el intento de restablecer el equilibrio. De forma análoga, los huecos verán a su derecha una región en la que no hay huecos y habrá, por tanto, un flujo de cargas positivas hacia la derecha. Con el avance de este proceso de difusión, en el lado izquierdo se tendrá un exceso de cargas negativas mientras en el lado derecho habrá un exceso de cargas positivas. Por consiguiente, en la región de unión de los dos materiales se ha creado un campo eléctrico que se hace cada vez más grande a medida que los huecos y los electrones continúan difundándose hacia lados opuestos. El proceso continúa hasta que el potencial eléctrico alcanza un tamaño que impide la posterior difusión de electrones y huecos. Cuando se alcanza este equilibrio se habrá creado un campo eléctrico permanente en un material sin la ayuda de campos eléctricos externos.

Con la información anterior, es posible explicar el efecto fotovoltaico. De hecho, hay que suponer que un fotón (partícula que constituye un rayo solar) entre en la región de tipo p del material. Si el fotón tiene una energía mayor que la 'band gap' -energía mínima necesaria para romper un enlace del retículo del silicio- será absorbido y creará una pareja electrón-hueco. El electrón liberado

se moverá hacia la derecha a causa del potencial eléctrico. En cambio, si un fotón entra en la zona n, el hueco creado se moverá hacia la izquierda. Este flujo producirá una acumulación de cargas positivas en la izquierda y de cargas negativas en la derecha, dando origen a un campo eléctrico opuesto al creado por el mecanismo de difusión. Cuantos más fotones llegan a la unión, tanto más los campos tienden a anularse el uno con el otro, hasta llegar al punto en el que ya no haya un campo interno que separe cada pareja electrón-hueco. Esta es la condición que determina la tensión a circuito abierto de la célula fotovoltaica.

Finalmente, poniendo unos electrodos (contactos metálicos) sobre la superficie de la célula se puede utilizar el potencial creado. Se puede observar lo anterior gráficamente en la figura 1.10

### La célula fotovoltaica

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semiconductor, frecuentemente de silicio como lo podemos ver en la Figura 1.10. Para la realización de las células, el material actualmente más utilizado es el mismo silicio utilizado por la industria electrónica, cuyo proceso de fabricación presenta costes muy altos, no justificados por el grado de pureza requerido para la fotovoltaica, que son inferiores a los necesarios en electrónica.

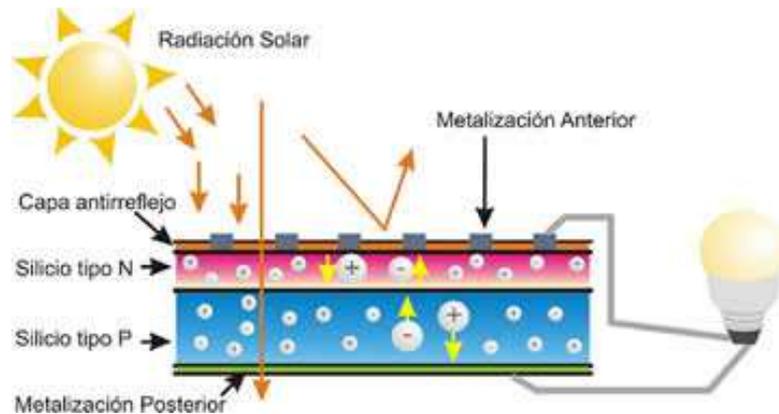


Figura 1.10 Celda Fotovoltaica

### Módulos fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico es una estructura robusta y manejable sobre la que se colocan las células fotovoltaicas. Los módulos pueden tener diferentes tamaños (los más utilizados tienen superficies que van de los 0,5 m<sup>2</sup> a los 1,3 m<sup>2</sup>) y constan normalmente de 36 células conectadas eléctricamente en serie. Los módulos formados tienen una potencia que varía entre los 50Wp y los 150Wp, según el tipo y la eficiencia de las células que lo componen.

### Generador fotovoltaico

Está formado por el conjunto de los módulos fotovoltaicos, adecuadamente conectados en serie y en paralelo, con la combinación adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación. El elemento base es el módulo fotovoltaico.

Varios módulos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, para obtener la tensión nominal de generación, forman la rama. Finalmente, la conexión eléctrica en paralelo de muchas ramas constituye el campo.

La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía durante el año en función de la insolación de la localidad y de la latitud de la misma.

## **1.2 Generación y Consumo Energético en México**

Es importante para el desarrollo de esta tesis contextualizar el entorno energético en nuestro país, ya que con esto podemos analizar las necesidades energéticas en México y plantear los principales desbloquear problemas que se derivan de este. Debemos saber los usos de la energía que se le da dentro de nuestro país, así como nuestras fuentes más explotadas y principalmente el consumo energético utilizado para la vivienda.

La fuente de información oficial para medir el consumo y producción energética en México es el balance nacional de energía el cual es un documento que presentan las estadísticas energéticas sobre el origen y destino de las fuentes primarias y secundarias de energía, para un periodo determinado. Uno de los principales objetivos es ofrecer información útil y comparable a nivel nacional para el análisis del desempeño del sector energético y el diseño, formulación e implementación de políticas públicas en la materia.

### **1.2.1 Balance Nacional de Energía**

La Secretaría de Energía (SENER) publicó el Balance Nacional de Energía (BNE) la última versión que se tiene es la referente al 2011, este documento es fundamental para entender el entorno energético en México. Para quien tiene conocimiento técnico de la energía sencillo de entender, sin embargo me gustaría definir dos conceptos fundamentales.

Oferta interna bruta de energía - Es la cantidad total de energía primaria y secundaria dentro del territorio nacional

Producción - Es el total de energía extraída o capturada de subsuelo, explotada o recolectada dentro del territorio nacional. Para fines estadísticos, se asumen que toda la producción es consumida, y el consumo nacional se obtiene a partir de coeficientes de consumo per cápita a nivel urbano y rural.

La relación entre producción y oferta interna bruta mide el grado en que la oferta interna bruta de un país es cubierta con producción nacional. Todos aquellos países o regiones que tienen una tasa mayor que la unidad, satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con producción propia. Tal es el caso de México.

Asimismo es necesario comprender la visión que tiene el balance nacional de energía respecto a esta lo cual podemos ver en la figura 1.12

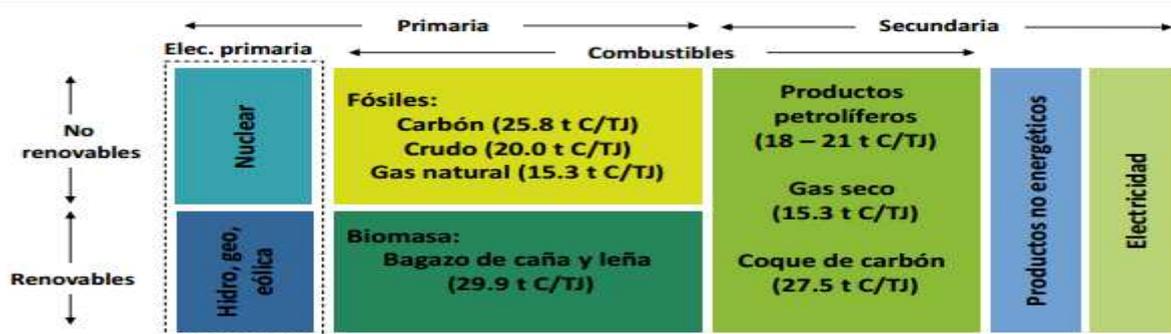


Figura 1.12 Perspectiva de la energía en el Balance Nacional de Energía.

Del balance nacional de energía se pueden obtener conclusiones claras que nos ayudaran a comprender la problemática del entorno energético en nuestro país, por ejemplo que de 2010 a 2011, el PIB creció 3.9%, mientras que el consumo nacional de energía incrementó 4.1%. Dicho incremento en el consumo de energía se debió principalmente a un mayor requerimiento de energía en las actividades de transformación (8.7%), lo cual a su vez, estuvo asociado a la mayor generación de electricidad, necesaria para cubrir la incorporación de nuevos usuarios que se conectaron al servicio público de energía eléctrica.

El consumo de energía per cápita fue 76.9 GJ por habitante<sup>23</sup> en 2011, 3.3% mayor que 2010. En dicho año, la población mexicana pasó de 108.4 a 109.2 millones de habitantes, lo que representó un crecimiento de 0.8%.

### Producción de energía en México

La cantidad de energía que México produce proviene principalmente de fuentes de energía primaria y en menor medida de fuentes de energía secundaria: en 2006 la producción de energía primaria fue de 10,619 petajoules (PJ) y de energía secundaria fue de 5,236.9 PJ, poco menos de la mitad que la energía primaria. Entre 2000 y 2006, la producción de energía primaria aumentó 9.4%, al pasar de 9,702.9 a 10,619 PJ. Los hidrocarburos representaron la principal fuente de energía primaria: en 2006, 89.9% de la energía producida en el país provino de esta fuente. Después del petróleo, el gas y la hidroenergía, la leña es la cuarta fuente más importante de energía primaria en México: representó 2.3% del total en 2006.

En 2011 la producción nacional de energía primaria totalizó 9,190.76 PJ, 0.7% menor a la registrada en 2010. En la gráfica 1.13 podemos ver la aportación porcentual de cada una de las fuentes de energía. A lo que sale a la vista es que la aportación de las energías renovables sigue siendo muy inferior a las fuentes no renovables, si bien se ha tenido un crecimiento en comparación a los años pasados. Estas no tienen la capacidad actual de solventar las necesidades energéticas actuales.

Por su parte, la producción de energía secundaria aumentó 6.4% entre 2001 y 2006, al pasar de 4,920.7 PJ a 5,236.9 PJ. En 2006, las principales fuentes de energía secundarias producidas en

México fueron el gas seco (25.5% del total), gasolinas y naftas (18.1%), energía eléctrica (15.5%), combustóleo (14.6%) y diesel (12.4%).

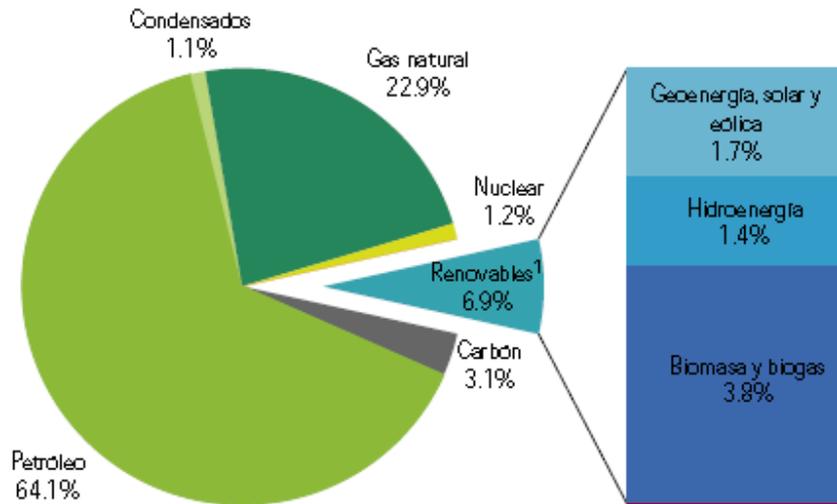


Figura 1.13 Estructura de la producción de energía primaria, Fuente: Sistema de Información Energética, con cálculos propios.

Si comparamos la aportación de las energías renovables respecto al año pasado podemos obtener los siguientes datos:

La generación de las hidroeléctricas disminuyó 1.3%, derivado de los escasos niveles de precipitación en 2011 y la consecuente disminución en el nivel de agua en las presas.

La geoenergía totalizó 149.29 PJ durante 2011. Dicha producción presentó una ligera disminución de 0.4% respecto a 2010. Cabe señalar que México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en el aprovechamiento de esta fuente renovable.

En lo que se refiere a la energía eólica, durante 2011 comenzaron las pruebas para arrancar las centrales Oaxaca II y Oaxaca III, que son las primeras centrales de generación eólica en la modalidad de Productor Independiente de Energía (PIE). Dichas centrales inyectaron a la red 0.91 PJ. Adicionalmente, los auto generadores de electricidad aportaron 4.65 PJ de energía eólica. Con ello, la producción eólica alcanzó 5.93 PJ, 33.1% mayor respecto a 2010.

La producción de energía solar aumentó 19.4% respecto a 2010. Esto último fue resultado de un incremento de 18.8% en el área total instalada de calentadores solares y de 6.8% en módulos fotovoltaicos. Asimismo, en diciembre de 2011 entró en operación el primer Piloto Solar Fotovoltaico de la CFE, de 1 MW de capacidad, ubicado en Santa Rosalía, Baja California Sur.

Por su parte, la biomasa, que se integra por bagazo de caña (30%) y leña (70%) incrementó de 348.28 PJ en 2010 a 348.67 PJ en 2011. En este último año se concretó la entrada en operación de

tres proyectos a partir de biomasa y biogás, por una capacidad total de 47.7 MW. Destacó el proyecto de PIASA Cogeneración<sup>29</sup>, con 40 MW de capacidad a partir de bagazo de caña de azúcar.

Una resumen de las aportaciones y variaciones de las fuentes de energía primaria lo podemos ver en la tabla 1.2

	2010	2011	Variación porcentual (%) 2011/2010	Estructura porcentual (%) 2011
<b>Total</b>	<b>9,250.71</b>	<b>9,190.76</b>	<b>-0.65</b>	<b>100</b>
Carbón	241.28	290.96	20.59	3.17
Hidrocarburos	8,304.34	8,151.63	-1.84	88.69
Petróleo crudo	6,008.64	5,933.53	-1.25	64.56
Condensados	92.51	100.38	8.50	1.09
Gas natural	2,203.19	2,117.72	-3.88	23.04
Nucleoenergía	63.94	106.39	66.39	1.16
Renovables <sup>1</sup>	641.14	641.78	0.10	6.98
Hidroenergía	132.26	130.56	-1.29	1.42
Geoenergía	149.94	149.29	-0.43	1.62
Energía solar	4.91	5.86	19.40	0.06
Energía eólica	4.46	5.93	33.08	0.06
Biogas	1.30	1.47	13.35	0.02
Biomasa	348.28	348.67	0.11	3.79
Bagazo de caña	88.97	90.58	1.81	0.99
Leña	259.31	258.09	-0.47	2.81

Tabla 1.2 Producción de energía primaria, Fuente: Sistema de Información Energética, Sener

En 2011, la energía primaria enviada a centros de transformación sumó 5,509.42 PJ, 1.6% más que en 2010. Tal incremento, en términos energéticos, representó 88.2 PJ. Los centros de transformación a los cuales se envió la mayor cantidad de energía fueron las refinerías y despuntadoras (49.6%), en donde se procesa principalmente petróleo crudo.

Las plantas de gas y fraccionadoras, instalaciones que procesan principalmente gas natural, procesaron 35.7% de la energía en 2011. De 2010 a 2011, la energía procesada aumentó 4.3%. Las centrales eléctricas, tanto las de la CFE como PIE y auto generadores, recibieron 744.3 PJ, lo que representó 13.5% de la energía primaria enviada a transformación. De dicho porcentaje, las centrales de autogeneración participaron con 8%.

Las pérdidas por transformación, que corresponden a la diferencia entre la energía obtenida en los centros de transformación y la energía total enviada a éstos, ascendieron a 1,659.26 PJ, 8.8% superiores a las de 2010. Con ello, la eficiencia promedio en los centros de transformación, que se define como la relación entre producción e insumos energéticos, fue de 76.9% en 2011.

Las centrales eléctricas públicas tuvieron las mayores pérdidas en 2011. En dicho año, éstas registraron una eficiencia promedio de 41%, 1 punto porcentual por abajo de 2010.

### 1.2.3 Consumo nacional de energía

En 2011 el consumo nacional de energía aumentó 4.1% respecto al año anterior al totalizar 8,399.02 PJ33, la cual es una cantidad considerable. Este flujo es el agregado de la energía que se envía a las distintas actividades o procesos para su utilización. Podemos observar en la figura 1.13 que la demanda de energía, es decir el consumo de esta, sigue una tendencia a incremental.

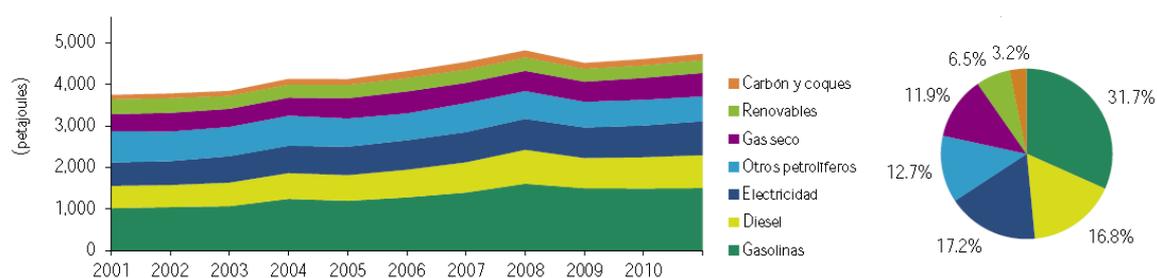


Figura 1.14 Evolución del consumo final de energía, Fuente Balance Nacional de Energía

El sector con mayor consumo energético sigue siendo el del transporte, por supuesto la gasolina es el combustible que más se utiliza seguido del diesel. La industria ocupa el segundo lugar el consumo es seguidor del sector residencial, comercial y público. El mayor uso que se le da la energía en el sector residencial pesada calefacción, cocción de alimentos, calentamiento de agua para uso doméstico y electrodomésticos, por lo que podemos observar que el gas licuado ocupa el primer lugar en este rubro seguido de la electricidad. Siendo el tema de estudio de esta tesis el sector residencial nos enfocaremos en este.

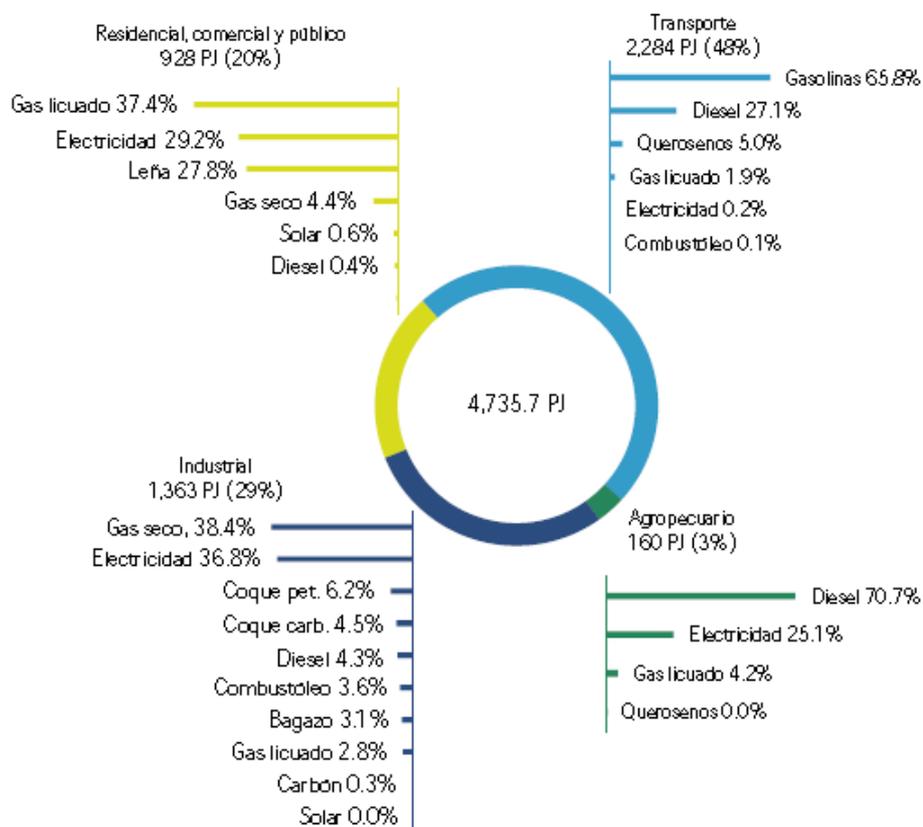


Figura 1.15 Consumo final energético por sector y energético, 2011 Fuente: Sistema de Información Energética, con cálculos propios.

### Sector residencial, comercial y público

El consumo de energía en el sector residencial incrementó 0.5% en 2011 con respecto a 2010, totalizando 768.69 PJ (Cuadro 14). Este crecimiento se debió principalmente al mayor consumo de electricidad en los hogares (6.3%), derivado de la incorporación regularización y conexión- de usuarios residenciales al servicio de energía eléctrica en el área central del país. Asimismo, en 2011 se observó una disminución de 2.3% en el consumo de gas LP en los hogares. Esto se debió a la expansión del uso del gas natural en zonas urbanas del país que hoy tienen acceso al mismo, las mejoras en los estándares de eficiencia de los calentadores de agua, la preferencia por el uso del horno de microondas, la sustitución de estufas y la introducción de paneles solares.

	2010	2011	Variación porcentual (%) 2011/2010	Estructura porcentual (%) 2011
<b>Residencial</b>	<b>765.25</b>	<b>768.69</b>	<b>0.45</b>	<b>100</b>
Solar	2.81	3.35	19.33	0.44
Leña	259.31	258.09	-0.47	33.57
Total de petrolíferos	293.71	287.05	-2.27	37.34
Gas licuado	292.53	285.76	-2.31	37.18
Querosenos	1.18	1.29	9.28	0.17
Gas seco	31.56	31.19	-1.18	4.06
Electricidad	177.87	189.02	6.27	24.59
<b>Comercial</b>	<b>128.19</b>	<b>130.44</b>	<b>1.75</b>	<b>16.97</b>
Solar	1.88	2.24	19.46	0.29
Total de petrolíferos	66.64	65.68	-1.43	8.54
Gas licuado	62.95	61.75	-1.90	8.03
Diesel	3.69	3.93	6.65	0.51
Gas seco	9.80	9.64	-1.71	1.25
Electricidad	49.87	52.87	6.02	6.88
<b>Público</b>	<b>27.80</b>	<b>29.12</b>	<b>4.74</b>	<b>3.79</b>
Electricidad	27.80	29.12	4.74	3.79

Tabla 1.3 Consumo de energía en los sectores residencial (Pentajules), comercial y público, Fuente: Sistema de Información Energética, Sener.

### 1.3 Impacto Ambiental

A la hora de evaluar y de comparar las distintas fuentes energéticas, cada vez cobran mayor importancia las consideraciones referidas a su impacto ambiental. Estas consideraciones son tan importantes que están afectando decisivamente la configuración del futuro energético de muchos países. Los daños ambientales derivados de la producción, transporte y consumo de las distintas fuentes de energía han sido asociados con los siguientes:

#### Impactos Locales

El agotamiento progresivo de los recursos no renovables. La mayoría de las fuentes actuales de energía son recursos no renovables, con riesgo de agotamiento, con el consiguiente impacto en las generaciones futuras

Las emisiones a la atmósfera. La producción, transporte y consumo de energía es hoy fuente de emisiones atmosféricas: el dióxido de carbono, los óxidos de azufre y de nitrógeno, el metano, el monóxido de carbono, los metales pesados, las partículas en suspensión y los clorofluorocarbonos, son algunos de los contaminantes principales.

La contaminación del agua y de los suelos. Se producen asimismo vertidos que contaminan el agua (eutrofización, por ejemplo) y los suelos con consecuencias para la salud humana y los ecosistemas.

La generación de residuos. La producción y consumo de energía produce residuos sólidos, que a menudo son de difícil y costoso tratamiento para evitar impactos ambientales significativos. Los residuos radioactivos representan un problema particularmente importante.

La utilización del suelo. La producción, transporte, almacenamiento y consumo de energía suponen una importante ocupación de suelos, y desplazan otros usos de la corteza terrestre

La generación de ruidos. La polución acústica es particularmente importante en el caso de algunas fuentes energéticas.

Los impactos visuales sobre el paisaje. En ocasiones, las instalaciones energéticas dañan el paisaje y representan un impacto visual negativo.

### **Impactos Globales**

El cambio climático, como consecuencia de la acentuación del efecto invernadero. Con sus consecuencias, entre otras, de posible subida del nivel del mar, extensión de la aridización, y difusión de enfermedades

La disminución de la capa de ozono estratosférico, con posibles consecuencias para la salud humana (mayores cánceres de piel y enfermedades de visión, por ejemplo)

La lluvia ácida, con consecuencias negativas para los ecosistemas y para las infraestructuras humanas

Los efectos negativos sobre la biodiversidad. La disminución de la biodiversidad es un grave problema no sólo estético y cultural, sino también, y sobre todo, de disminución de la información genética que necesitamos para producir nuevos fármacos y nuevos materiales.

La evaluación de las externalidades ambientales asociadas a la generación de un kilowatt hora, partiendo de la valuación física de los impactos, su clasificación y comparación. Posteriormente, se reducen todos los valores obtenidos a unos supra-valores finales que determinarán lo que se denomina eco-puntos. Cuanto mejor es (desde el punto de vista ambiental) la fuente energética, menos ecopuntos debe tener. El estudio del IDAE establece un sistema de comparación de tecnologías de generación eléctrica en función de su contribución más o menos negativa a doce problemas ambientales concretos. El resultado lo podemos ver la figura 1.16

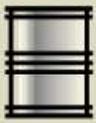
<b>Sistemas energéticos</b>	Lignito	Petróleo	Carbón	Nuclear	Solar Foto-voltaico	Gas Natural	Eólico	Mini-hidráulica
<b>Impactos ambientales</b>								
<b>Calentamiento Global</b>	135,00	97,00	109,00	2,05	15,40	95,80	2,85	0,41
<b>Disminución Capa de Ozono</b>	0,32	53,10	1,95	4,12	3,66	0,86	1,61	0,05
<b>Acidificación</b>	920,00	261,00	265,00	3,33	97,00	30,50	3,49	0,46
<b>Eutrofización</b>	9,83	9,76	11,60	0,28	1,97	6,97	0,27	0,06
<b>Metales pesados</b>	62,90	244,00	728,00	25,00	167,00	46,60	40,70	2,58
<b>Sustancias Cancerígenas</b>	25,70	540,00	84,30	2,05	75,70	22,10	9,99	0,76
<b>Niebla de Invierno</b>	519,00	135,00	124,00	1,50	53,30	3,08	1,48	0,15
<b>Niebla Fotoquímica</b>	0,49	36,90	3,05	0,32	3,03	3,47	1,25	0,06
<b>Radiaciones Ionizantes</b>	0,02	0,02	0,05	2,19	0,12	0,00	0,01	0,00
<b>Residuos Residuos Radiactivos</b>	5,28	7,11	10,60	565,00	34,90	1,34	1,83	0,32
<b>Agotamiento Recursos Energéticos</b>	5,71	13,60	5,47	65,70	7,06	55,80	0,91	0,07
<b>Total</b>	<b>1735,16</b>	<b>1398,11</b>	<b>1355,92</b>	<b>671,82</b>	<b>460,98</b>	<b>267,11</b>	<b>64,67</b>	<b>5,43</b>

Figura 1.16 Comparación de los impactos ambientales de ocho tecnologías de generación eléctrica, Fundación de Gas Natural

### 1.3.1 Impactos de la generación energética en México

Dentro del contexto internacional, la Agencia Internacional de Energía ha identificado que el sector energético contribuye con aproximadamente 80% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el mundo. En su mayoría (60%), se derivan de la liberación de CO<sub>2</sub> durante la combustión, como resultado de la oxidación de carbono en los combustibles. No obstante, también existen emisiones fugitivas producidas por la liberación de gases como el metano (CH<sub>4</sub>).

El cuarto reporte del IPCC (2007) destaca que las emisiones de los distintos gases de efectos invernadero (GEI), como el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los clorofluorocarburos (CFC), han alterado la composición de los gases en la atmósfera, atrapando parcialmente más radiación de onda larga saliente y con ello, se ha modificado el balance radiactivo promedio. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, se deben en gran medida al consumo de combustibles de origen fósil (petróleo, gas y sus derivados, como la gasolina)

La principal consecuencia del aumento en las concentraciones de los GEI es el fenómeno conocido como cambio climático reflejado en un aumento de la temperatura media del planeta, cambios en los patrones de precipitación, reducción de la criósfera, alza del nivel del mar y modificaciones en los patrones de eventos climáticos extremos (IPCC, 2007). Así, tenemos que la anomalía en la temperatura se ha incrementado pasando de 0.16 °C en 1977 a 0.76 °C en 2007, lo cual implica un aumento promedio anual del orden de 7.9% desde 1977 a 2007. Estos resultados son confirmados por distintas investigaciones así como distintos centros meteorológicos a nivel mundial, tomando mediciones tanto en la superficie terrestre como en el nivel del mar (IPCC, 2007, p. 243).

En México, las emisiones totales de GEI pasaron de un nivel de 425 268 Gg en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>e) en 1990 a 553 329 Gigagramos (Gg) en el 2002 y donde la mayor contribución a las emisiones totales provienen de la producción y el uso de la energía, que anualmente aporta en promedio 72% de las emisiones totales

Esta contribución resulta además preocupante atendiendo a la dinámica del consumo de energía

La energía se ha convertido en una materia prima hegemónica y fundamental para el funcionamiento de las economías. México no es la excepción, de hecho la evolución del crecimiento económico muestra una alta correlación, tanto en niveles como en tasas de crecimiento, con el consumo nacional de energía. Efectivamente, la evolución del consumo de energía muestra una trayectoria ascendente que sigue con un cierto rezago los cambios en la trayectoria del producto (Galindo, 2009). En este sentido, existe una fuerte asociación entre los niveles de producción, de energía y por consiguiente con el nivel de empleo y en los niveles de emisión de GEI. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1990 2006 (INEGEI), el sector energía (producción, transformación, manejo y consumo de productos energéticos) es la principal fuente de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en México. Representó 60.7% del total de las emisiones durante 2006. En México, las emisiones totales de GEI del sector energético alcanzaron 498.51 Tg CO<sub>2</sub> eq<sup>40</sup> durante 2011, 3.5% inferior respecto a 2010 (Cuadro 19). De 2001 a 2011, dichas emisiones crecieron 1.8% promedio anual

Las emisiones per cápita promediaron 5 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante en 2011, 3.5% menor que las de 2010. No obstante, de 2001 a 2011 éstas crecieron 1.8% promedio anual.

Tanto el consumo de energía como las emisiones de GEI asociadas al consumo de combustibles en nuestro país han mostrado un comportamiento ascendente en los últimos años. De 2001 a 2011 la tasa de crecimiento promedio anual del consumo de energía fue de 2.5%, mientras que las emisiones por consumo de combustibles crecieron 2.3% promedio anual. En 2011, 91.3% de la oferta interna bruta, equivalente al consumo nacional de energía, provino de combustibles fósiles, mientras que menos de 9% se cubrió con combustibles no fósiles<sup>41</sup>. Esta proporción se ha mantenido relativamente constante, mostrando la fuerte dependencia del país en los combustibles fósiles, principalmente en los hidrocarburos. No obstante, en la Figura 1.18 también se puede observar cómo a partir de 2005 comienza una disociación entre el ritmo de crecimiento del consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles.

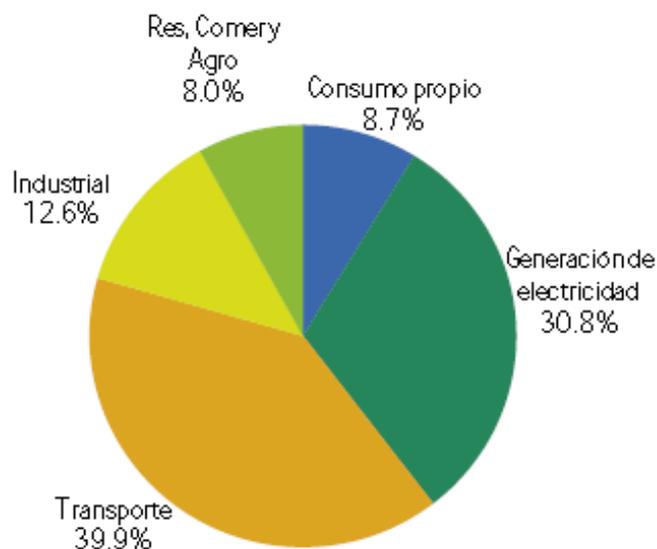


Figura 1.17 Estructura de las emisiones de GEI asociadas al consumo de combustible por sector, 2011  
Fuente: SENER e INE. Cálculos propios utilizando la metodología del IPCC de 1996

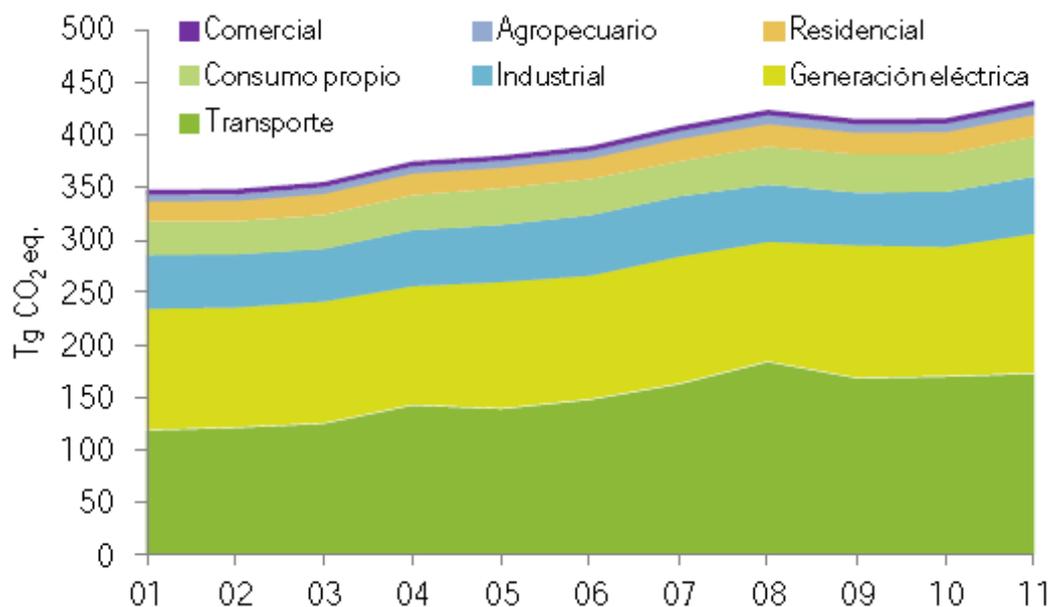


Figura 1.18 Evolución de las emisiones de CO2 eq. asociadas al consumo de combustibles por sector,  
Fuente: SENER e INE. Cálculos propios utilizando la metodología del IPCC

### 1.3.2 Impactos del consumo energético en la Vivienda

En los casos residencial y comercial las cifras presentadas en el Balance Nacional de Energía 2006 (SENER, 2007) indican que el combustible que más se utiliza es el gas licuado de petróleo el cual

tiene una participación de 38% con respecto al total de fuentes de abastecimiento, seguidos de la leña y de la electricidad con 29 y 27% respectivamente.

El sector residencial emitió 4.9% del total en 2011; es decir, 21.14 Tg CO<sub>2</sub> eq, 1.5% menores que 2010. De 2001 a 2011, las emisiones incrementaron 0.3% promedio anual. Sin embargo, su participación disminuyó 1.06 puntos porcentuales. El CO<sub>2</sub> aportó 93.1% del total de emisiones, mientras que el CH<sub>4</sub> contribuyó con 5.2% y el N<sub>2</sub>O con 1.8%.

Además la vivienda tiene los siguientes impactos

- Consumo del 16.05 % de la energía producida
- Consumo del 63 % del gas LP
- Consumo del 25 % de la electricidad
- Consumo del 99.26 % de la leña
- 5 % del total de agua consumida
- 7.64 % de las emisiones de gases efecto invernadero generados por el uso de energía
- 77 % de basura generada

Podemos observar, que la vivienda, dentro del sector residencial comercial y público es por mucho el que más consumo de energía en cuanto edificios se refiere, como podemos observar en la figura 1.18 así mismo podemos ver en la figura en la tabla 1.4 que el uso de energía va en aumento en la vivienda lo que puede aumentar los impactos ambientales.

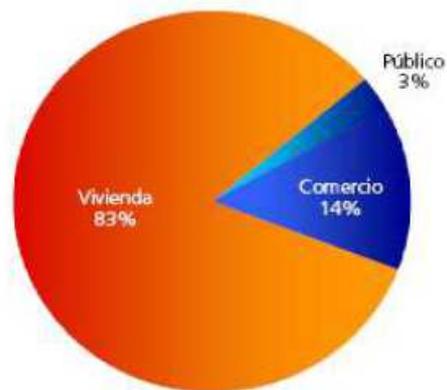


Figura 1.18 Consumo de energía en los edificios, Fuente Grupo de Tecnologías para la Sustentabilidad, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Total sector residencial, comercial y público</b>	<b>853.81</b>	<b>863.39</b>	<b>873.78</b>	<b>880.45</b>	<b>873.76</b>	<b>881.96</b>	<b>913.06</b>	<b>916.01</b>	<b>912.18</b>	<b>921.25</b>	<b>928.25</b>
Energía solar	2.08	2.32	2.66	2.96	2.05	2.23	2.68	3.15	3.87	4.69	5.59
Leña	267.09	266.24	267.03	266.65	266.43	264.60	263.24	262.05	260.68	259.31	258.09
Total de petrolíferos	351.38	354.53	356.99	358.99	339.36	339.97	368.46	364.47	350.22	360.34	352.73
Gas licuado	347.59	350.80	353.46	355.18	335.53	335.26	363.57	360.09	346.04	355.48	347.51
Querosenos	1.59	1.60	1.25	1.43	1.48	1.85	1.76	0.83	0.84	1.18	1.29
Diesel	2.20	2.13	2.28	2.38	2.35	2.85	3.14	3.55	3.33	3.69	3.93
Gas seco	29.92	32.82	35.23	35.82	42.06	42.53	39.25	39.15	41.39	41.37	40.83
Electricidad	203.34	207.49	211.87	216.03	223.85	232.63	239.42	247.20	256.03	255.54	271.01
<b>Residencial</b>	<b>715.93</b>	<b>719.82</b>	<b>731.73</b>	<b>738.88</b>	<b>731.25</b>	<b>733.45</b>	<b>761.25</b>	<b>763.92</b>	<b>757.51</b>	<b>765.25</b>	<b>768.69</b>
Energía solar	1.25	1.39	1.59	1.77	1.23	1.34	1.61	1.89	2.32	2.81	3.35
Leña	267.09	266.24	267.03	266.65	266.43	264.60	263.24	262.05	260.68	259.31	258.09
Total de petrolíferos	286.90	286.74	290.96	294.61	276.46	274.13	300.58	298.81	285.40	293.71	287.05
Gas licuado	285.31	285.14	289.72	293.18	274.99	272.28	298.83	297.98	284.56	292.53	285.76
Querosenos	1.59	1.60	1.25	1.43	1.48	1.85	1.76	0.83	0.84	1.18	1.29
Gas seco	22.65	24.94	28.65	29.21	34.01	33.35	30.82	30.35	31.94	31.56	31.19
Electricidad	138.04	140.52	143.50	146.64	153.11	160.03	165.01	170.82	177.17	177.87	189.02
<b>Comercial</b>	<b>116.38</b>	<b>121.76</b>	<b>119.91</b>	<b>118.93</b>	<b>119.29</b>	<b>124.77</b>	<b>127.29</b>	<b>126.63</b>	<b>126.58</b>	<b>128.19</b>	<b>130.44</b>
Energía solar	0.84	0.93	1.07	1.19	0.82	0.89	1.07	1.26	1.55	1.88	2.24
Total de petrolíferos	64.48	67.79	66.03	64.38	62.90	65.83	67.88	65.66	64.81	66.64	65.68
Gas licuado	62.27	65.66	63.75	62.00	60.54	62.98	64.75	62.12	61.48	62.95	61.75
Diesel	2.20	2.13	2.28	2.38	2.35	2.85	3.14	3.55	3.33	3.69	3.93
Gas seco	7.27	7.87	6.58	6.61	8.06	9.18	8.43	8.80	9.44	9.80	9.64
Electricidad	43.80	45.17	46.24	46.75	47.52	48.86	49.90	50.91	50.77	49.87	52.87
<b>Público</b>	<b>21.50</b>	<b>21.81</b>	<b>22.14</b>	<b>22.64</b>	<b>23.22</b>	<b>23.75</b>	<b>24.51</b>	<b>25.47</b>	<b>28.09</b>	<b>27.80</b>	<b>29.12</b>
Electricidad	21.50	21.81	22.14	22.64	23.22	23.75	24.51	25.47	28.09	27.80	29.12

*Tabla 1.4 Consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público 2001-2011, Sistema de Información Energética, Sener.*

## 1.4 Desarrollo Sustentable

*“Lejos de ser una carga, el desarrollo sustentable supone una oportunidad excepcional: desde el punto de vista económico, para crear mercados y empleos; desde el punto de vista social, para integrar a los marginados; y desde el punto de vista político, para que todos los hombres y mujeres tengan voz y voto al decidir su propio futuro”*

Kofi Annan, Secretario General de las Naciones Unidas

A partir de la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, Suecia), del 5 al 16 de junio de 1972, se manifestaron, por primera vez, las preocupaciones de la comunidad internacional en torno a los problemas ecológicos y del desarrollo. En 1976, con motivo de la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, conocida como Hábitat (Vancouver, Canadá), se consideró la necesidad de mejorar la calidad de vida a través de la provisión de vivienda adecuada para la población y el desarrollo sustentable de los asentamientos humanos. En 1987, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo adoptó por unanimidad el documento Nuestro futuro común o Informe Brundtland, que constituye el acuerdo más amplio entre científicos y políticos del planeta y que sintetiza los desafíos globales en materia ambiental en el concepto de desarrollo sustentable. Éste se definió como «aquel que satisface las necesidades esenciales de la generación presente sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades esenciales de las generaciones futuras». Para ilustrar la presencia de los componentes de la sustentabilidad en un marco conceptual, los tres ámbitos fundamentales involucrados en tal concepto fueron plasmados en un esquema sinóptico: el bienestar humano, el bienestar ecológico y las interacciones. Se trata de un enfoque integrado del desempeño económico y ambiental, que conforma un área de factibilidad, donde el crecimiento económico debería ser suficiente para resolver el problema de la pobreza y paralelamente sustentable para evitar una crisis ambiental, considerando además tanto la equidad entre las generaciones presentes como la equidad intergeneracional que involucra los derechos de las generaciones futuras.

Al adherirse al Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o Agenda 21, suscrito durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, México se comprometió a adoptar medidas nacionales y globales en materia de sustentabilidad, como también acciones orientadas a la generación de indicadores a través de los cuales se puedan medir y evaluar las políticas y estrategias de desarrollo sustentable.

La sustentabilidad desde el punto de vista político se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta México en materia de desarrollo sustentable es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social.

Entre los factores clave del desarrollo sustentable, se encuentra el crecimiento poblacional, la demanda energética, el cambio climático, la escasez de recursos y del agua, y el manejo de residuos.

En 1987, el desarrollo sustentable fue presentado formalmente por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, como una alternativa al desarrollo socioeconómico tradicional, causante de graves daños ambientales al planeta.

Un factor que sin duda ha metido al desarrollo sustentable en los planes de negocio de las organizaciones es la presión que los inversionistas han hecho últimamente, con la creación de índices que miden el buen gobierno, y que empiezan a tener un peso considerable en evaluación de una empresa.

El impacto de todos estos cambios se ha empezado a sentir en nuestro país; México, como país, no es uno de los grandes emisores de gases de efecto invernadero, pues sólo emitimos el 1.5 por ciento a nivel mundial. No obstante, nuestras emisiones han crecido un 40 por ciento de 1990 al 2008, por lo que, a través de acciones federales concretas, como el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), nuestro país se ha comprometido con el desarrollo sustentable al reducir un 50 por ciento del total de sus emisiones para el 2050 de contar con financiamiento internacional.

#### **1.4.1 Plan nacional de Desarrollo**

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 establece al Desarrollo Humano Sustentable como su principio rector. El PND retoma los postulados del Informe Mundial sobre Desarrollo Humano (1994) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de acuerdo con los cuales “el propósito del desarrollo consiste en crear una atmósfera en que todos puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras”. Uno de los elementos en la consecución de este principio rector es la política para la sustentabilidad energética, que busca incrementar la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables en México, con una visión de largo plazo. El presente documento se enfoca en el segundo de estos dos elementos. Las energías renovables han estado incluidas en la política pública mexicana de distintas formas desde hace décadas, pero es la primera vez que ocupan un lugar tan importante en el PND, pues están explícitamente incluidas en seis de sus estrategias, que corresponden a dos distintos objetivos. El Programa Sectorial de Energía 2007-2012<sup>1</sup> retoma los objetivos y estrategias del PND y propone, dentro de sus nueve objetivos, tres que están relacionados con el impulso a las energías renovables: El primero de ellos es “equilibrar el portafolio de fuentes primarias de energía”, y tiene como indicador cuantitativo aumentar durante la presente administración pública federal la participación de las energías renovables en la capacidad de generación de energía eléctrica de 23 a 26%. Cabe mencionar que este indicador contempla proyectos hidroeléctricos de más de 30 MW debido a que no se contaba con criterios para descartarlos previo a la publicación de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. El segundo objetivo es “fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía.

En Plan Nacional de Desarrollo 2013 el objetivo 4.6 es abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva. Cuya línea de acción es promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas. Lo cual va acorde con el desarrollo de esta tesis ya que esta pretende optimizar el uso de la energía en el sector vivienda con lo cual reduce el impacto ambiental por este. Mediante la implementación de nuevas tecnologías en la construcción de edificios habitacionales volviéndolos sustentables.

# Capítulo 2

## Energía en la Arquitectura Sustentable

A partir de la Conferencia de 1992 de las Naciones Unidas de Río de Janeiro sobre el medio ambiente y el desarrollo, la comunidad científica ha señalado el desarrollo sustentable como la única forma admisible de convivencia entre el ser humano y el medio ambiente, por lo tanto, la sustentabilidad se ha convertido en el gran tema de la investigación en disciplinas como la arquitectura y la ingeniería. Recientemente, nuevos métodos de diseño, materiales y técnicas de construcción se han diseñado para mejorar el uso energético en los edificios.

Alrededor del mundo principalmente en Estados Unidos y Europa se están realizando estudios dedicados a analizar la relación entre la configuración arquitectónica, tecnológica y el comportamiento de los edificios en la interacción con el medio ambiente. El objetivo es describir los criterios que pueden conducir la concepción arquitectónica para lograr un comportamiento sustentable del edificio. Uno de los principales criterios para lograr la sustentabilidad en los edificios es el uso de la energía, se debe focalizar este punto para dar solución a las necesidades energéticas y a la vez atender el desarrollo sustentable.

La dimensión de este desafío es grande, pero no imposible; para ello, se requiere hacer conciencia al respecto, de las capacidades y habilidades pertinentes, de los lineamientos y herramientas adecuadas y asequibles que están inmersos en la vida del edificio, para esto es importante analizar el ciclo de vida de los edificios.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un proceso para evaluar, de la forma más objetiva posible, las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno, figura 2.1 ; para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

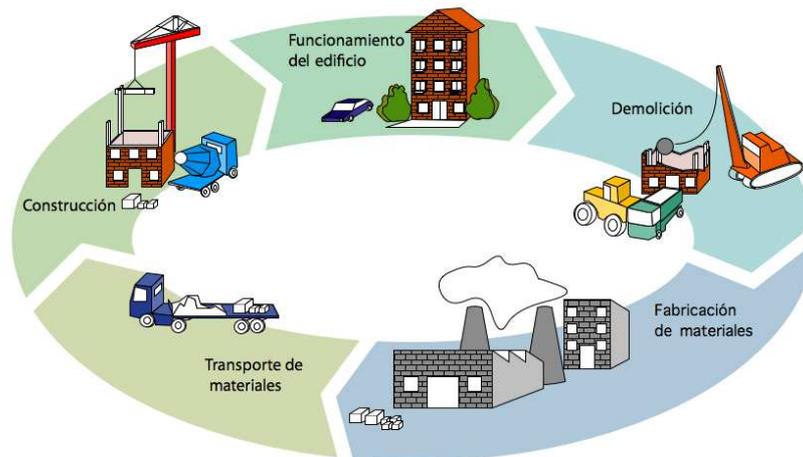


Figura 2.1 Ciclo de vida de los edificios

El desarrollo de esta tesis abordaremos la arquitectura sustentable centralizándonos en el Funcionamiento del edificio, ya que durante el ciclo de vida del edificio es en este punto en el que se consume más energía directamente por el mismo como podemos ver en la figura 2.2, claro es importante prever estos consumos de energía en la construcción ya que de este depende la optimización del consumo de energía durante el uso por lo que se presentarán distintos métodos para la reducción del consumo mediante la implementación de tecnología y diseño durante la construcción.

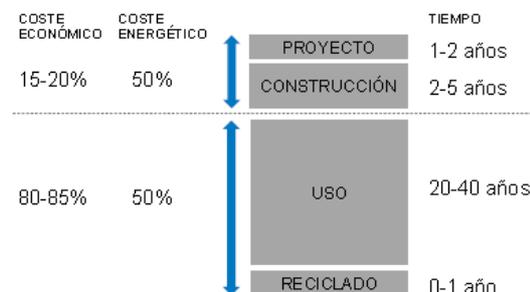


Figura 2.2 Ciclo de vida de un edificio vs costes energéticos, Fuente Soluciones pasivas y activas para la envolvente térmica Casos prácticos, Raquel García Rodríguez

## 2.2 Arquitectura bioclimática y Sistemas Pasivos

Uno de los principales usos energéticos en los edificios de vivienda es climatización como podemos ver en la figura 2.3. Esto es debido a que es necesario dar confort a los habitantes del edificio, sin embargo este confort representa un gran consumo energético del edificio. Es por esto que arquitectos e ingenieros se han dado a la tarea de disminuir este consumo es mediante distintas técnicas que han dado lugar la llamada Arquitectura Bioclimática. La arquitectura bioclimática puede definirse como la arquitectura diseñada para lograr un máximo confort dentro del edificio con el mínimo gasto energético. Para ello aprovecha las condiciones climáticas de su

entorno, transformando los elementos climáticos externos en confort interno gracias a un diseño inteligente.

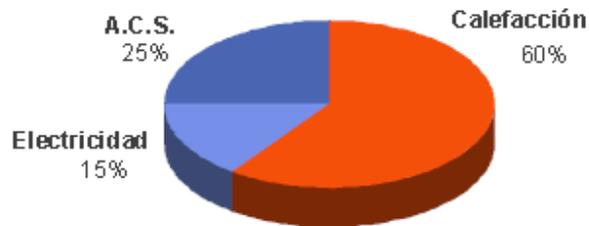


Figura 2.3 Uso de la energía en Edificios de Vivienda

### 2.2.1 Eficiencia Térmica de la Envolvente del edificio

La base de la conservación de la energía para brindar confort térmico en los edificios es una envolvente térmica eficiente, acompañada de todos los elementos de la construcción.

La envolvente es la superficie de cerramiento del edificio que separa los recintos habitables/climatizados del edificio con el ambiente exterior

Para poder evaluar los efectos energéticos de la envolvente del edificio debemos de conocer ciertas reglas de la transferencia del calor basados en tres conceptos básicos, conducción, convección y radiación.

En una pared plana el calor fluye en dirección perpendicular a la superficie. Si la conductividad térmica es uniforme, la integración de la ecuación queda como

$$q_k = -\frac{kA}{L}(T_2 - T_1) = \frac{kA}{L}(T_1 - T_2)$$

Donde:

*k* conductividad térmica

*A* es el área de transferencia

*q<sub>k</sub>* el flujo de calor

En la figura 2.4 podemos ver a como se realiza la transferencia.

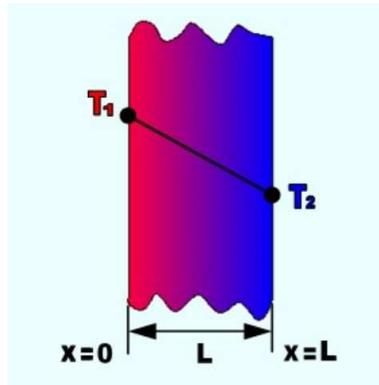


Figura 2.4 Transferencia de calor en un material

Cuando la transferencia se realiza a través de diferentes materiales con distinto gradiente, como lo podemos ver en la figura 2.5:

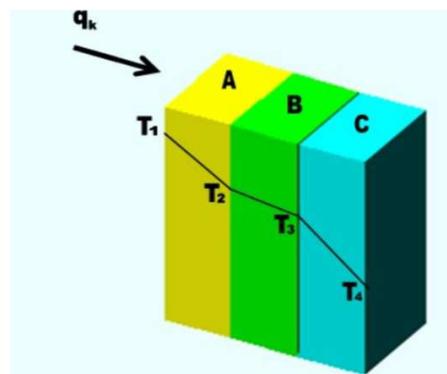


Figura 2.5 Transferencia de calor en múltiples materiales

Para un conjunto de  $n$  paredes en perfecto contacto térmico, el flujo de calor es

$$q_k = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{L}{kA} \right)}$$

Los conceptos anteriores son importantes, debido a que dictan cómo se comportará la envolvente térmica del edificio, por lo que podemos analizar distintos tipos de prácticas para ser más eficiente está envolvente como lo son las siguientes:

### Puentes térmicos

En una primera definición bastante genérica, podemos definir un puente térmico como, cualquier zona puntual o línea de la envolvente edificatoria donde se producen discontinuidades en la capa de aislamiento térmico. Aunque la fachada de un edificio vista desde el exterior parezca homogénea y continua, en realidad existen encuentros. La unión de una fachada con elementos estructurales

(pilares o forjados), o los encuentros de fachada con huecos como ventanas o puertas, son lugares donde algunas de las diferentes capas que conforman la envolvente se interrumpen. Si una de las capas interrumpidas es el aislamiento térmico, se considera que existe un puente térmico, estos puentes térmicos pueden ser:

- Penetraciones completas o parciales en el cerramiento del edificio, de materiales con diferente conductividad térmica.
- Un cambio de espesores en la fábrica.
- Una diferencia entre áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos o techos.

Una manera de diferenciar los puentes térmicos es en dos tipos básicos el primero los puentes térmicos integrados en un cerramiento y el segundo los puentes térmicos estructurales o geométricos.

Puentes térmicos integrados en los cerramientos.

Un cerramiento está formado generalmente por distintos materiales que, dependiendo del sistema constructivo quedarán fijados por diferentes métodos. Tanto estos elementos de fijación como, capialzados, contorno de huecos y lucernarios, homacinas, pilares de fachada, se puede decir que forman parte de cerramiento, por ello su denominación de puente térmico integrado en un cerramiento. Este tipo de puentes térmicos, pueden ser lineales o puntuales. Un puente térmico puntual es una concepción incluso no uniforme en cualquier dirección. Por lo que se refiere cualquier elemento que pertenezca a la fachada que romper su homogeneidad de manera puntual. Por ejemplo puede ser la fijación que une un perfil vertical con otro una esquina donde se produce la intersección de tres planos. Un puente térmico lineal es aquel que tiene una sección transversal uniforme a lo largo de uno de los tres ejes ortogonales. Por lo tanto son elementos o uniones continuas susceptibles de mantener un flujo de calor o una pérdida.

Puentes térmicos estructurales con geométricos.

Cuando un puente térmico se forma por la intersección o encuentro de cerramiento y particiones como pueden ser la intersección entre fachada y frente de forjado, estamos en el caso del puente térmico estructural.

A su vez, en diferentes zonas del edificio se pueden producir intersecciones de diferentes puentes térmicos lineales que tendrán un tratamiento diferente para su cálculo

Los puentes térmicos en la construcción de edificios provocan pérdida de calor y el deterioro del edificio, es necesario tomarlos en cuenta para el diseño que permita ahorrar energía mediante la envolvente.

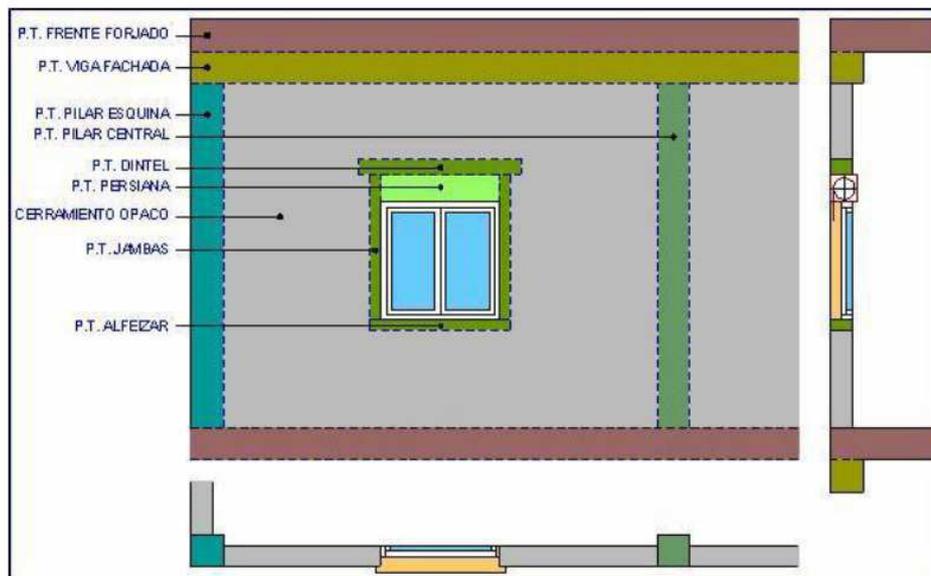


Figura 2.6 Zonas susceptibles a la aparición de puentes térmicos.

## Aislantes térmicos

Para tener un óptimo desempeño de la envolvente del edificio es importante considerar el aislamiento térmico. Un argumento frecuente contra el aumento del espesor del aislante es el aparente alto coste energético de la fabricación de este material. Erróneamente se cree que el ahorro energético del aislante adicional es inferior a la energía utilizada para fabricar este material extra. Nada más lejos de la realidad; Un estudio de la Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH (GUA) analizó el ahorro de energía de placas de aislantes aplicadas sobre los muros exteriores en Europa. El estudio destaca que el ahorro de energía acumulado por el uso de aislante, a lo largo de la vida de un edificio, es 150 veces mayor que la energía necesaria para fabricar este aislante.

Desde la perspectiva tanto de la energía como del equilibrio de costes, es razonable aumentar el aislamiento térmico de los edificios. En particular el poliestireno expandido es el aislante más elegido para la realización de este tipo de edificio debido a que sus propiedades encajan perfectamente con sus objetivos.

El EPS es en realidad 98% de aire capturado dentro del 2% de una matriz celular, lo que lo hace muy ligero. Trabajar con densidades de entre 10 y 35kg/m<sup>2</sup> permite trabajos de construcción ligeros y seguros, haciendo además que el material sea fácil de transportar.

El bajo peso ahorra además combustible en el transporte y lo hace fácil de manejar en la obra, gran ventaja dado que el transporte vertical de productos pesados en la construcción está en el punto de mira de los controles de salud y seguridad.

A pesar de su bajo peso, la singular estructura del EPS aporta los beneficios de una resistencia excepcional a la compresión sin que el material pierda prestaciones con la humedad.

Estas excelentes propiedades mecánicas le hacen una buena elección para las cargas cíclicas que soporta aislante en cubiertas (transitables) y suelos y en general, en cualquier aplicación que soporte cargas. Gracias a la versatilidad en su proceso de producción, las propiedades mecánicas del EPS se pueden ajustar para adecuarse a cada aplicación específica.

El EPS es uno de los materiales aislantes más económicos gracias a su buena relación prestaciones/precio.

El EPS no absorbe humedad y sus propiedades mecánicas y aislantes no se degradan con el agua, el vapor o la humedad. El EPS es uno de los productos más resistentes a los efectos adversos de la humedad de entre todos los materiales utilizados para aplicaciones de aislamiento.



*Figura 2.7 Implementación de El EPS en el sector residencial en Europa.*

El EPS es un material rígido y ligero sin ser quebradizo. Su manipulación e instalación son prácticas y seguras. La posibilidad de fabricación por moldeo permite la producción en fábrica de formas complejas para cubrir los requisitos más exigentes de diseño en arquitectura. El sistema de producción permite el suministro de productos con la densidad, propiedades mecánicas y propiedades de aislamiento especificadas, así como sus dimensiones y formas, lo cual minimiza los desechos en la obra. La personalización in situ es posible sin necesidad de herramientas especiales de corte.

A diferencia de otros materiales aislantes, el poliestireno se recicla muy fácilmente.

Podemos encontrar la comparación entre distintos aislantes térmicos en la tabla.

Aislamiento	Densidad Aparente		Conductividad Térmica a 25° C de temperatura media		Resistencia Térmica a 2.5 cm ( 1") de espesor	
			l	k	R	R
Tipo	kg/m <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	W / m K	BTU in / ft <sup>2</sup> h °F	m <sup>2</sup> K / W	ft <sup>2</sup> h°F / BTU
Fibra de vidrio	10 a 30	0.63 a 1.19	0.040	0.28	0.64	3.6
Fibra de vidrio	31 a 45	1.94 a 2.81	0.034	0.24	0.75	4.2
Fibra de vidrio	46 a 65	2.88 a 4.06	0.033	0.23	0.77	4.4
Fibra Mineral de Roca	30 a 50	1.88 a 3.13	0.037	0.26	0.69	3.9
Fibra Mineral de Roca	51 a 70	3.19 a 4.4	0.032	0.22	0.80	4.5
Fibra Mineral de Roca	71 a 90	4.44 a 5.63	0.034	0.24	0.75	4.3
Poliestireno expandido	16	1	0.036	0.25	0.71	4.0
Poliestireno expandido	24	1.5	0.033	0.23	0.77	4.4
Poliestireno extruido	33	2.06	0.029	0.20	0.88	5.0
Poliuretano conformado	32	2	0.025	0.17	1.02	5.8
Poliuretano in situ	46	2.9	0.026	0.18	0.98	5.5

Tabla 2.1 Conductividades térmicas certificadas con la NOM-018-ENER-1997

### 2.2.2 Sistemas Solares Pasivos

Los sistemas solares pasivos son parte integrante del diseño del edificio y tratan de captar y acumular el calor proveniente de la energía del sol. En la arquitectura bioclimática se utilizan para amortiguar la variación de temperatura interior respecto de la exterior, sistemas simples que acumulen calor y luego lo cedan al ambiente interior, cuando en el exterior la temperatura baja.

Los sistemas pasivos de captación de energía son los siguientes:

- Ganancia directa: es el sistema más sencillo e implica la captación de la energía del sol por superficies vidriadas, que son dimensionadas para cada orientación y en función de las necesidades de calor del edificio o local a climatizar.

- Muro Trombe: es un muro de gran espesor orientado al sol, construido con materiales de gran inercia térmica (que puedan acumular calor) como la piedra, adobe, hormigón o incluso agua, pintado de negro o color muy oscuro por la cara exterior. Se coloca una lámina de vidrio, que genera un efecto invernadero, por el cual la luz, al tocar el muro lo calienta. Por este motivo se eleva la temperatura de la superficie oscura y de la cámara de aire existente entre el muro y el vidrio.

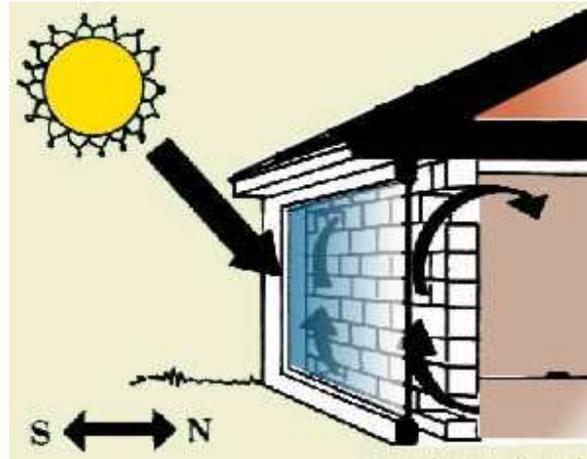


Figura 2.8 Muro Trombe

Su funcionamiento se basa en la diferencia de densidad del aire caliente y el aire frío, que provoca corrientes en una u otra dirección dependiendo de las trampillas que estén abiertas. Estas corrientes de aire caliente o templado calientan o refrescan introduciendo o extrayendo el aire caliente del edificio o las estancias donde se instale. Se puede lograr una temperatura constante de 18 o 20°C en el interior del edificio.

- Muro de acumulación ventilado: similar al anterior pero que incorpora orificios en la parte superior e inferior para facilitar el intercambio de calor entre el muro y el ambiente mediante convección.

- Efecto invernadero: se le pueden adosar al edificio un espacio vidriado permeable a la radiación solar (siempre hacia las zonas más expuestas a la luz solar), que puede ser habitable, que permite que el sol caliente una masa térmica enfrentada (muro, suelo o techo), que actúa como receptora de la radiación y ésta no puede escapar por el cristal, lo que origina un calentamiento de la estancia.

- Techo de acumulación de calor: en ciertas latitudes es posible usar la superficie del techo para captar y acumular la energía del sol. También conocidos como estanques solares, requieren de complejos dispositivos móviles para evitar que se escape el calor durante la noche.

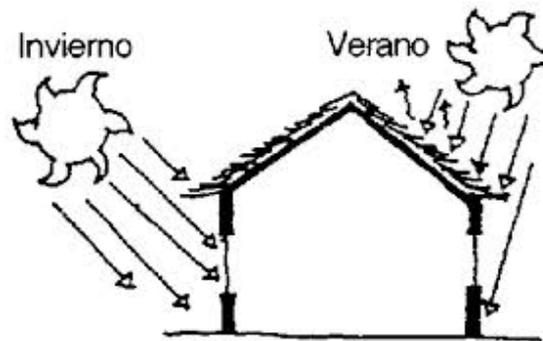


Figura 2.9 Techo de acumulación de calor

- Muros de agua: son recipientes o paredes llenas de agua que forman un sistema integrado de calefacción, al combinar captación y almacenamiento.
- Ventilación cruzada: movimiento interior del aire utilizado como sistema de refrigeración. Para ello es conveniente situar huecos o ventanas en fachadas opuestas del edificio.

Con un buen diseño del edificio, se puede reducir considerablemente el consumo de electricidad, permitiendo a la luz del sol penetrar en el mismo. Además, se pueden utilizar luminarias de bajo consumo, que reducen considerablemente el gasto energético del edificio, electrodomésticos de mayor eficiencia energética.

## 2.3 Eficiencia Energética

Es cierto que si bien mediante métodos pasivos podemos reducir el uso de la energía, habrá casos en que estos no sean suficientes para brindar el confort necesario para habitar el edificio. De igual forma existen necesidades energéticas en la vida moderna que no se pueden cubrir mediante sistemas pasivos, tal cual es el uso de los electrodomésticos y los sistemas de iluminación nocturnos por eso es necesario abordar este tema con el fin de reducir el coste energético mediante la eficiencia de estos sistemas para cubrir las necesidades de los usuarios del edificio.

### 2.3.1 Climatización eficiente

Uno de los principales consumos energéticos de la energía en los edificios es la climatización ya sea como calefacción o aire acondicionado, hemos visto que se puede reducir este consumo aplicando los principios de la arquitectura bioclimática, sin embargo en algunos tipos de climas los sistemas pasivos no será suficientes para solventar las necesidades de confort que se tienen en la actualidad, por lo que es necesario mencionar las opciones que han dado buenos resultados.

#### Climatización por bomba de calor

La bomba de calor es la base de todo sistema de aire acondicionado, aunque tiene la ventaja de que puede producir también calefacción, si el aparato es reversible.

La bomba de calor es un dispositivo de alta eficiencia energética. Esta eficacia se debe a que, a diferencia de otros sistemas, como las calderas, la energía no se consume para producir el calor, sino para mover el calor de un lugar a otro. Por este motivo, por cada unidad de energía consumida, produce hasta 4 unidades de energía propia. Este estatus de eficiencia permite solicitar subvenciones a la instalación de bombas de calor en las instituciones competentes.

La bomba funciona igual que una máquina de refrigeración (nevera), sólo que en sentido invertido. Mientras que en un sistema de refrigeración se utiliza el lado frío para crear frío, en una bomba de calor el lado caliente es el aprovechado para crear calor. Por lo demás funcionan de la misma manera.

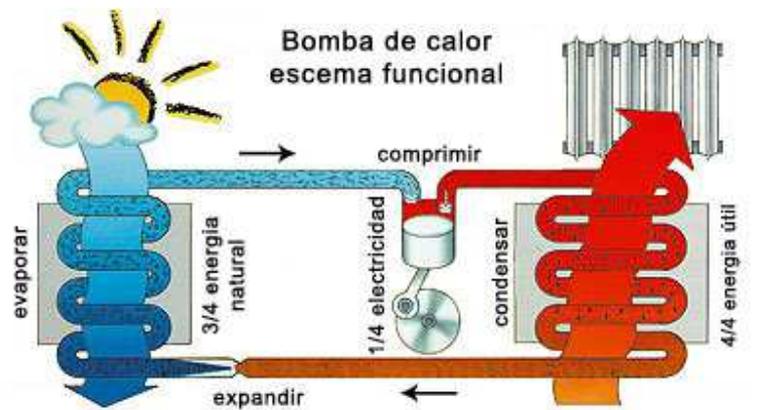


Figura 2.10 Esquema Funcional de una Bomba de Calor

La bomba de calor se rige, como todo, por principios físicos. No es posible, que el calor fluya simplemente de una temperatura baja a una alta. El transporte se efectúa mediante un medio conductor de calor que se evapora en presencia de poca presión y extrae el calor necesario para ello del ambiente (aire o agua) a través de los receptores de calor. Dependiendo del tipo de transferencia del calor, se distinguen bombas de calor de tipo "aire/aire", "aire/agua" y bombas de tipo "agua/agua".

- **Aire - aire:** se intercambia el calor entre el aire de ambientes distintos, por ejemplo el interior y exterior de la casa. Puede producir calefacción y aire acondicionado.
- **Aire - agua:** se denomina así a la bomba de calor que intercambia calor con un circuito hidráulico, es decir, la que proporciona calefacción a un sistema de radiadores o suelo radiante. También sirve para calentar el agua de la red potable doméstica.
- **Agua-agua** Manipula un químico en su interior denominado refrigerante, el mismo será adulterado en su presión y temperatura, la manipulación de estas variables en sus estados le permitirán al químico retirar calor del elemento que se encuentra en contacto con el mismo y liberarlo cuando se inflija un cambio drástico de su estado.

A continuación un simple ejemplo para explicar este proceso:

En una botella se encuentra atrapado oxígeno a gran presión. Al abrir la válvula el gas empieza a escapar. Esto hace aumentar el volumen del gas que se expande, y la presión disminuye. La consecuencia es que el aire ambiental comienza a enfriarse hasta el punto en el que el vapor de agua empieza a condensar. Este hecho es de suma importancia en el principio de la bomba de calor. Otro ejemplo es la bomba de aire con la que se inflan las ruedas de una bicicleta. Mediante presión se reduce el volumen del aire dentro de la bomba. Dado que esta diferencia en volumen se efectúa en un plazo de tiempo muy corto, el calor creado no llega a transmitirse al medio ambiente. Si se reduce el volumen con la ayuda de un condensador, la presión, y por lo tanto la temperatura, aumentan. Este es otro factor de vital importancia para la bomba de calor. El evaporador extrae el calor del ambiente frío. El medio conductor de calor se encuentra en el evaporador bajo poca presión y, como resultado, la temperatura pertinente de evaporación es considerablemente inferior a la temperatura del recipiente del que absorbe calor. A esta presión, el líquido refrigerante puede evaporarse a temperaturas tan bajas como  $-10^{\circ}\text{C}$ . El proceso de evaporación fuerza al refrigerante a absorber calor que es tomado del medio que le rodea (agua o aire). La condensación se realiza gracias a un compresor alimentado con corriente eléctrica. Éste absorbe el vapor frío y rico en energía del medio conductor de calor (sustancia refrigerante) proveniente del evaporador, a través del circuito de tubos de canalización, y lo comprime a alta presión. Esto hace que la temperatura en el condensador aumente hasta alcanzar los  $50^{\circ}\text{C}$ . El condensador transmite el calor a la calefacción.

El contenido calorífico de la transferencia de calor consta de:

2/3 partes de energía tomada del medio ambiente + 1/3 parte de energía eléctrica = 1 parte Calor calefacción de

En el condensador, el vapor del medio conductor se condensa, al succionarle calor el agua fría de la calefacción. En su transformación a líquido, el medio conductor emite calor, que calienta a su vez el agua de la calefacción.

La válvula de expansión deja escapar el refrigerante (medio conductor del calor) reduciendo su presión y retornándolo al evaporador en donde se evapora de nuevo. La válvula de expansión consiste en un tubo de gran diámetro a la entrada y una espiral de tubo muy fino a la salida.

La eficiencia de cualquier máquina está siempre por debajo de 1 (100%). Se calcula con la fórmula siguiente: Se divide la potencia ganada entre la potencia introducida en el sistema. Al hacer este cálculo con la bomba de calor, el resultado es sin embargo sorprendente ya que es mayor que 1. Por ello, no se le llama eficiencia, sino factor de potencia. Esto significa, que la energía introducida es menor que la energía transportada; la diferencia es obtenida de la energía térmica del medio ambiente. Se ha omitido una disertación física en profundidad para la determinación del factor de potencia al explicar el principio del funcionamiento de la bomba de calor. Debe tenerse en cuenta, que en el modelo de demostración no se alcanza el factor de potencia óptimo, debido a que su tamaño es tan reducido. En el experimento, en el que se tratará de calcular el factor de potencia, hay que tener en cuenta que si tenemos un buen aislamiento en los recipientes los resultados serán mejores.

Ventajas de las bombas de calor

- Alta eficiencia energética
- Reciben subvenciones públicas
- Permite la climatización integral y la generación de agua caliente doméstica, todo con el mismo aparato
- Combina muy bien con otros sistemas eficientes, tales como el suelo radiante o la energía solar.

### **Bombas de calor especiales**

#### Bombas para lugares fríos

No todos los climas son óptimos para el aprovechamiento de las bombas de calor. Las temperaturas inferiores a los 0°C hacen caer en picado el rendimiento de la bomba; para lugares de climas fríos, se han desarrollado bombas de calor especializadas que incluyen una resistencia eléctrica en la unidad exterior de la bomba de calor. Esos días más fríos el consumo de la bomba será mucho más elevado, igualando el rendimiento de los sistemas convencionales de calefacción, pero el resto de los días la instalación conservará su eficiencia.

#### Bombas inverter

Las bombas de calor inverter disponen de un compresor de potencia adaptable. Un compresor normal está o encendido o apagado, mientras que un inverter funciona siempre con una potencia adaptable, trabajando con más fuerza cuando la temperatura se aleja de lo que marca el termostato, y con menos fuerza cuando el cambio de temperatura es más suave. La ventaja es doble: por un lado, mayor confort, porque nunca notaremos un cambio en la temperatura ambiente; por otro lado se encuentra el consecuente ahorro de electricidad.

#### Otros tipos de clasificación de bombas

Las bombas pueden clasificarse según varios criterios:

##### 1. Según el medio con el que intercambian el calor:

- **Geotérmica:** se basa en los principios de la geotermia; el intercambio de calor se hace con el subsuelo, porque ofrece temperaturas más ventajosas que las del aire exterior, siendo consecuentemente aún más eficiente, aunque la instalación también es más costosa.

##### 2. Según la morfología de la bomba:

- **Compactas:** todos los componentes están juntos en una única unidad.
- **Split:** los componentes se separan en una unidad interior y otra exterior, para evitar el ruido del compresor en el interior del local a climatizar.
- **Multisplit:** en el interior hay varias unidades para climatizar habitáculos diferentes.

3. Según la funcionalidad:

- **Reversibles:** pueden calefactar o refrigerar.
- **No reversibles:** puede producir calor o frío.
- **Termofrigobombas:** producen ambos a la vez.

### **Futuro**

La reducción actual de emisiones de CO<sub>2</sub> de la bomba de calor, es de un 6%, y podría llegar en un futuro hasta el 16%, según la Agencia Internacional de la Energía. Los desarrollos en esta tecnología, permitirán que las bombas de calor mejoren aún más su actual rendimiento y su uso más generalizado, hará que la climatización de hogares sea más beneficiosa para el medio ambiente.

La evolución de la bomba de calor en los próximos años dependerá de la evolución de los fluidos refrigerantes. Los refrigerantes organoclorados, usados por la mayor parte de las bombas de calor, tienden a desaparecer debido a su alta contaminación sobre la capa de ozono y el efecto invernadero. Para mejorar las emisiones de la bomba de calor, haciendo que sea una alternativa atractiva desde el punto de vista del ahorro energético, la sustitución de los refrigerantes por otros debe mantener o superar las eficiencias de los ciclos.

### **Climatización con geotérmica**

La energía geotérmica de baja entalpía basa su principio en la capacidad que tiene la tierra para acumular el calor procedente del sol, manteniendo una temperatura prácticamente constante a lo largo del año a partir de determinada profundidad

#### **Bomba de Calor Geotérmica**

Una Bomba de Calor Geotérmica es un sistema que cede y absorbe calor del terreno a través de un conjunto enterrado de tuberías plásticas de alta densidad.

Está formada por:

- Una gran masa térmica (suelo) que permite ceder/extraer calor.
- Un conjunto de tuberías enterradas por las que circula agua/anticongelante (intercambiador enterrado)
- Sistema hidráulico
- Bomba de calor agua/agua (sistema interior)

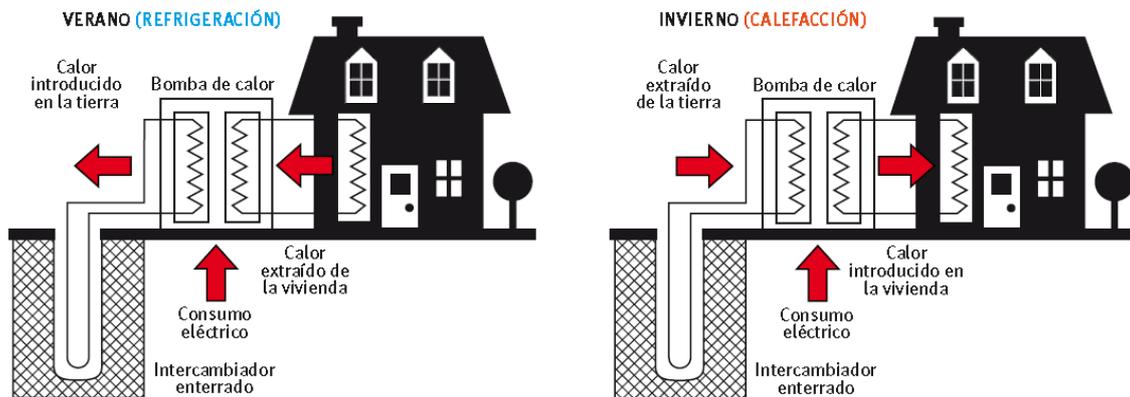


Figura 2.11 Diagrama funcional de la climatización utilizando geotermia

Los parámetros a tomar en cuenta para el diseño de la energía geotérmica se muestran en la figura 2.12

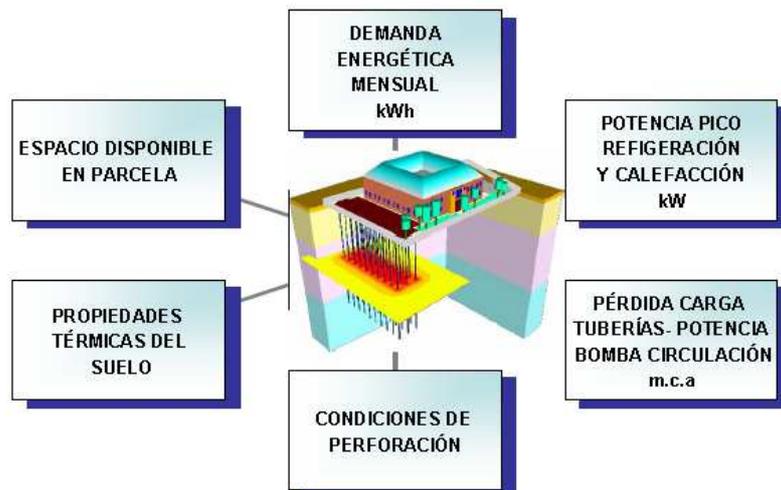


Figura 2.12 Parámetros de implementación de un sistema de climatización geotérmica

### 2.3.2 Instalación Eléctrica Eficiente

En este apartado se dan recomendaciones de carácter general aplicables a las instalaciones eléctricas para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

#### Aspectos generales

La conexión a terminales. La conexión de los conductores a terminales debe asegurar un buen contacto sin dañar a los mismos conductores, ya que independientemente del deterioro que sufren estos cuando existen conexiones flojas o sueltas existirán calentamientos en las propias terminales y por consiguiente pérdida de energía. En general se recomienda emplear zapatas soldadas, de presión o cualquier otro medio que asegure una amplia superficie de contacto. En el

caso de conductores de calibre No. 8 AWG o menor, puede hacerse la conexión mediante un tornillo que sea adecuado para el caso.

Empalmes. Los conductores deben empalmarse unirse de manera que se asegure una buena conexión mecánica y eléctrica. Se recomienda para ello el uso de dispositivos de unión adecuados, o bien aplicar soldadura sobre los empalmes o uniones y con esto evitar pérdida de energía por calentamiento. Cuando se usan en accesorios tales como colectores o uniones a presión o colectores terminales para soldar, deben ser apropiados para el material de los conductores que se unen y ser usados e instalados adecuadamente. No se recomienda conectar entre sí diferentes conductores de metales, a menos que el accesorio sea diseñado para el propósito y las condiciones de este uso. Cuando se utilizan soldaduras, fundentes o compuestas, deben ser adecuadas para tal uso y de un tipo que no dañen los conductores o al equipo.

Diseños Amplios. Dentro de lo posible, se recomienda no limitar el diseño de la instalación a las condiciones iniciales de la carga, sino considerar un margen razonable de capacidad para tomar el aumento natural que tienen todos los servicios.

Centro de distribución. Se recomienda localizar los tableros o centros de distribución en lugares fácilmente accesibles, para comodidad y seguridad de su funcionamiento, tratando que estos lugares sean también los centros de carga.

Limitación del año por faltas. Se recomienda limitar el número de conductores y circuitos alojados en una canalización o cubierta, a fin de minimizar el daño que pueda ocasionar un corto circuito o falla a tierra produciendo en algunos de ellos.

Es recomendable que toda la instalación eléctrica de base contarse de acuerdo con un plano previamente elaborado; además, cualquier modificación a la instalación de anotarse en el mismo o en nuevo plano. El plan apresado de la instalación de la conservación poder del propietario del inmueble para fines de mantenimiento. Lo anterior es independiente de que cada caso particular, exista o no la obligación de presentar planos de la instalación a la secretaría de energía, para su aprobación, según establezca la ley de servicio público de energía eléctrica y su reglamento.

Ahorro de energía eléctrica. En todos los proyectos instalaciones eléctricas se recomienda aplicar medidas para la utilización de equipos y dispositivos eficientes y ahorradores de energía eléctrica.

## **Diseño y protección de instalaciones eléctricas**

### **a) Alimentadores y circuitos derivados**

\* Optimización del uso de energía. Con el fin de reducir pérdidas y hacer un uso más eficiente la energía, en todas las instalaciones se debe hacer un estudio de trayectorias de alimentación y circuitos derivados para eliminar recorridos innecesarios.

\* Ahorro de energía en alimentadores y circuitos derivados. Se recomienda diseñar los alimentadores y circuitos derivados, con controladores para que pueden ser conectados y desconectados horariamente, por niveles de iluminación, cargas, ocupación del edificio, etc.

\* Calibre de los conductores. Los conductores de los circuitos a Alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menos de la correspondiente a la carga por servicio, considerando además diseños amplios. Cuando se selecciona calibre de un conductor con base a la caída de tensión, se recomienda calcular la utilizando el Valor de la impedancia de dicho conductor independientemente de lo anterior, el calibre de los conductores a Alimentadores no debe ser menor que el No. 10 AWG en los siguientes casos:

- Cuando un alimentador bifilar abastezca a tres o más circuitos derivados bifilares.
- Cuando un alimentador trifilar abastezca a tres o más circuitos bifilares.
- Cuando un alimentador trifilar abastezca a dos o más circuitos derivados trifilares.

\* Instalación de conductores. En la instalación de todo tipo de conductores, no se debe hacer dobleces bruscos o innecesarios, ya que estos puede producir puntos calientes y fallas de aislamiento y por consiguiente aumentar el consumo de energía.

\* Demanda máxima. En toda instalación, principalmente industrial o comercial se recomienda mantener la demanda máxima, lo más baja y constante posible, controlando la carga por administración del consumo

\* Nivel de tensión. En industrias, comercios, hospitales, edificios habitacionales, se recomienda elegir, y sostener valores nominales de tensión en las instalaciones eléctricas, para tener una buena distribución de energía y un uso más eficiente y racional de la misma.

\* Regulación de tensión. Con objeto de optimizar el uso de la energía en toda la instalación, se recomienda ajustar lo más posible de los valores nominales en las terminales de la carga, esto puede lograrse actuando sobre el cambiador de derivaciones de los transformadores, aumentando el calibre de los conductores o por medio de dispositivos de tensión.

- Protección. Es recomendable que en toda instalación eléctrica se disponga de equipos de interrupción contra Fariás a tierra, para desconectar la instalación con los equipos cuando esta falla se presente.
- Armónicas. Con objeto de lograr un uso óptimo de energía, particularmente en aquellos instalaciones provistas de equipos eléctricos en sus procesos, se recomienda ser un estudio del contenido de armónicas.
- Equipo diverso. Entre la instalación eléctrica (industrial, comercial, hotelera, habitacional, etc.) Se recomienda quizá de tipo electromecánico de alta eficiencia

## b) Puesta a tierra

\* Aplicación. El objeto de conectar a tierra un circuito eléctrico es imitar la sobre tensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en el propio circuito o contactos accidentales con líneas de mayor tensión, así como limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal. Una conexión sólida tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierras, contribuyendo así al uso más eficiente de la energía eléctrica. Las canalizaciones, estructuras y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenas al circuito eléctrico) deben ser puestas a tierra con el objeto de

evitar que éstas tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado, y representan riesgos para las personas.

## Factor de Potencia

El factor de potencia es la eficiencia con la que nuestros equipos están haciendo uso de la energía que requieren para operar. La mayoría de los equipos eléctricos utilizan potencia activa o real que es la que hace el trabajo real y utilizan también la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, mas es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Para entender cómo funciona el factor de potencia es necesario conocer algunos conceptos

## Conceptos

La impedancia Z (también llamada resistencia aparente) de un circuito eléctrico resulta de la relación entre la tensión aplicada V en volts y de la corriente I. En corriente alterna la impedancia Z consta de una parte real llamada Resistencia R (resistencia efectiva) y de una parte imaginaria llamada Reactancia X (resistencia reactiva). La reactancia puede ser de dos tipos, inductiva XL y capacitiva XC. La reactancia inductiva está determinada por la inductancia del circuito y se expresa como:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

donde:

$\omega$  = Frecuencia angular

f = frecuencia en Hz (hertz)

L = Inductancia en H (henry)

La reactancia inductiva tiene la característica de retrasar la onda de corriente con respecto a la tensión, debido a que la inductancia es la propiedad eléctrica de almacenar corriente en un campo eléctrico, que se opone a cualquier cambio de corriente.

La reactancia capacitiva está determinada por la capacitancia del circuito, y se expresa como:

$$X_C = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi fC}$$

donde:

C = Capacitancia en F (Faradio).

$\omega$  = Frecuencia angular.  
 $f$  = frecuencia en Hz (Hertz).  
 $2\pi$  = se expresa en radianes.

La reactancia capacitiva tiene la característica de adelantar la corriente con respecto a la tensión, debido a que la capacitancia es la propiedad eléctrica que permite almacenar energía por medio de un campo electrostático y de liberar esta energía posteriormente.

Las reactancias mencionadas y definidas anteriormente, se pueden representar gráficamente en un triángulo. Entonces ya que el triángulo de las reactancias es un triángulo rectángulo, se puede calcular usando el teorema de Pitágoras como:

$$Z^2 = R^2 + X^2 \text{ con } Z, R \text{ y } X \text{ en ohms}$$

La suma de las reactancias en el circuito nos dará la reactancia real que predomine, o sea  $X = X_L - X_C$ , por lo tanto:  $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$

Desfase entre las ondas de corriente y tensión

El tipo de carga eléctrica determina en un circuito la impedancia y la posición de la onda de la corriente respecto a la onda de la tensión. Es decir la corriente en el circuito se puede componer en dos tipos de corriente, la corriente resistiva, en fase con la tensión, y la corriente reactiva, desfasada 90 grados respecto a la tensión.

$$I_R = \frac{V}{R} = I \cdot \cos \varphi \quad \text{é} \quad I_X = \frac{V}{X} = I \cdot \sin \varphi$$

Donde  $I$ ,  $I_R$  e  $I_X$  están en Amperios (A).

Potencia aparente, efectiva y reactiva

La potencia eléctrica es el producto de la tensión por la corriente correspondiente. Podemos diferenciar los tres tipos:

- Potencia aparente (kVA),  $S = VI$
- Potencia efectiva (kW),  $P = VI \cos \varphi = VI_R$
- Potencia reactiva (kVAR),  $Q = VI \sin \varphi = VI_X$

La potencia efectiva  $P$  se obtiene de multiplicar la potencia aparente  $S$  por el " $\cos \varphi$ ", el cual se le denomina como "factor de potencia". El ángulo formado en el triángulo de potencias por  $P$  y  $S$  equivale al desfase entre la corriente y la tensión y es el mismo ángulo de la impedancia; por lo tanto el  $\cos \varphi$  depende directamente del desfase.

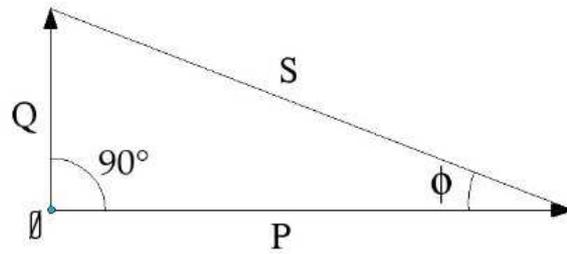


Figura 2.13 Triangulo de Potencias

### Efectos de un bajo factor de potencia

Un bajo factor de potencia implica un aumento de la corriente aparente y por lo tanto un aumento de las pérdidas eléctricas en el sistema, es decir indica una eficiencia eléctrica baja, lo cual siempre es costoso, ya que el consumo de potencia activa es menor que el producto V.I. (potencia aparente). Veamos algunos efectos de un bajo factor de potencia:

- Un bajo factor de potencia aumenta el costo de suministrar la potencia activa a la compañía de energía eléctrica, porque tiene que ser transmitida más corriente, y este costo más alto se le cobra directamente al consumidor industrial por medio de cláusulas del factor de potencia incluidas en las tarifas.
- Un bajo factor de potencia también causa sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución dentro de la misma instalación, así como también las caídas de voltaje y pérdidas de potencia se tornan mayores de las que deberían ser.

**Generadores:** La capacidad nominal de generadores se expresa normalmente en kVA. Entonces, si un generador tiene que proporcionar la corriente reactiva requerida por aparatos de inducción, su capacidad productiva se ve grandemente reducida, Una reducción en el factor de potencia de 100% a 80% causa una reducción en los kW de salida de hasta un 27%.

**Transformadores:** La capacidad nominal de transformadores también se expresa en kVA, en forma similar a la empleada con generadores. De esta manera, a un factor de potencia de 60%, los kW de potencia disponible son de un 60% de la capacidad de placa del transformador. Además, el % de regulación aumenta en más del doble entre un factor de potencia de 90% y uno de 60%. Por ejemplo: Un transformador que tiene una regulación del 2% a un factor de potencia de 90% puede aumentarla al 5% a un factor de potencia del 60%.

**Líneas de Transmisión y Alimentadores:** En una línea de transmisión, o alimentador, a un factor de potencia de 60%, únicamente un 60% de la corriente total produce potencia productiva. Las pérdidas son evidentes, ya que un factor de potencia de 90%, un 90% de la corriente es aprovechable, y a un factor de potencia de 100% toda es aprovechable.

## Ventajas de la corrección del factor de potencia

De manera invertida, lo que no produce un efecto adverso produce una ventaja; por lo tanto, el corregir el factor de potencia a niveles más altos, nos da como consecuencia:

- Un menor costo de energía eléctrica. Al mejorar el factor de potencia no se tiene que pagar penalizaciones por mantener un bajo factor de potencia.
- Aumento en la capacidad del sistema. Al mejorar el factor de potencia se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente pasaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y cables.
- Mejora en la calidad del voltaje. Un bajo factor de potencia puede reducir el voltaje de la planta, cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el factor de potencia se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura. Esto se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que pasa por la misma multiplicada por la resistencia en la línea.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Aumento de la vida útil de las instalaciones.

## Compensación

Los transformadores, motores, etc. son consumidores inductivos. Para la formación de su campo magnético estos toman potencia inductiva o reactiva de la red de alimentación, Esto significa para las plantas generadores de energía eléctrica una carga especial, que aumenta cuanto más grande es y cuanto mayor es el desfase. Esta es la causa por la cual se pide a los consumidores o usuarios mantener un factor de potencia cercano a 1. Los usuarios con una alta demanda de potencia reactiva son equipados con contadores de potencia reactiva. La demanda de potencia reactiva se puede reducir sencillamente colocando capacitores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva QL. Dependiendo de la potencia reactiva capacitiva Qc de los condensadores se anula total o parcialmente la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se le denomina compensación. Después de una compensación la red suministra solamente (casi) potencia real. La corriente en los conductores se reduce, por lo que se reducen las pérdidas en éstos. Así se ahorran los costos por consumo de potencia reactiva facturada por las centrales eléctricas. Con la compensación se reducen la potencia reactiva y la intensidad de la corriente, quedando la potencia real constante, es decir, se mejora el factor de potencia.

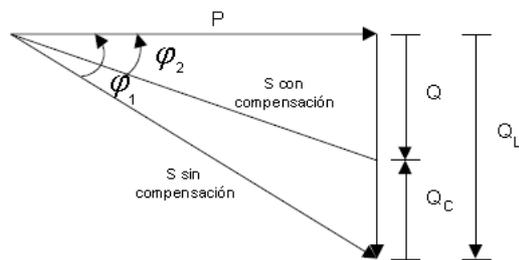


Figura 2.14 Triángulo de potencias con y sin compensación

### Potencia reactiva del capacitor

Según la ley de Ohm la corriente consumida por un capacitor es:

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

Con

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \qquad I_C = V \cdot \omega \cdot C$$

Anteriormente definimos que

$$Q = V \cdot I_X$$

En lugar de  $I_X$  ponemos nosotros  $Q = V \cdot I_C$ , es decir, la potencia reactiva de un capacitor es:

$$Q = V^2 \cdot \omega \cdot C$$

donde:

Magnitud	Q	V	$\omega$	C
Unidad	VAR	V	1/S	F

Esta ecuación es válida tanto para corriente alterna monofásica como para corriente alterna trifásica, es decir, para capacitores monofásicos y capacitores trifásicos (o su conexión). Para capacitor conectados en delta o triángulo es válida la siguiente ecuación considerando:

V: La tensión entre conductores exteriores (tensión concatenada), es decir, la tensión nominal del condensador.

C La capacitancia total del condensador, es decir, la suma de las tres capacitancias.

De  $Q = V \cdot I$  se calcula la corriente del condensador  $I_C$  como:

$$I_c = \frac{Q}{V}, \text{ para corriente monofásica}$$

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3}V}, \text{ para corriente trifásica}$$

Donde

Magnitud	$I_c$	Q	V
Unidad	A	VAR	V

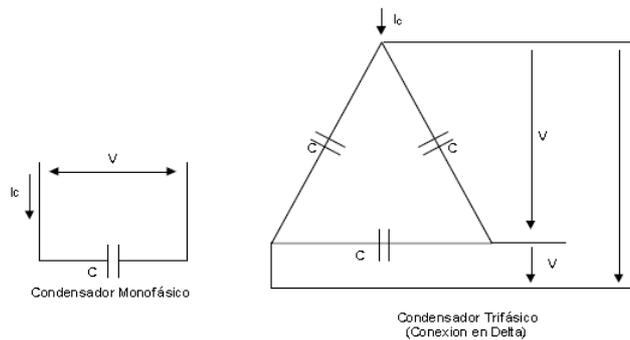


Figura 2.15 configuración de capacitores para compensación

### Tipos de compensación

Las inductancias se compensan con la conexión en paralelo de capacitancias, conocida como compensación en paralelo. Esta forma de compensación es la más usual, especialmente en sistemas trifásicos.

Los tres tipos de compensación en paralelo más usados son

**Compensación Individual:** A cada consumidor inductivo se le asigna el condensador necesario. Este tipo es empleado ante todo para compensar consumidores grandes de trabajo continuo.

**Compensación en Grupos:** Los grupos se conforman de varios consumidores de igual potencia e igual tiempo de trabajo y se compensan por medio un condensador común. Este tipo de compensación es empleado, por ejemplo para compensar un grupo de lámparas fluorescentes.

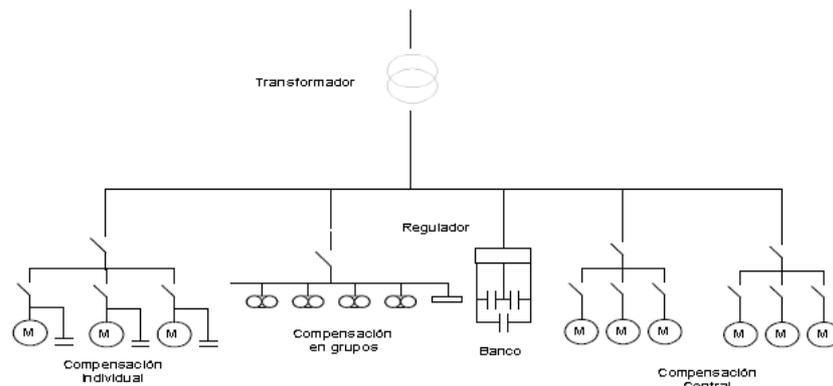


Figura 2.16 Configuración de banco de capacitores para la corrección del factor de potencia

**Compensación Central:** La potencia reactiva inductiva de varios consumidores de diferentes potencias y diferentes tiempos de trabajo es compensada por medio de un banco de compensadores. Una regulación automática compensa según las exigencias del momento.

### Compensación individual

La compensación individual es el tipo de compensación más efectivo. El capacitor se puede instalar junto al consumidor, de manera que la potencia reactiva fluye solamente sobre los conductores cortos entre el consumidor y el condensador.

El la figura 2.17 muestra la compensación individual de un transformador.

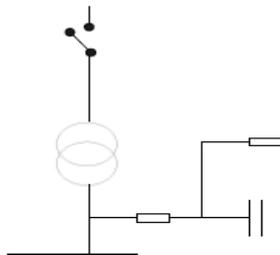


Figura 2.17 muestra la compensación individual de un transformador.

Con la compensación individual es posible en muchos casos influir negativamente en el comportamiento del aparato por compensar. La potencia reactiva capacitiva del capacitor no tiene que ser excedida, pues se caería en una "sobre-compensación"; en el cual por ejemplo se puede causar una elevación de la tensión con resultados dañinos. Por esto es necesario que el capacitor cubra solamente la potencia reactiva inductiva demandada por el consumidor cuando esté funcionando sin carga alguna, es decir, al vacío.

### 2.3.3 Iluminación Eficiente

No es posible concebir el mundo actual sin el uso de iluminación artificial, todas las actividades que realizamos requieren de iluminación. Dada la importancia que la iluminación representa en el consumo de electricidad, es necesario reducir el consumo tomando medidas para esto, utilizando los avances tecnológicos que se han dado en la materia.

La iluminación artificial debe ser diseñada para proporcionar la iluminación que no se tienen en lugares cerrados o semi cerrados, y que el nivel de iluminación debe seleccionarse en función de la actividad a realizar.

Tres parámetros que definen el consumo energético a causa de la iluminación son:

- La potencia del foco, la cual se mide en watts
- El tiempo de uso de la iluminación
- La tecnología del iluminación

La tecnología de iluminación está en un mundo muy cambiante. Nuevas tecnologías y equipos de iluminación así como fuentes de luz más eficientes, permiten a los diseñadores enfrentarse con los retos del dinámico mundo de la edificación, sin olvidar los costos energéticos.

## Fuentes Luminosas

### Eficiencia

La eficiencia es la medida con que una lámpara transforma la electricidad en luz (o flujo luminoso) en lúmenes por watt. Las puntuaciones de eficacia en la Figura 2.19 están basados en el rendimiento de una lámpara cuando son nuevas. Eficiencia varía, dependiendo de un número de factores, incluyendo potencia, frecuencia de operación y el tipo de fósforo recubrimiento, por lo que los resultados se muestran en las bandas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la cantidad de luz que llega el ocupante dependerá en gran medida de la dirección de la luz y las características de la luminaria completa.

### Promedio

### de

### vida

Vida de la lámpara se puede medir de diferentes maneras, que puede resultar en comparaciones engañosas entre diferentes tipos. El método utilizado para todas las lámparas de descarga en La Figura 2.19 (es decir, todos los tipos excepto filamento de tungsteno y halógena de tungsteno) se basa en la clasificación media de vida de la lámpara. Este es el tiempo necesario para que 50 por ciento de un lote de muestra para fallar bajo condiciones de prueba. Al igual que con la eficiencia, la duración de la lámpara se muestra en las bandas, ya que puede variar con la operación de tensión, potencia y equipo de of control tipo. También puede verse afectada en menor medida por la posición de funcionamiento. Cambia con frecuencia de lámparas. También puede afectar a la vida de funcionamiento, en particular en el caso de la iluminación fluorescente (aunque especialista fluorescente Las lámparas están ahora disponibles con están diseñados para soportar tal uso). Aunque el cambio puede afectar a la vida útil, no es verdad que las lámparas fluorescentes consumen grandes cantidades de energía cada vez que se encienden – deberían siempre se puede apagar cuando no es necesario.

Rendimiento de color es una medida de la precisión con la color de las superficies aparece bajo diferentes fuentes de luz. Se expresa mediante un índice de rendimiento de color (Ra) de hasta 100. Un Ra de entre 80-89 se considera muy bueno, mientras que uno entre 90-100 se considera como excelente. En general, una Ra superior a 80 es adecuada para todos situaciones internas.

Las lámparas incandescentes de filamento de tungsteno son el tipo más común de la lámpara y se incluyen en general (GLS) lámparas de servicios de iluminación. Versiones decorativas están disponibles (por ejemplo, lámparas de vela en forma). "Incandescente", literalmente significa luz produce a partir de calefacción, y en estas lámparas se crea el calor por una corriente eléctrica que pasa a través de un alambre de tungsteno delgado (filamento). Este filamento es bastante delicado y se quema después de 1000 horas. Algunas lámparas de 'doble vida' están disponibles, pero la ganancia en la vida de trabajo se hace a expensas de la salida de luz (por ejemplo, las lámparas incandescentes con una vida de 2000 horas tienen aproximadamente 10 por ciento menos de emisión de luz). Estas lámparas, que se utilizan en la mayoría de los hogares, sólo tienen una eficacia de los 8-15 l / W.

Las lámparas halógenas contienen una pequeña cantidad de halógeno (yodo o bromo). Esto evita ennegrecimiento del vidrio, que puede conducir a la pérdida de potencia de luz durante la vida de la lámpara. Versiones de extra bajo voltaje (ELV) están disponibles en 6 V, 12 V y Calificaciones 24V - 12V con que es con mucho el más popular. La eficacia es típicamente 15-20 l / W, aunque los nuevos modelos ofrecen todo 28 l / W. La esperanza de vida puede ser de hasta cinco veces mayor que las incandescentes. Lámparas de ELV requieren transformadores, pero estos son normalmente pequeñas unidades electrónicas ligeros que se pueden regular (aunque esto requiere atenuadores especiales de control de fase adecuado para cargas inductivas).

Las lámparas fluorescentes tubulares tienen entre cuatro y 10 veces la eficacia de filamento de tungsteno pueden durar hasta 24 veces más, dependiendo del tipo de lámpara y equipo de control. (Todas las lámparas fluorescentes necesitan equipo de control.) Cualquier parpadeo de estas lámparas se debe al equipo de control, no la propia lámpara. A menudo puede ser eliminado mediante el uso de alta frecuencia (HF) de alimentación. Lámparas fluorescentes tubulares trabajan de una manera diferente a las lámparas incandescentes. El tubo contiene un gas inerte, normalmente argón o criptón a baja presión, junto con una pequeña cantidad de mercurio. Cuando un arco es inducido entre los electrodos del tubo, los átomos de mercurio emiten radiación UV. Esto excita el recubrimiento de fósforo en el interior del tubo, que emite luz visible (el revestimiento fluorescente). La calidad de esta luz depende del recubrimiento utilizado.

Las lámparas fluorescentes compactas (LFC) son muy eficientes y son ideales para lugares dónde es probable que se enciende continuamente: en la sala de estar, en zonas de circulación tales como pasillos, escaleras, etc. Su baja temperatura de funcionamiento las hace particularmente adecuadas para luminarias donde la acumulación de calor se debe evitar. Su larga vida los hace atractivos para lugares donde el cambiar la lámpara puede ser difícil tales como escaleras arriba.

Las lámparas fluorescentes compactas se dividen en dos categorías principales:

Lámparas Pin-base.

Lámparas con balasto integral (CFLi).

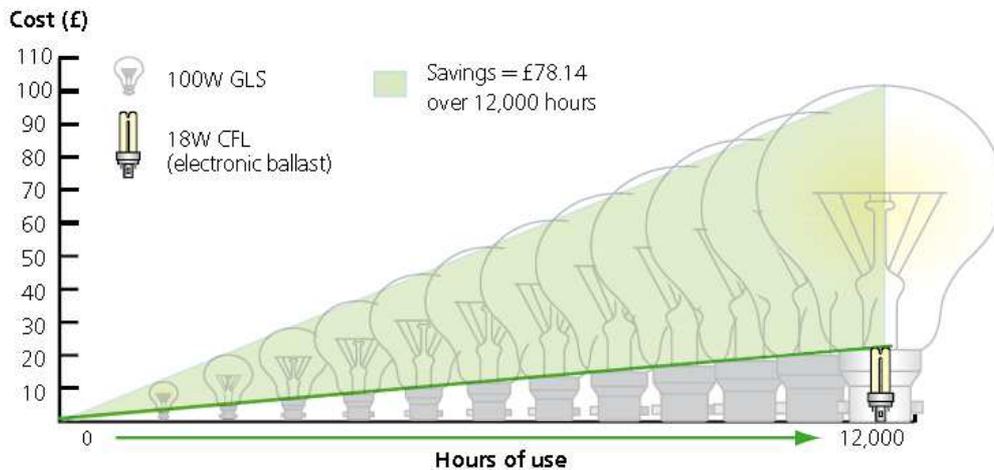


Figura 2.18 Comparación costo venta y uso de lámparas CFLs y de filamento de Tungsteno

Las CFLi pueden tener bayoneta o tapones de rosca Edison y por lo tanto, se puede utilizar como reemplazo directo de lámparas incandescentes en la mayoría de las luminarias existentes. Casi todos CFLi tienen una temperatura de color de 2700K, la misma que la de las lámparas de filamento de tungsteno.

Las lámparas de pin-base deben tener balastro separado y luminarias especialmente diseñadas para ellas (a veces referido como accesorios dedicados). No pueden sustituir a las lámparas incandescentes cuando estas fallan. Están disponibles en una amplia gama de temperatura de calor incluidos los más comúnmente encontrado en situaciones domésticas: 2700K - lo mismo como la lámpara de filamento de tungsteno, y 3000K – la mismo que las lámparas halógenas de tungsteno.

Tanto las lámparas pin-base y las CFLi están disponibles en una amplia variedad de proveedores y diseños, por lo que son una opción atractiva para constructores y usuarios finales.

Las lámparas fluorescentes compactas por lo general tienen una vida útil de entre 8.000 y 15.000 horas. Muchos fabricantes producen un línea "economía" que son más baratas, pero estas tienen vidas más cortas (5000 - 8000 horas).

## Lámparas LED

La tecnología LED aporta la mejor eficiencia disponible para la conversión de energía eléctrica en luminosa. Con una eficiencia energética media de un 85% se pueden obtener más de 80 lumen por vatio.

La emisión de luz que proporcionan los LED es direccional, se ilumina lo que precisa ser iluminado. Las fuentes de luz tradicionales son como el sol en miniatura, lanzan luz en todas las direcciones. Mediante ópticas se intenta orientar la iluminación hacia donde se necesita. Difícilmente se supera una eficiencia de un 50% en el re direccionamiento.

Cuando comparamos una luminaria LED con otros emisores de luz, hasta ahora eficientes, como las luminarias de sodio de alta presión, no es suficiente comparar la emisión luminosa total de una lámpara que en parte se orientará con reflectores, lo prioritario es la cantidad y la calidad de la luz disponible en el lugar que la precisa

La tecnología LED aporta la mayor expectativa de vida actualmente disponible, 50.000 horas. Los LED no “se funden”; con una utilización media de 10 horas diarias, se superan los 12 años de duración.

La luz blanca que producen los LED, independientemente de la temperatura de color elegida, blanco frío (8.000º), blanco natural (5.000º) o blanco cálido (3.000º), permite la mejor reproducción cromática actualmente disponible. Colores intensos y claramente diferenciados. La calidad de la luz afecta a la percepción que tenemos de cantidad de luz, de seguridad, de comodidad.

Con un factor de potencia superior al 0,9 y una distorsión armónica inferior al 20%, los LED superan cualquier combinación de lámpara HP + reactancia + condensador, incluso cuando se pueden utilizar balastos electrónicos. Reducción drástica del consumo eléctrico, de un 50 a un 80%

El ahorro económico es la más conocida ventaja de los LED. Esta es la consecuencia de las otras ventajas LED anteriormente mencionadas, la suma económica de todas ellas, a corto y a largo plazo. Algunas veces, nos percataremos de que la elevada eficiencia LED además de reducir el consumo eléctrico necesario para obtener la iluminación adecuada, reduce también el consumo de los acondicionadores de aire necesarios para enfriar el calor producido por otros emisores de luz en instalaciones de interior.

Los aspectos correspondientes a los sistemas de control para la iluminación se tocaran en el tema de domótica

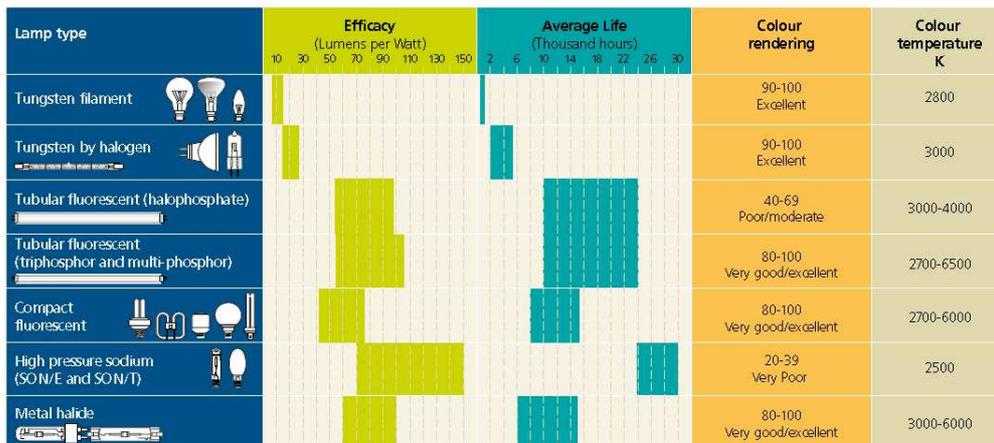


Figura 2.19 Eficiencia de distintas fuentes luminosas

### 2.3.4 Ascensores de última generación

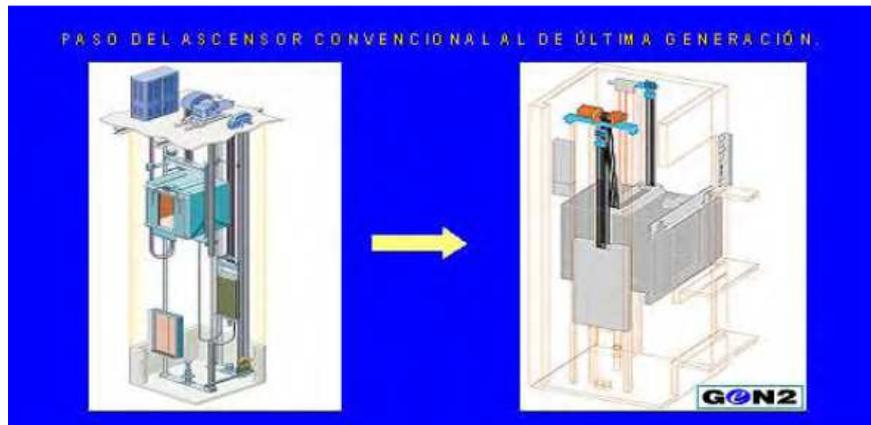
Los ascensores de última generación son eléctricos, movidos por máquinas de tracción directa y con motores alimentados a frecuencia y tensión variables, por lo que ya no necesitan reductor.

Además, en estos ascensores, se han sustituido los tradicionales cables de tracción de hilos trenzados de acero, por cables o cintas planas de material plástico y acero de alta resistencia. Estos nuevos elementos de suspensión son mucho más flexibles que los antiguos cables de hilo de acero trenzado, lo que ha permitido disminuir drásticamente el tamaño de las poleas de tracción, del motor y de la máquina, aparte de eliminar, por tanto, el reductor, lo que ha supuesto la desaparición de los engranes, principales responsables de las pérdidas energéticas.

De poleas de diámetro medio de unos 650 cm, se ha pasado a otras de 7 a 10 cm. Esto permite reducir, de forma espectacular, el tamaño y el peso de la máquina, obteniéndose reducciones de escala del orden de hasta doce veces.

El motor requiere menos potencia, por tanto, consume menos que uno convencional, además de ser energéticamente más eficiente.

La reducción del tamaño de la máquina favorece también de que no haya necesidad de tener un cuarto de máquinas, pudiéndose ubicar a los diferentes elementos que antes se situaban en él, dentro del propio hueco del ascensor, con el ahorro de espacio que esto significa. En las figuras, se muestran el paso de un ascensor convencional a otro de última generación, y la diferencia de escala en su elemento tractor.



*Figura 2.20 A la izquierda maquina convencional a la derecha máquina de última generación*

En definitiva, un ascensor de última generación es un ascensor eléctrico con cables o cintas planas de nuevos materiales como elementos de suspensión, con motores alimentados a frecuencia y tensión variable, sin reductor y sin cuarto de máquinas.

El empleo de un ascensor de última generación puede dar lugar, entre otros, a los ahorros en el consumo de energía eléctrica que, a continuación se relacionan:

- Durante los procesos de fabricación, transporte y montaje de un ascensor medio de ultima generación, se ahorran unos 350 kg de materias primas y unos 1000 kWh de energía eléctrica.
- El ascensor eléctrico eficiente consume hasta un 40% menos que el eléctrico y un 55% menos que el hidráulico convencional equivalente.
- Una edificio con dos ascensores de última generación podría ahorrar 1,900 kWh anuales respecto a los convencionales.
- Un ascensor medio, la elección adecuada de la iluminación de la cabina y su encendido inteligente puede ahorrar hasta 400kWh anuales.

Estos ahorros han sido obtenidos al comparar los tipos convencionales no eficientes y los de última generación con alta eficiencia, sin considerar el tipo de control del movimiento, sin embargo es necesario considerarlo con el fin aprovechar la energía al máximo. Control de movimiento regenerativo aprovecha el comportamiento de la máquina como motor (impulsando) o como generador (frenando). La energía sobrante, en vez de perderse en forma de calor, puede utilizarse para mover otro ascensor o para iluminar otras partes del edificio.

Respecto al consumo total de energía eléctrica, puede conseguirse un ahorro de hasta el 70% en un ascensor con este control, respecto a otro que no lo disponga.

## **2.4 Uso de energías renovables**

### **2.4.1 Implementación de colectores solares**

La gran mayoría de sistemas solares térmicos que están en uso hoy en día, pertenecen a casas no adosadas o semi-adosadas. Sin embargo, son sistemas que se usan cada vez más en grandes edificios: bloques de pisos, hoteles y establecimientos de catering, así como en edificios públicos. Muchos de estos grandes sistemas ya están instalados en Europa, y la experiencia obtenida con ellos es tan positiva que muchas empresas planean instalar más sistemas. Una lección importante que se desprende de la experiencia, es que el diseño de grandes sistemas solares térmicos no puede estandarizarse. Cada sistema debe ser desarrollado individualmente teniendo en cuenta las circunstancias y las necesidades del usuario, una tarea y un desafío para todos los arquitectos e ingenieros que participan.

La energía solar térmica puede ser utilizada en cualquier sitio en el que se necesite una calefacción de baja intensidad: para agua caliente sanitaria (ACS), para contribuir a la producción de calefacción y para generar sistemas térmicos de climatización.

Los sistemas de energía solar térmica pueden complementar el suministro de calefacción de los edificios en verano, a finales de primavera y a principios de otoño.

### **Componentes de la instalación**

#### **Colectores**

Los colectores solares instalados en los tejados captan la luz solar y la convierten en energía. La unidad absorbente consta de lo que se conoce como un revestimiento selectivo, el cual permite convertir de forma eficaz la radiación solar en calor incluso en los días nublados o de invierno. El colector está protegido por un vidrio resistente que puede soportar incluso granizo.

Estos colectores pueden ser montados en tejados planos o inclinados, integrados en el revestimiento del tejado o instalados como parte de la fachada del edificio. La mayoría de los sistemas solares térmicos modernos usan colectores solares de placa plana o de tubos de vacío. El lugar de la ubicación de la instalación determina el tipo de colector así como la temperatura necesaria.

Tipo de colector	Transportador de energía	Áreas de uso
Colector de aire	Aire	Pre calentamiento de aire de secado en naves industriales y sistemas de climatización abiertos.
Colector solar de placa plana (de vidrio)	Agua Mezcla de agua con glicol	Agua caliente sanitaria y calefacción, sistemas de climatización abiertos y cerrados, así como pre calentamiento de procesos industriales
Colector solar de tubos evacuados (flujo directo)	Agua Mezcla de agua con glicol	Agua caliente sanitaria, calefacción, sistemas de climatización de dos fases, y pre calentamiento de procesos industriales.
Colector solar de tubos evacuados (calentamiento del tubo)	Calentamiento indirecto del medio de transferencia de calor	Agua caliente sanitaria, calefacción, sistemas de climatización de una y dos fases, y pre calentamiento de procesos industriales

Tabla 2.2

## Almacenamiento de calor

### *Almacenamiento a corto plazo*

Las unidades de almacenamiento a corto plazo acumulan la energía captada durante 1-2 días para cubrir los días de lluvia. Una buena estratificación de la temperatura es un factor importante en dichas unidades. Es por este motivo que son altas y finas, para formar estratos estables con un amplio rango de temperaturas. Las temperaturas que alimentan los colectores deben ser lo más bajas posible. Esto es un factor clave para la eficacia del sistema. Fracciones solares de hasta el 30% de toda la demanda energética pueden ser cubiertas de esta manera.

### *Almacenamiento estacional*

Las unidades de almacenamiento estacional se usan mayoritariamente en redes de calefacción urbana y pueden retener calor durante semanas. Existen sistemas de agua caliente sanitaria, de agua/gravilla, de perforación y acuíferos. Los depósitos térmicos de agua doméstica usados en las instalaciones de almacenamiento estacional tienen una capacidad de miles de metros cúbicos. Se usan en su mayoría en zonas residenciales con cientos de viviendas aunque también se pueden encontrar en bloques individuales de apartamentos.

### *Tecnologías de almacenamiento térmico estacional*

**Almacenamiento de energía por perforación** - La energía solar se transfiere al suelo a través de perforaciones de 20-100 metros de profundidad, y se extrae según las necesidades. Debido a la baja capacidad térmica de la tierra, los depósitos suelen ser de 3-5 veces más grandes que las instalaciones de ACS. Sin embargo son más simples de construir y se pueden añadir siempre que sea necesario. No hay contacto directo con agua subterránea es una ventaja.

**Almacenamiento de energía por sistemas de agua/gravilla** - Los hoyos alineados con láminas especiales se llenan con una mezcla de agua y gravilla. El calor se transporta, en la misma agua o a través de tubos en espiral, hasta el depósito. Las reservas de agua/gravilla tienen una capacidad energética inferior a la de las instalaciones de almacenamiento de agua sanitaria. Por esta razón, necesitan aprox. 1-1,5 veces el volumen necesario de almacenamiento para el agua caliente sanitaria.

Reservas acuíferas - Estos depósitos utilizan agua subterránea para almacenar energía solar. El agua subterránea extraída de una perforación se calienta y se devuelve al acuífero a través de una segunda perforación. La energía se recupera invirtiendo la corriente. El coste por unidad de calor generada es relativamente bajo, aunque estos sistemas requieren unas condiciones hidrogeológicas que no son fáciles de satisfacer.

### **Elementos adicionales**

#### *Intercambiador de calor*

La energía solar capturada por los colectores se transfiere a los circuitos de calefacción mediante un intercambiador de calor. En los grandes sistemas de energía solar térmica esto suele ser una unidad externa. El intercambiador de calor separa hidráulicamente, a cada lado, los circuitos para que cada uno pueda funcionar de forma óptima. Estos intercambiadores también se utilizan en lo que se conoce como instalaciones de agua fresca. Éstas suministran el agua a cada apartamento de forma separada, y usan para ello el circuito de calefacción como fuente de calor. Es un sistema efectivo y rentable puesto que no necesita que se utilicen tuberías adicionales para distribuir el agua.

#### *Control*

Poder obtener la máxima energía producida a partir de un sistema solar térmico depende fundamentalmente de lo eficiente que sea la interacción entre todos los componentes del sistema. En este aspecto el control del sistema es muy importante.

El sistema controlado de circuito cerrado controla ambos: la calefacción y el circuito de colectores. Esto significa que tanto el sistema de energía solar térmica como el sistema de energía adicional se ejecutan a niveles óptimos de recursos. Los sistemas controlados de circuitos cerrados tienen un contador de energía y, en algunos casos, diagnósticos remotos. Estos permiten que se pueda ajustar, posteriormente, el sistema solar térmico y simplificar de manera considerable la localización y corrección de fallos, así como la facturación de los costes de calefacción. Los controladores programables también están disponibles, y permiten que el funcionamiento del sistema solar térmico se adapte en el momento a un perfil de carga específico.

### **Diversos sistemas y su aplicación**

Debido a las diferencias culturales y climáticas, los sistemas de energía solar térmica se usan de forma muy distinta en los distintos países europeos. Por un lado, en el sur de Europa la mayoría de los sistemas son usados para suministrar agua caliente, mientras que en los países del norte a menudo disponen de instalaciones de calefacción central. En estos últimos existe sin embargo una tendencia por las redes de calefacción urbana. Las diferencias más destacables se encuentran en la distribución de calor en los edificios de apartamentos. Este suministro puede hacerse mediante el circuito colector o de forma centralizada a través de tuberías de conducción.

### **Protección anticongelante y de recalentamiento**

Normalmente los colectores se protegen contra las heladas añadiendo anticongelante. No obstante, cuando el medio de transporte de energía es agua pura (obligatorio en Holanda), la protección contra las heladas se proporciona a través del sistema de drenaje mediante una válvula anticongelante. Las propias características del colector, así como el control del mismo, lo protegen del recalentamiento cuando no hay flujo en el sistema, ej. en verano.

### **Suministro de agua caliente sanitaria**

Si se usan para suministrar agua caliente, los sistemas solares térmicos pueden suplir el 60% de la demanda anual. El suministro de agua caliente es centralizado, mediante el uso de una tubería de conducción, o descentralizado, con una caldera individual en cada apartamento. Igualmente existen (sobretudo en España) sistemas con almacenamiento descentralizado e instalaciones de calefacción adicional. La calefacción adicional es una caldera colocada en cada apartamento y abastecida por un campo central de colectores solares. En los sistemas centralizados se asegura la protección contra la legionella, puesto que se calienta el depósito a 60º una vez al día. Es importante destacar, que los sistemas descentralizados no necesitan ser protegidos contra esta enfermedad porque la distancia entre el intercambiador de calor y el grifo es muy corta.

### **Sistemas combinados de agua/calefacción (combisystems)**

La energía solar puede suministrar calefacción tanto en sistemas de calefacción centralizados como descentralizados. Aprox. entre el 10 - 30% del total de la demanda de calefacción puede ser cubierta por sistemas combinados de agua/calefacción.

La protección contra el recalentamiento en verano y la congelación en invierno es esencial para un funcionamiento seguro y continuo. Características fiables garantizadas por diseñadores e instaladores con experiencia en estos sistemas aseguran una gran instalación solar térmica (GIST) protegida para ambas situaciones meteorológicas extremas.

### **Sistemas solares en los nuevos edificios**

En un edificio nuevo, la tecnología solar térmica puede diseñarse como parte integral del sistema de calefacción para optimizar así el suministro total de energía. Los arquitectos e ingenieros tienen la libertad de decidir cómo deben integrarse los colectores al edificio, por ejemplo, haciendo que sean parte del tejado o de la fachada. Ellos deciden, también, la disposición de las unidades de almacenamiento y de control.

Normalmente, para edificios nuevos se suelen elegir sistemas de suministro centralizados puesto que el coste de capital por unidad es menor que el de los sistemas descentralizados. No obstante, el consumo de agua caliente en un edificio nuevo - un punto clave en el diseño del sistema - es

difícil de calcular. Las cifras del consumo estándar suelen exagerar el consumo real. Conocer la cantidad de futura calefacción es esencial.

### **Rediseñar los sistemas de energía solar térmica**

Tener un diseño exacto y unas dimensiones claras es muy importante para poder incluir un sistema de energía solar cuando se moderniza un edificio. También es útil recopilar de ante mano datos sobre el consumo de agua doméstica.

Instalar sistemas solares térmicos durante una reforma suele significar que deben ser integrados a los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria ya existentes. A menudo es mejor sustituir, al mismo tiempo, cualquier calefacción auxiliar y dimensionar la caldera y la unidad de almacenamiento para poder ajustar así todo el sistema como un solo conjunto.

### **Apoyo para calefacción convencional**

Las calderas o las bombas de calor suplen cualquier deficiencia en el suministro cuando hay un bajo rendimiento del colector. Los sistemas de energía solar térmica pueden combinarse con sistemas de calefacción convencionales. Muchos fabricantes de sistemas convencionales ofrecen unidades de control completas que funcionan combinadas con tecnología solar térmica.

El almacenamiento de la energía solar producida puede ser centralizado o descentralizado según el sistema de calefacción y de ACS. Cuando se remodela, los depósitos se pueden conservar y complementar con la unidad de almacenamiento de energía solar.

### **Cálculo preciso de la demanda de ACS**

El rendimiento económico de un sistema de energía solar térmica depende mucho de si éste tiene el tamaño adecuado para suministrar la cantidad de ACS requerida. Si el verdadero consumo está por debajo del estimado, entonces el sistema estará sobredimensionado. Cuando la unidad de almacenamiento está llena pero no se utiliza el agua, no es posible recolectar más calor del colector solar, aunque el sol siga brillando. Es entonces cuando la energía producida se desaprovecha. Una solución para esta situación, es conectar al circuito solar más unidades que necesiten energía térmica

### **Circuitos de calefacción**

#### *Sistemas centrales de calefacción*

Los sistemas de energía solar térmica pueden ser integrados muy fácilmente en los sistemas de calefacción y agua caliente. Para ello se puede utilizar un sistema de doble tubo. El almacenamiento, el control y la calefacción adicional están centralizados.

#### *Sistemas descentralizados*

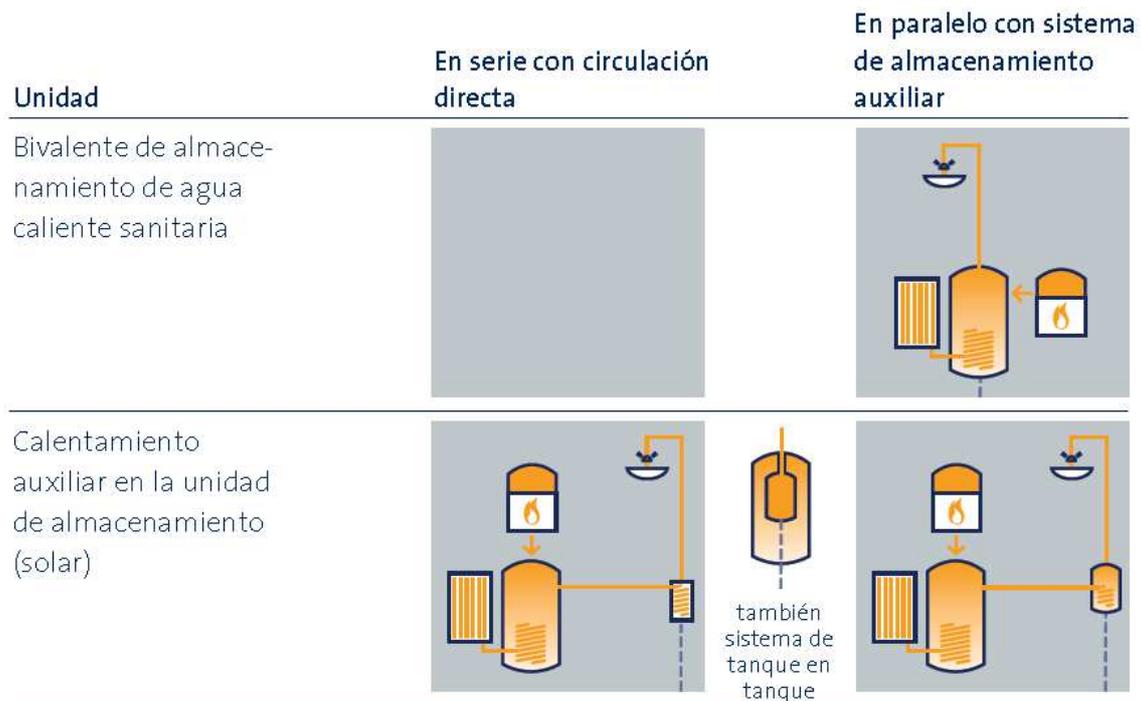
En un sistema descentralizado, el agua doméstica se precalienta a través de un campo común de colectores. La calefacción y el almacenamiento de energía solar se suministran mediante calderas descentralizadas.

*Estaciones de agua fresca / Sistemas semi-descentralizados*

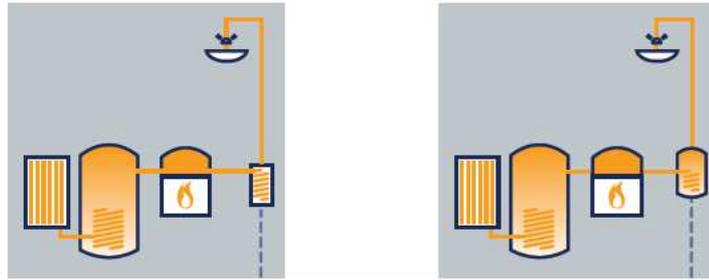
Las centrales de agua fresca son una tercera opción para integrar la energía solar térmica. Las unidades de transferencia de energía proporcionan esta energía para el agua caliente sanitaria de cada vivienda. La fuente de calor suele ser el circuito de calefacción. Sin embargo, esto requiere temperaturas muy altas en el circuito de calor. Es por eso que las centrales de agua fresca son útiles sólo en aquellos edificios calentados por radiadores con un grado de temperatura apropiado.

Esquemas de conexión

A continuación se presentan los esquemas de conexión más frecuentes

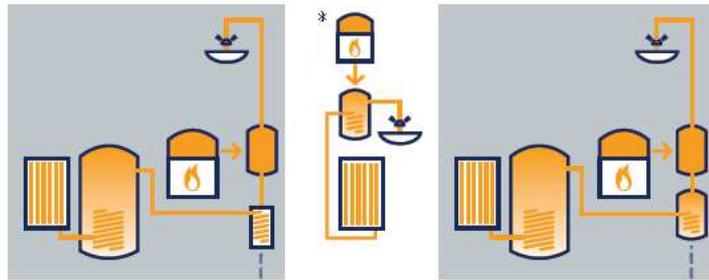


Calentamiento auxiliar directo (en serie)



Calentamiento auxiliar en la unidad de almacenamiento (auxiliar)

\* también como sistema completamente descentralizado



Sistema con almacenamiento de agua descentralizado



Figura 2.21 Esquemas de conexión más frecuentes de colectores solares

## 2.4.2 Implementación de paneles fotovoltaicos

Durante muchos años, se ha preferido la energía solar fotovoltaica para suministro energético de algunos edificios o viviendas en lugares remotos donde no llegaba la red eléctrica. A medida que los costes continúan decreciendo, los sistemas FV distribuidos en edificios conectados a la red eléctrica pueden alcanzar un elevado grado de comercialización.

El interés de la integración en edificios donde los módulos FV pueden entrar a formar parte como elementos constructivos sirviendo a menudo como cubierta exterior y reduciendo costes de construcción, está creciendo, siendo potencialmente atractivos para la arquitectura mediante la incorporación de la tecnología como parte del diseño de edificios.

La mayoría de estos sistemas han sido integrados en tejados debido a que en esa situación alcanzan la máxima captación de energía solar. Recientemente se ha comenzado con la

integración en muros y fachadas en las que, por ejemplo, el vidrio es reemplazado por módulos de lámina delgada semitransparentes.

Partiendo de lo anteriormente señalado podemos establecer 3 grandes áreas en cuanto a ubicación de los paneles: integración en tejados, estructuras para colocación en tejados, terrazas y aleros e integración de módulos para fachadas y muros verticales.

### **Tipos de sistemas y componentes**

Los sistemas FV para edificios pueden ser autónomos o conectados a red. En los sistemas autónomos, el edificio no tiene conexión a red y posee un banco de baterías como sistema de almacenamiento energético para utilizar durante la noche o durante periodos con baja radiación solar. Los sistemas conectados a red son interactivos con la red, es decir, el edificio recibe tanto de la instalación FV como de la red.

### **Células, módulos y generadores FV**

La electricidad FV es producida por un generador de módulos FV conectados eléctricamente en serie y paralelo para proporcionar el voltaje y la corriente deseadas. Cada módulo, a su vez está formado por células solares individuales conectadas también en serie y paralelo. Una célula típica de silicio monocristalino tiene 100cm<sup>2</sup> y produce 1,75 Wp a 0,5 V y 3,5 A en condiciones estándar de medida ( Irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C de temperatura de célula).

En la actualidad, hay básicamente dos tipos de módulos FV comercialmente disponibles: los de silicio cristalino y los de silicio amorfo. Los primeros dominan el mercado mientras que los de silicio amorfo, que comienzan a ser ampliamente utilizados, necesitan menor cantidad de material base y técnicas más simples para su fabricación por lo que son más baratos.

Otros módulos de lámina delgada como el diseleniuro de cobre-indio (CIS) y el telururo de cadmio (CdTe) están en desarrollo con un futuro prometedor.

En el diseño del sistema FV, el tamaño de generador viene determinado por uno o más de los siguientes factores: área disponible, recursos disponibles (económicos y de radiación solar) y las necesidades del consumo. El voltaje del generador se determina por el voltaje de entrada del inversor (o en sistemas autónomos por el voltaje de batería).

### **Resto del sistema (BOS).**

Los sistemas FV tienen otros componentes además de los módulos FV. Normalmente denominado "resto del sistema" que incluye el cableado, las estructuras soporte, los inversores, las baterías, los reguladores de carga, las protecciones (contra rayos, sobretensiones, fallos a tierra, e interruptores).

Los Inversores son dispositivos electrónicos utilizados tanto en sistemas autónomos como en los conectados a red para convertir la corriente continua en alterna para inyectar a la red o para ser utilizada por aparatos de consumo en alterna.

## **El módulo FV como elemento constructivo.**

### *· Inclinación y orientación:*

Normalmente se tiende al aprovechamiento de las propias superficies de los tejados o fachadas para la instalación de los módulos fotovoltaicos. En general, la orientación e inclinación de estas superficies no coincide con el óptimo.

### *El módulo FV como elemento constructivo:*

Los módulos FV se presentan en forma de placas listas para instalar ya que disponen de algún elemento de sujeción, además están protegidos contra la acción de la intemperie y sus partes eléctricas activas están protegidas del exterior.

Existen numerosas formas de integrar arquitectónicamente los módulos en los edificios (dependiendo en cada caso de sus características constructivas). En cualquier caso es necesario tener en cuenta que suponen un peso adicional que la estructura del edificio debe ser capaz de soportar (25 kg/m<sup>2</sup> incluyendo la estructura de soporte). Además pueden suponer cargas adicionales por efecto del viento (como en el caso de distribución de aleros).

Como recomendaciones generales se puede decir:

- A la hora de la sujeción debe prevalecer la estanqueidad de las cubiertas del edificio.
- El ángulo de inclinación debe ser tal que permita que el agua de lluvia o la nieve escurra con facilidad (normalmente la inclinación del tejado ya contempla este hecho).
- Se ha de procurar evitar en la medida de lo posible los sombreados sobre partes del generador FV.
- Se ha de procurar que cada tira de módulos conectados en serie tengan la misma orientación e inclinación para evitar pérdidas. Se estima que las pérdidas por cada grado de desviación en inclinación y orientación están en el rango de 0.2 y 0.008% del valor óptimo. Es importante señalar que el ángulo de inclinación óptimo es el que da la mayor radiación para el peor mes.

## **Seguridad y protecciones**

En general se recomienda:

- No superar los 120 en el generador FV.
- Realizar una correcta puesta a tierra de la instalación, según lo indicado en el REBT.
- Minimizar la posibilidad de cortocircuitos separando los terminales positivo y negativo provenientes del generador FV en la caja de conexiones.
- Utilización de materiales debidamente homologados para realizar los cableados.

Aparte de la protección del generador FV mediante diodos by-pass y diodos antiparalelos, es conveniente una detección precoz de las pérdidas de aislamiento que se puedan producir. La forma de detectar estas pérdidas de aislamiento, que pueden producir daños irreversibles en el módulo FV, dependen de cómo estén configurado el generador en cuanto a su puesta en tierra. En el caso de la configuración flotante, con los polos positivo y negativo aislados de tierra (las estructuras soporte y las cajas de los equipos siempre deben estar conectadas a tierra), las fugas afectan

igualmente a ambos polos y el único modo de detectarlas es mediante la medida directa del aislamiento entre polos y tierra (también puede hacerse automáticamente mediante un vigilante de aislamiento que mide la resistencia óhmica entre polos y tierra).

En el caso de que uno de los polos (en general el polo positivo) esté puesto a tierra la pérdida de aislamiento se traduce en fugas a corriente a tierra y un desequilibrio entre la corriente de los polos positivo y negativo, lo que posibilita su detección mediante un interruptor diferencial.

Otra medida de protección es la inclusión de dispositivos de descarga de sobre tensiones (producidas por fenómenos atmosféricos) de ambos polos a tierra median varistores. Otros dispositivos suelen instalarse en las cajas donde se conexionan las distintas ramas de módulos conectados en serie y se ponen los diodos antiparalelo.

### **Disposiciones generales sobre la instalación del sistema.**

En principio los sistemas FV autónomos podrían producir energía durante más de 20 años si se dimensionaran correctamente, se diseñaran adecuadamente y se instalaran cuidadosamente.

Los módulos FV van montados en estructuras soporte que pueden ser de hierro, aluminio, acero inoxidable o madera. Estas estructuras soporte han de proteger al generador frente a los fenómenos atmosféricos, como la fuerza del viento. De entre los diferentes tipos de estructuras soporte se ha de evitar en la medida de lo posible la instalación sobre el tejado de los edificios (excepto en las instalaciones de integración en edificios donde las estructuras soporte ya han sido diseñadas específicamente).

Las baterías han de estar protegidas contra los elementos atmosféricos y han de situarse en lugares donde no implique ningún riesgo humano debido al gaseo o posibilidad de explosión por cortocircuito. Lo más recomendable es instalarla en compartimentos especialmente diseñados (que permitan la suficiente ventilación) con acceso restringido a personal autorizado (no permitir el acceso a niños o animales).

Los equipos electrónicos, como reguladores de carga e inversores, han de estar protegidos contra la intemperie para asegurar una larga vida útil. Especialmente importante es la protección contra la humedad y el polvo y contra el exceso de temperatura.

Si la instalación lo requiere, se la habría de dotar de una buena conexión de tierra tal y como indica el reglamento electrotécnico de baja tensión.

### **Edificios fotovoltaicos conectados a la red.**

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica constituyen la aplicación de la energía solar fotovoltaica que mayor expansión ha experimentando en los últimos años. En concreto, los llamados Edificios Fotovoltaicos Conectados a la Red (EFCR en lo sucesivo), han dejado de ser meras experiencias piloto para integrarse en el conjunto urbanístico de numerosas localidades en distintos países, y todo parece indicar que continuarán expandiéndose con vigor en el futuro, al amparo de la creciente toma de conciencia sobre los problemas medioambientales que conlleva la

estructura actual de la producción de electricidad, fuertemente dependiente de la quema de combustibles fósiles.

Obviamente, el objetivo general que persigue la ingeniería de los EFCR es maximizar la generación de energía eléctrica, en el marco de los condicionantes particulares que suponen las características del sistema (tamaños y eficiencias de sus componentes), del lugar (evolución de la radiación solar y la temperatura ambiente) y de la ubicación concreta (orientación y eventuales sombras sobre la superficie del generador). El cálculo preciso de dicha energía es un problema complejo, no sólo por su propia naturaleza —la radiación solar y la temperatura ambiente son funciones del tiempo, cuya descripción matemática dista de ser sencilla—, sino también por la dificultad inherente a la adquisición de algunos datos necesarios (la información relativa al sombreado, por ejemplo). Abordar “en detalle” este problema supone trabajar en una escala horaria de tiempos (casi 6.000 cálculos por año), utilizar modelos anisotrópicos para describir el comportamiento de la radiación difusa, y proceder a laboriosos levantamientos topográficos para determinar la duración y efecto de las sombras proyectadas por cualquier obstáculo circundante. El esfuerzo que, en su conjunto, esto representa, es difícilmente justificable para todas y cada una de las ya, actualmente, numerosas realizaciones concretas que componen esta aplicación de la tecnología fotovoltaica. En su lugar, ha ido tomando carta de costumbre el recurso a estimaciones groseras como, por ejemplo, la mera multiplicación de un valor de irradiación por otro de potencia pico, los cuales, por un lado, suelen conducir a estimaciones muy alejadas del comportamiento real de los sistemas y, por otro, no permiten evaluar el impacto de las características peculiares de cada uno de los elementos del sistema.

Así, se puede afirmar que la extensión a gran escala de esta aplicación requiere la utilización de métodos de ingeniería específicos que permitan, por una lado, optimizar su diseño y funcionamiento y, por otro, evaluar su impacto en el conjunto del sistema eléctrico.

### **Parámetros característicos de EFCR**

Los EFCR, por el hecho de ser sistemas generadores de energía descentralizada, parten de situaciones netamente diferenciadas en lo que a recurso energético —radiación solar— se refiere. Así, la comparación de distintos sistemas exige independizar su comportamiento de las condiciones medioambientales y, por tanto, estar basada en los llamados parámetros característicos del sistema. Éstos son, según las definiciones que establece el Joint Research Centre (JRC-ESTI) de las Comunidades Europeas en Ispra (Italia)<sup>6</sup>, adoptadas por la comunidad científica internacional: Productividad del Generador fotovoltaico o Array Yield (YA), definida como la energía producida por el generador fotovoltaico en un determinado período de tiempo (EGFV,  $\tau$ ) y por unidad de potencia instalada:

$$Y_A = \frac{E_{GFV, \tau}}{P_{nom, G}} \quad (\text{kWh.kW}_p^{-1} \leftrightarrow \text{h}) \quad (1)$$

Productividad Final o Final Yield (YF), definida como la energía útil producida por el sistema en un cierto período de tiempo (EFV,  $\tau$ ) y por unidad de potencia instalada:

$$Y_F = \frac{E_{FV, \tau}}{P_{nom, G}} \quad (\text{kWh.kW}_p^{-1} \leftrightarrow \text{h}) \quad (2)$$

Productividad de Referencia, o Reference Yield (YR), definido como el cociente entre la irradiación solar incidente sobre el generador a lo largo de un cierto período de tiempo ( $G_{inc, \tau}$ ) y la denominada Irradiancia en Condiciones Estándar (ISTC = 1 kW.m-2):

$$Y_R = \frac{G_{inc, \tau}}{I_{STC}} \quad (\text{h}) \quad (3)$$

Rendimiento Global del sistema, o Performance Ratio (PR), que relaciona la energía útil generada por el sistema con aquella teóricamente disponible. Parámetro independiente del tamaño (potencia) de la instalación, y en buena medida también de su emplazamiento —se ve afectado por las pérdidas asociadas a la temperatura de operación del generador fotovoltaico—, se utiliza para comparar el comportamiento de diferentes sistemas en lo que respecta a aprovechamiento del recurso solar disponible:

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} \quad (4)$$

#### 2.4.3 Implementación de energía eólica en edificios

La energía eólica integrada en edificios es un novedoso avance en la arquitectura sostenible.

Los sistemas de generación eléctrica basados en las miniturbinas eólicas son ideales para aplicaciones diversas que requieran un suministro de energía independiente de la red eléctrica convencional, o bien que complemente a ésta. Un metro cuadrado de estas turbinas puede llegar a producir 130KW/h.

Presenta las siguientes ventajas, además de las propias como energía renovable (inagotable, respetuosa con el medio ambiente, autóctona, etc.):

- Proximidad desde el punto de generación al punto de consumo -que minimiza las pérdidas de energía.
- Versatilidad de las aplicaciones.
- Accesibilidad para pequeñas economías.
- Desahogo para las redes de distribución sin producir sobrecargas.
- Menor impacto visual que las máquinas grandes.
- No requiere complejos estudios de viabilidad.
- Posibilita instalaciones híbridas, etc.

Este tipo de instalaciones no contaminan, apenas ocupan espacio, requieren un bajo mantenimiento y proporcionan la electricidad que puede suponer una notable mejora en la calidad de vida.

La mayoría de los micro-generadores son de eje horizontal con rotor a barlovento respecto a la torre (el viento encuentra primero las palas y luego el soporte) y conicidad nula (el plano de rotación de las palas forma una línea paralela ideal con la horizontal).

Existen diferentes configuraciones de turbinas eólicas: monopala, bipala, tripala, multipala. El aumento del número de palas disminuye la velocidad de rotación, aumenta el rendimiento y encarece el precio de estas turbinas.

La mayor parte de las turbinas mini-eólicas utilizan palas fabricadas con metal plaqueado: poliéster reforzado con fibra de vidrio o, en menor proporción, con fibras de carbono, y raramente madera. Se ha dejado de utilizar el aluminio por su tendencia a deformarse bajo esfuerzo.

El tamaño reducido de las turbinas mini-eólicas no permite colocar motores con orientación del rotor en la dirección del viento u otros componentes metálicos que tienen las turbinas de tamaño mediano: casi todas las miniturbinas tienen brazos direccionales para orientar el rotor en la dirección del viento.

Para obtener un buen rendimiento, las turbinas tienen que situarse en lugares batidos por vientos consistentes: para las máquinas de minieólica, teniendo en cuenta su reducido tamaño, es fundamental la robustez.

En régimen de viento fuerte, las turbinas tienen que tener un sistema de posicionamiento pasivo del rotor que desvíe el eje respecto al de rotación de la pala. La mayor parte de las micro y miniturbinas se dobla sobre una bisagra, de modo que el rotor gire hacia el brazo direccional: algunas en vertical, otras en horizontal. La velocidad del viento a la que se realiza la desalineación y la forma en la que se verifica dependen de la bisagra colocada entre el brazo direccional y la góndola.

La mayor parte de las turbinas eólicas utiliza alternadores de imán permanente: se trata de la configuración más sencilla y robusta. Para las turbinas de uso doméstico, las configuraciones de alternador pueden ser las siguientes: imán permanente, alternador convencional con devanado del campo y generador de inducción.

## **Componentes y sistema de ejecución**

### *Miniturbina*

El rotor de la miniturbina está compuesto por palas ancladas a un elemento soporte de acero, llamado buje, acoplado directamente al generador. De esta forma puede generar corriente a un número reducido de revoluciones, haciendo innecesaria la utilización de un multiplicador, por lo que la máquina apenas necesita mantenimiento. La torre

utilizada puede ser tubular o de celosía, con vientos o autoportante. Su altura varía entre los 6 metros y los 18 metros.

#### *Regulador y sistema de acumulación*

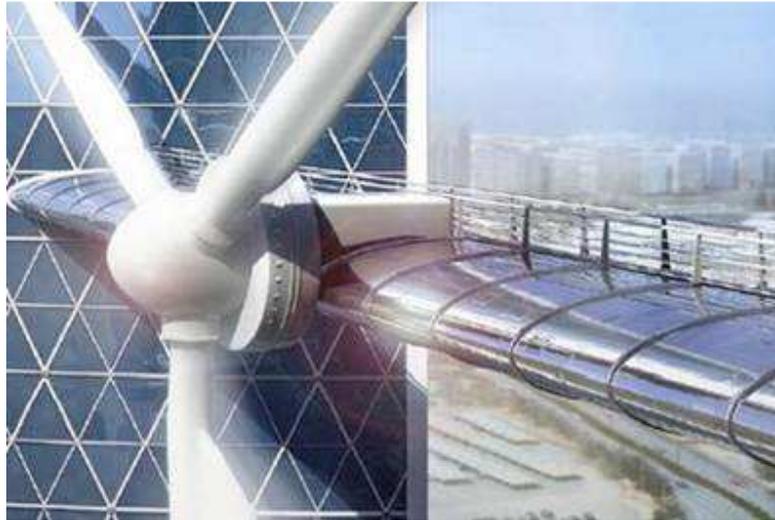
Como el suministro y la demanda pueden variar, la corriente trifásica que proporciona el generador se rectifica en el controlador de tensión o regulador de carga, pasándola a continua antes de ser almacenada en baterías de 12, 24, 48, ó 120 V. La corriente de las baterías puede ser usada directamente para alimentar cualquier equipo eléctrico de corriente continua que tenga el mismo voltaje que éstas. El regulador se encarga de mantener la batería conectada mientras la tensión en bornas del rectificador se encuentre dentro de cierto rango de valores. Además controla el nivel de carga de las baterías, evitando las sobrecargas y sobre descargas que reducen su vida útil. Para paliar las sobrecargas deriva la corriente a las resistencias de disipación.

#### *Inversor*

Además de consumos en corriente continua, también es posible obtener de nuevo corriente alterna de 110 o 220 V a 50/60 Hz, mediante la utilización de un inversor, que es un sistema de conmutación electrónico que transforma la corriente continua de las baterías en corriente alterna.



*Figura 2.22 Cubierta con tres aerogeneradores*



*Figura 2.23 Detalle de aerogenerador en edificio*



*Figura 2.24 Aerogeneradores en cornisa*

## 2. 5 Domótica

La Domótica es la integración de las nuevas tecnologías y el diseño en los espacios habitables, a fin de obtener una mayor funcionalidad y confort. La incorporación al equipamiento de nuestras viviendas y edificios de una sencilla tecnología que permita gestionar de forma energéticamente eficiente, segura y confortable para el usuario los distintos aparatos e instalaciones domésticas tradicionales que conforman una vivienda.

La domótica gestiona elementos de control que contribuyen al ahorro de agua, electricidad y combustibles, notándose sus efectos tanto en el aspecto económico (menos coste) como en el ecológico (menos consumo de energía)

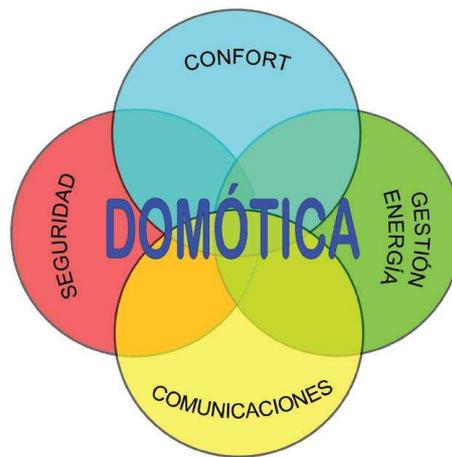


Figura 2.25 Esquema del alcance de la domótica

### 2.5.1 Ahorrar electricidad

#### En iluminación

- Sistemas de iluminación eficientes: adaptan el nivel de iluminación en función de la variación de la luz solar, la zona de la casa o la presencia de personas, ajustándola a las necesidades de cada momento. Por ejemplo, detectan la presencia de personas en zonas de paso, como los pasillos de la vivienda o de las zonas comunes de un edificio, y las iluminan sólo cuando es necesario.
- Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de la vivienda: permite que se aproveche al máximo la luz solar.
- Control automático del encendido y apagado de todas las luces de la vivienda: permite evitar el dejarse luces encendidas al salir de casa.
- Control de forma automática del encendido y apagado de las luces exteriores en función de la luz solar.

### **En climatización**

- Sistemas de regulación de la calefacción: adaptan la temperatura de la vivienda en función de la variación de la temperatura exterior, la hora del día, la zona de la casa o la presencia de personas.
- Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de la vivienda: permite que se aproveche al máximo la energía solar.

### **En electrodomésticos**

- Control o secuenciado de la puesta en marcha de electrodomésticos: programando su funcionamiento en horarios en los que el precio de la energía es menor.
- Detección y gestión del consumo “en espera” de los electrodomésticos.
- Programación de la desconexión de circuitos eléctricos no prioritarios –como por ejemplo, el del aire acondicionado–, antes de alcanzar la potencia contratada.

## **2.5.2 Ahorrar combustibles**

### **En climatización**

- Sistemas de regulación de la calefacción: adaptan la temperatura de la vivienda en función de la variación de la temperatura exterior, la hora del día, la zona de la casa o la presencia de personas.
- Detección de la apertura y cierre de ventanas: avisan al usuario de si hay ventanas abiertas cuando está activada la climatización.

### **Fugas de Gas**

- Implantación de sistemas de control y regulación centralizados: permiten detectar y avisar en caso de averías como, por ejemplo, una fuga de gas, provocando un corte del suministro que evite los peligros que pudieran ocasionarse. Además, la domótica facilita una buena gestión del mantenimiento de las instalaciones, con el consecuente ahorro económico que esto supone.

## **2.5.3 Monitoreo de consumo energético**

En la actualidad, los sistemas domóticos ofrecen una gran variedad de funcionalidades orientadas a monitorizar el consumo de agua, de combustibles y el consumo eléctrico de todos los sistemas de la vivienda: electrodomésticos, iluminación, sistemas de comunicaciones, refrigeración y/o calefacción, etc. Esto permite hacer una gestión personalizada del consumo (consumo por franjas horarias, diario, mensual, etc.), así como detectar malos funcionamientos de los equipos del hogar.

La información obtenida permite optimizar el ahorro energético en el futuro y corregir las pautas de comportamiento.

Monitorizar la calidad del suministro eléctrico permite, además, notificar remotamente la información al suministrador de electricidad, mejorando así el funcionamiento global del sistema de distribución eléctrica para ajustar con más exactitud los patrones de producción a los hábitos de consumo.

En aquellos inmuebles en los que se disponen de sistemas de generación de electricidad por energía solar fotovoltaica u otros sistemas (microgeneradores, aerogeneradores, etc.), se puede monitorizar y gestionar la producción de electricidad. El usuario podrá saber en cada momento cuánta energía se está inyectando en la red y podrá obtener informes diarios, semanales y mensuales, que le permitirán incluso realizar la gestión económica de los ingresos que se obtienen mediante la venta de la energía. Esta misma información resulta de gran utilidad también para la empresa compradora de la energía, no sólo a efectos de facturación, sino también para poder prever la energía inyectada en red por los pequeños productores y planificar la producción basada en otras fuentes de energía que debe realizar (por franjas horarias, estaciones, etc.).

#### **2.5.4 En que viviendas pueden instalarse un sistema domótico**

Actualmente, existen en el mercado diversos sistemas domóticos fácilmente instalables en cualquier tipo de vivienda: protección oficial, libre, ya construida, de nueva construcción, unifamiliares aisladas, adosadas o en bloque.

La domótica pone la tecnología a su servicio. En función de los requerimientos de cada proyecto, se aplicará una solución a medida que satisfaga las necesidades del hogar y se adapte al modo de vida del usuario.

# Capítulo 3

## Certificación energética en Edificios

En este capítulo hablaremos de la principal certificación internacional en cuanto al uso de energía se refiere la Net Zero Energy Buildings (Edificios de energía neta cero)

Un edificio de energía neta cero (NZEB por sus siglas en inglés) es un aquel cuyo consumo neto de energía al año es igual a cero y producir cero emisiones de carbono al año. Existen edificios que producen más energía que la que consumen a estos edificios se les llama “Energy Plus Buildings. Aquellos que consumen un poco más de lo que generan son llamados “Ultra Low Energy Buildings”. Este tipo de edificios se hicieron posibles debido al avance tecnológico en técnicas de construcción y aprovechamiento energético.

El concepto de energía cero permite una amplia gama de enfoques, debido a las muchas opciones para la producción de energía y la conservación junto con las muchas formas de energía (medida en relación con el costo, la energía o las emisiones de carbono).

Existen diferentes definiciones de un NZEB, en particular dos de ellas una en Europa y la otra en Estados Unidos, dado el propósito de esta tesis haremos referencia a la estadounidense donde la cantidad de energía proporcionada por las instalaciones de energía renovable es igual a la cantidad de energía utilizada por el edificio. Que es de menor alcance a la Europea, ya que esta última incluye los costos energéticos de la construcción del edificio.

Los NZEB tiene básicamente dos paradigmas para su diseño:

- Reducir la demanda energética a través de medidas de eficiencia energética y uso de energía pasiva.
- Autoabastecimiento mediante la generación de energía a partir de fuentes renovables.

Se debe tenerse en cuenta que las opciones de suministro de energía renovables pueden ser priorizados (por ejemplo, por el transporte o esfuerzo de conversión, la disponibilidad durante la vida útil del potencial de construcción o la replicación para el futuro, etc) y por lo tanto crean una jerarquía.

### **Balance de energía del edificio**

Para poder entender el concepto de NZEB debemos saber cómo cuantificar el consumo energético del edificio. Existen dos opciones:

- 1) Balanza de energía entregada / importados y exportados (fase de seguimiento como el autoconsumo de la energía generada en el lugar puede ser incluido)

- 2) Equilibrio entre (ponderado) la demanda de energía y la generación de energía (ponderado) para la fase de diseño como los usuarios finales normalmente temporal patrones de consumo-por ejemplo, para la iluminación, electrodomésticos, etc.

### **Diseño**

Las medidas más rentables hacia una reducción en el consumo de energía de un edificio por lo general deben tomarse durante el proceso de diseño, y este se aparta del método tradicional de diseño de un edificio.

Exitosos diseñadores de edificios de energía cero suelen combinar la prueba del tiempo solar pasiva , o acondicionamiento artificial, principios que funcionan con el de los activos del sitio.

Los NZEB están normalmente optimizados para utilizar la energía solar pasiva la ganancia de calor y el sombreado, combinados con la masa térmica para estabilizar las variaciones diurnas de temperatura durante todo el día, y en la mayoría de climas se súper aislada.

En la mayoría de los casos son utilizadas poderosas herramientas de simulación para predecir el performance energético del edificio y así determinar el valor de los parámetros energéticos a considerar mencionados en el capítulo anterior.

### **Certificación LEED**

Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Fue implantado en el año de 1998 por la necesidad de orientar la construcción a un enfoque sostenible.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo.

La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción y se basa en el análisis y validación por parte de un agente independiente (USGBC), de una serie de aspectos de cada proyecto relacionados con la sostenibilidad, tales como son los siguientes:

- Eficiencia energética,
- Uso de energías alternativas
- Calidad ambiental interior
- Eficiencia del consumo de agua

Existen cuatro niveles de certificación: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum).

Dependiendo del uso y complejidad de los edificios se usa es el sistema de evaluación, en el 2009 se fijaron los siguientes estándares:

- Green Building Design & Construction
  - LEED for New Construction and Major Renovations
  - LEED for Core & Shell Development
  - LEED for Schools
  - LEED for Retail New Construction (previsto para 2010)
- Green Interior Design & Construction
  - LEED for Commercial Interiors
  - LEED for Retail Interiors (previsto para 2010)
- Green Building Operations & Maintenance
  - LEED for Existing Buildings: Operations & Maintenance
- Green Neighborhood Development
  - LEED for Neighborhood Development
- Green Home Design and Construction
  - LEED for Homes

En general, la metodología de todos los sistemas de evaluación LEED es la misma. Se establecen varias categorías, típicamente siete:

- Sustainable Sites (parcelas sostenibles)
- Water Efficiency (ahorro de agua)
- Energy and Atmosphere (eficiencia energética)
- Materials and Resources (materiales)
- Indoor Environmental Quality (calidad de aire interior)
- Innovation in Design (Innovación en el proceso de diseño)
- Regional Priorities (prioridades regionales)

Dentro de estos capítulos se incluye una serie de requisitos de cumplimiento obligatorio (Prerrequisitos) y créditos de cumplimiento voluntario. La justificación del cumplimiento de dichos parámetros otorga una serie de puntos, en función de los cuales se otorga el grado de la certificación

Dado el objetivo de la tesis nos enfocaremos en el estándar LEED for homes en la categoría Energy and Atmosphere.

### **Apartado Energía y Atmósfera**

El performance energético de los edificios depende del diseño utilizado para resolver variables como orientación, materiales, métodos de construcción, envolvente del edificio, eficiencia del uso del agua, ventilación, aire acondicionado (HVAC). Los sistemas de iluminación, determinan como utiliza energía el edificio. Por lo tanto, la estrategia más efectiva para lograr una óptima eficiencia energética es tener una aproximación integrada de todos los sistemas del edificio. Para ello se requiere de colaboración de todos los miembros del equipo que participarán en el diseño de los sistemas del edificio. Como se mencionó anteriormente en es sistema de evaluación LEED existen prerrequisitos y créditos, para el apartado de Energía y atmosfera se describen en la tabla 3.1

CRÉDITO	TÍTULO	NC
Prerrequisito 1	Commissioning Fundamental de los Sistemas Energéticos del Edificio	Necesario
Prerrequisito 2	Mínima Eficiencia Energética	Necesario
Prerrequisito 3	Gestión Fundamental de Refrigerantes	Necesario
Crédito 1	Optimización de la Eficiencia Energética	1-19 puntos
Crédito 2	Energía Renovable en el Sitio	1-7 puntos
Crédito 3	Commissioning Mejorado	2 puntos
Crédito 4	Gestión de Refrigerantes Mejorado	2 puntos
Crédito 5	Medición y Verificación	3 puntos
Crédito 5.1	Medición y Verificación – Edificio Base	N/A
Crédito 5.2	Medición y Verificación – Submedición de arrendatarios	N/A
Crédito 6	Energía verde	2 puntos

*Tabla 3.1 Prerrequisitos y créditos del apartado Energía y Atmósfera de LEED, fuente Green Building Council*

### **Prerrequisito 1 - Commissioning Fundamental de los Sistemas Energéticos del Edificio**

El Commissioning es el proceso de verificar y documentar que todos los sistemas de un edificio son planificados, diseñados, instalados, probados, operados y mantenidos para satisfacer los requerimientos del mandante (OPR). El proceso comprueba el performance global del edificio con las metas propuestas del mandante durante las etapas de diseño, construcción, y ocupación.

El Commissioning es un proceso planeado, sistemático de la calidad de control del proceso que involucra al mandante, ocupantes del edificio, personal de mantenimiento y operación, profesionales a cargo del diseño, contratistas y constructora.

#### **Intención**

Verificar que los sistemas relacionados con energía del proyecto sean instalados y calibrados, y tengan la eficiencia adecuada según los requisitos del mandante para el proyecto, las bases de

diseño, y los documentos de construcción. Los beneficios del Commissioning incluyen un menor consumo de energía, menores costos de operación, menores reclamos durante el periodo de garantía de la constructora, mejor documentación del edificio, mayor productividad de los ocupantes, y verificación que los sistemas funcionan de acuerdo a los requerimientos del mandante.

Requerimientos - Sistemas de Commissioning



Figura 3.1 Cuadro resumen de requerimientos prerequisite 1, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

El proceso de las actividades de Commissioning deben ser completadas para los siguientes sistemas energéticos como mínimo (si son instaladas como parte del proyecto de núcleo y envolvente):

- Sistemas de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración (HVAC&R), sistemas mecánicos o pasivos, y controles asociados.
- Controles de iluminación Artificial y Natural.
- Sistemas de Calefacción de Agua Caliente Sanitaria (ACS).
- Sistemas de Energías Renovables (ej. solar, eólica).

### Guía para documentación

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

- Actualizar el plan de Commissioning(CxA) en cada etapa del proyecto. Esto debiera ocurrir como mínimo durante la fase de desarrollo, de documentos de construcción y antes de la reunión kick-off de construcción con la constructora.
- Preparar un listado de los sistemas que serán incluidos dentro del alcance del Commissioning.
- Obtener confirmación que el CxA puede documentar experiencia en al menos dos proyectos de edificios.
- Mantener una copia de los requerimientos del mandante, las bases de diseño, especificaciones y reportes y el manual de los sistemas.

### **Cálculo tipo**

Este Prerrequisito no requiere cálculos.

### **Créditos relacionados**

El esfuerzo por realizar el Commissioning puede afectar muchas funciones basadas en el desempeño de los sistemas que se fomentan en la certificación LEED. Considere realizar Commissioning de los sistemas energéticos para los siguientes créditos:

- SS crédito 8 – Control de la Contaminación Lumínica.
- WE crédito 1 – Eficiencia del Uso del Agua en Paisajismo.
- WE crédito 2 – Innovación en Tecnologías de uso del Agua.
- WE crédito 3 – Reducción del uso del Agua.
- EA crédito 1 – Optimización de la Eficiencia energética.
- EA crédito 2 – Energía Renovable en el Sitio.
- EA crédito 5 – Medición y Verificación.
- IEQ prerrequisito 1 – Mínimo desempeño de la Calidad del Aire Interior.
- IEQ crédito 1 - Monitoreo del Ingreso de Aire Exterior.
- IEQ crédito 2 - Ventilación Incrementada.
- IEQ crédito 5 – Control de Contaminantes y Productos Químicos en Interiores.
- IEQ crédito 6 – Capacidad de control de Sistemas.
- IEQ crédito 7 – Confort Térmico.

#### **3.1.1.2.2 Prerrequisito 2 - Rendimiento Energético Mínimo**

### **Intención**

Establecer una calificación de eficiencia energética mínima de los sistemas del edificio, de tal manera que reduzca los impactos ambientales y económicos asociados al uso excesivo de energía.

### **Requerimientos:**

OPCIÓN 1 Simulación Energética Completa del Edificio Para Nueva Construcciones

Demostrar mejoras de un 10% respecto al rendimiento del edificio propuesto o un 5% de mejoras para un edificio propuesto para renovaciones mayores de edificios existentes. Esto debe ser comparado con la línea base del edificio. Calcule la línea base del rendimiento del edificio de acuerdo al método de análisis de rendimiento del edificio presente en el Apéndice G del Standard ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 (con errata pero sin enmiendas) utilizando software de simulación energética para todo el proyecto. El Apéndice G del Standard ASHRAE 90.1-2007 requiere que los métodos de medición de los sistemas energéticos sean desarrollados con el fin de analizar el rendimiento del edificio, incluyendo todos los costos energéticos asociados al edificio.

Para lograr este crédito, el diseño propuesto debe cumplir con los siguientes criterios:

- Cumplir con las provisiones mandatorias (Secciones 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 y 10.4) del Standard ASHRAE 90.1-2007 (con errata pero sin enmiendas).
- Incluir todos los costos de energía involucrados y asociados al proyecto.
- Realizar comparaciones contra la línea base del proyecto y verificar que se cumpla con el Apéndice G del Standard ASHRAE 90.1-2007 (con errata pero sin enmiendas).
- Por defecto, usualmente el 25% del costo total de la energía utilizada en la línea base del edificio corresponde a energía de proceso. Si el costo de la energía de proceso del edificio es menor al 25% del costo de la energía de la línea base, entonces el LEED Submittal debe incluir documentación que sustente que los inputs de energía de proceso son apropiados.

Para el propósito de este análisis, la “energía de proceso” corresponde a la energía consumida por, pero sin limitarse, a equipamiento de oficinas, computadores, ascensores, escaleras mecánicas, cocina y refrigeradores, maquinas lavadoras y secadoras de ropa, iluminación a excepción del poder permitido para iluminación interior (ej. Luz integral de equipos médicos) y otros (ej. Bombas impulsoras de cascadas de agua). Las cargas reguladas de energía (no de proceso) incluyen iluminación (para el interior, garaje de estacionamientos, estacionamientos de superficie, etc.) calefacción, ventilación aire acondicionado (HVAC) (para calefacción y refrigeración de espacios, ventiladores, bombas, extractores de baños y cocinas, ventilación de estacionamientos, etc.), y agua caliente de servicio doméstico, o para propósitos de calefacción de espacios.

Todos los procesos de cargas deben ser idénticos a los expresados en el caso base y propuesto. Sin embargo, los equipos de proyecto pueden seguir el método de cálculo excepcional (ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 G2.5) para documentar medidas que reduzcan las cargas de energía de proceso. La documentación de ahorros de energía de cargas de proceso debe incluir una lista de lo asumido para ambos diseños base y propuesto, e información teórica o empírica que apoye lo asumido.

## OPCIÓN 2 Cumplimiento Prescriptivo ASHRAE Advanced Energy

### Design Guide

Se debe cumplir con las condiciones prescriptivas de ASHRAE “Advanced Energy Design Guide” apropiadas para el alcance del proyecto, descrito abajo. Los equipos de proyecto deben cumplir con todos los criterios aplicables como se establecen en el “Advance Energy Design Guide” para la zona climática en la que se encuentre el edificio.

### OPCIÓN 3 Cumplimiento Prescriptivo: Advanced Buildings Core

#### Performance Guide

Cumplir con los métodos prescriptivos indicados en el “Advance Buildings Core Performance Guide” desarrollada por el New Building Institute. El edificio debe cumplir con lo siguiente:

- Debe tener al menos 100.000 pies<sup>2</sup> (9.290 m<sup>2</sup>).
- Cumplir con Section 1: Design Process Strategies y Section 2: Core Performance Requirements.
- Para oficinas, colegios, espacios de reunión y proyectos de retail de menos de 100.000 pies<sup>2</sup> (9.290 m<sup>2</sup>) debe cumplir con las Secciones 1 y 2 de Core Performance Guide.
- Otros tipo de proyectos de al menos 100.000 pies<sup>2</sup> (9.290m<sup>2</sup>) deben implementar los requerimientos básicos del “Core Performance Guide”.
- Edificios de Salud, bodegas, laboratorios no aplican para este paso.

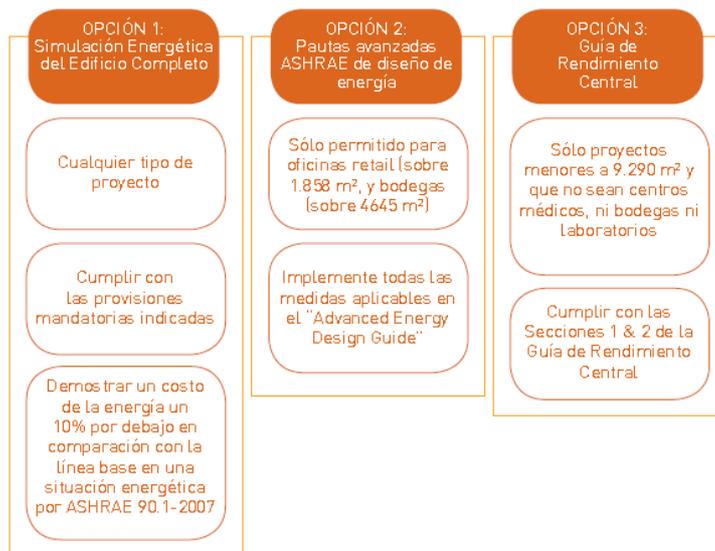


Figura 3.2 Cuadro resumen de requerimientos prerequisite 2, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

#### Guía para documentación

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

- Actualizar el plan de Commissioning en cada etapa del proyecto. Esto debiera ocurrir como mínimo durante la fase de desarrollo, de documentos de construcción y antes de la reunión kick-off de construcción con la constructora.
- Preparar un listado de los sistemas que serán incluidos dentro del alcance del Commissioning.

- Obtener confirmación que el CxA puede documentar experiencia en al menos dos proyectos de edificios.
- Mantener una copia de los requerimientos del mandante, las bases de diseño, especificaciones y reportes y el manual de los sistemas.

### **Cálculo tipo**

Siga la metodología de cálculo y documentación prescrita en ASHRAE 90.1-2007. Registre todos los cálculos en los formularios apropiados (tabla abajo). Los formularios y mayor información relativa a la metodología de calculo se encuentra en el User`s Guide de ASHRAE 90.1-2007 ([www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)).

## **Prerrequisito 3 - Gestión Fundamental de Refrigerantes**

### **Especialidades Técnicas Involucradas**

- Mandante.
- Ingeniero en climatización.

### **Intención**

Reducir el deterioro de la capa de ozono estratosférico.

### **Requerimientos**

Cero uso de refrigerantes con base de CFC (clorofluorocarbono) en sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración(HVAC&R) en edificios nuevos. Cuando se reutilicen equipos de aire acondicionado en el edificio base, completar una fase de conversión de eliminación completa de CFC antes de la finalización del proyecto. Si los planes de eliminación se extienden más allá de la fecha de finalización del proyecto se tendrán en cuenta su concreción.

### **Guía para documentación**

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

- Para mayores renovaciones en edificios existentes, donde sea aplicable, desarrollar y llevar a cabo un plan de eliminación.
- Recopilar documentación de fabricantes demostrando el tipo de refrigerante utilizado

### **Cálculo Tipo**

Este Prerrequisito no requiere cálculos.

## Créditos Relacionados

Este Prerrequisito requiere un mínimo límite de selección de refrigerantes. Para conseguir un mayor beneficio medio ambiental, instalar refrigerantes más amigables o equipos sin refrigerantes, como se detalla en el crédito:

-EA crédito 4: Gestión Mejorada de Refrigerantes. Fase de conversión de eliminación completa de CFC antes de la finalización del proyecto. Si los planes de eliminación se extienden más allá de la fecha de finalización del proyecto se tendrán en cuenta su concreción.

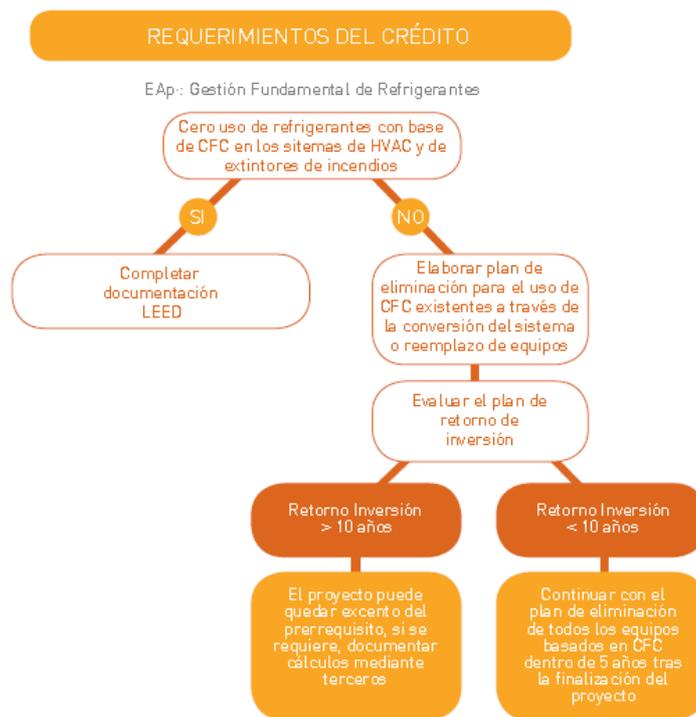


Figura 3.3 Cuadro resumen de requerimientos prerrequisito 3, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

## Crédito 1 - Rendimiento Energético Optimizado

### Especialidades técnicas involucradas:

- Ingeniero Mecánico.
- Ingeniero Eléctrico.
- Simulador de energía o Consultor Eficiencia Energética (opción 1).

### Intención

Lograr niveles mayores de eficiencia energética sobre lo indicado en el Prerrequisito 1, para reducir el impacto ambiental y económico asociado al consumo excesivo de energía.

### Requerimientos

Seleccione una de las tres opciones de cumplimiento que se describen a continuación. Los equipos de proyectos deben documentar estos logros para cualquiera de las opciones, asumiendo el cumplimiento del EA Prerrequisito 2 Performance Energético Mínimo.

#### OPCIÓN 1 Simulación Energética Completa del Edificio. (1-19 puntos para Nuevas Construcciones)

Demostrar un porcentaje de mejora en el edificio propuesto comparado con el edificio base, se debe calcular el edificio base por el Apéndice G de ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 (con errata pero sin enmiendas) usando un software de simulación para todo el edificio. Los ahorros energéticos relacionados para cada punto siguen de la siguiente manera:

NUEVO EDIFICIO	EDIFICIO EXISTENTE	PUNTOS (INC Y SCHOOLS)	PUNTOS C&S
12%	8%	1	3
14%	10%	2	4
16%	12%	3	5
18%	14%	4	6
20%	16%	5	7
22%	18%	6	8
24%	20%	7	9
26%	22%	8	10
28%	24%	9	11
30%	26%	10	12
32%	28%	11	13
34%	30%	12	14
36%	32%	13	15
38%	34%	14	16
40%	36%	15	17
42%	38%	16	18
44%	40%	17	19
46%	42%	18	20
48%	44%	19	21

Tabla 3.2 Ahorros energéticos por punto, crédito 1, fuente Green Building Council

El Apéndice G del Standard 90.1-2007 requiere que los métodos de medición de los sistemas energéticos sean desarrollados con el fin de analizar el rendimiento del edificio, incluyendo todos los costos energéticos asociados al edificio. Para lograr este crédito, el diseño propuesto debe cumplir con los siguientes criterios:

Cumplir con las provisiones obligatorias (Secciones 5.4, 6.4,7.4, 8.4, 9.4 y 10.4) en el Standard 90.1-2002 (con errata pero sin enmiendas).

- Incluir todos los costos de energía involucrados y asociados al proyecto.
- Realizar comparaciones y verificar que se cumpla con Appendix G de Standard 90.1-2007 (con errata pero sin enmiendas).

Esto debe ser al menos en un 25% del costo total de la energía de procesos como caso base. Los procesos energéticos relacionados a costo, que sean menores a un 25% del costo total de energía base, se deberá incluir documentación sustancial que indique que estos documentos sean apropiados.

Para el propósito de este análisis, se considerarán estos procesos, pero no están limitados a equipamiento de oficinas, computadores, ascensores, escaleras mecánicas, sistemas de refrigeración, sistemas de extracción, ventilación en áreas de estacionamientos y todos los servicios de calefacción domésticos. Iluminación regulada para el interior, estacionamientos, fachadas, entre otros espacios. Sistemas de Ventilación y Aire acondicionado (HVAC).

Todos los procesos de cargas deben ser idénticos a los expresado para el caso base y para el edificio propuesto. Sin embargo, ellos equipos del proyecto pueden seguir el método de cálculo excepcional (ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 G2.5) de manera de poder documentar las medidas que reducirán las cargas energéticas de los procesos.

#### OPCIÓN 2 Cumplimiento Prescriptivo ASHRAE Advanced Energy

##### Design Guide

Se debe cumplir con las condiciones prescriptivas de ASHRAE Advanced Energy Design Guide apropiadas para el proyecto. Todos los equipos de proyecto deben cumplir con los criterios aplicables y lo indicado para la zona climática.

#### OPCIÓN 3 Cumplimiento Prescriptivo: Advance Buildings Core Performance Guide.

Cumplir con los métodos prescriptivos indicados en la Advance Buildings Core Performance Guide desarrollada por New Building Institute.

##### Performance Guide.

Hasta 2 puntos adicionales para proyectos que implementen estrategias listadas en la Sección 3. Enhanced performance. Para las 3 estrategias implementadas en la sección, 1 punto disponible.

Las siguientes estrategias que abordan otros aspectos de LEED y no son elegibles para un punto adicional bajo EA Crédito 1:

- 3.1 – Techos Fríos.
- 3.8 – Ventilación Nocturna.
- 3.13 – Commissioning Adicional.

### **Guía para documentación**

Como primer paso para preparar el completado de la documentación requerida en LEED-Online, trabaje a través de las siguientes medidas. Refiérase a LEED-Online para las descripciones completas de toda la documentación requerida.

- Para el cumplimiento de ASHRAE, haga una lista de cada enmienda utilizada, y retenga copias de los formularios de cumplimiento ASHRAE.
- Determine la zona climática para la ubicación del proyecto.
- Calcule el uso de la energía por tipo.
- Haga una lista de los usos finales de energía del edificio(para ambos casos base y propuesto).
- Si el proyecto está utilizando simulación de energía por computador, adhiérase al Apéndice G del estándar ASHRAE 90.1-2007 y retenga el reporte final indicando el costo anual de la energía tanto para el caso base como para el caso de diseño.
- Si el proyecto está utilizando el camino prescriptivo, reúna documentación que demuestre que el proyecto cumple con todos los requerimientos aplicables.

### **Cálculo tipo**

La opción 1 requiere software de simulación de energía; Opciones 2 y 3 utilizan una aproximación prescriptiva, y no requieren modelamiento.

**OPCIÓN 1. Simulación del edificio completo.** La opción 1 depende totalmente en el método de calificación de rendimiento en ASHRAE 90.1-2007, Apéndice G, y requiere cálculos extensivos utilizando un software aprobado de simulación energética. El método de calificación de rendimiento es diferente al método de presupuesto de costo de la energía en ASHRAE 90.1-2007, Sección 11. Un cálculo utilizando el método de presupuesto de la energía no será aceptable.

Ambos casos base y propuesto, deben cubrir todos los componentes de energía del edificio, pero sin limitarse a, equipos de oficina y misceláneos, computadores, ascensores, escaleras mecánicas, cocina y refrigeradores, lavadoras y secadoras de ropa, iluminación integrada en equipos (no iluminación del edificio), etc. La energía regulada (no proceso) incluye iluminación (tales como interior, garaje de estacionamientos, estacionamientos de superficie, fachadas, excepto como se describe arriba), HVAC y agua caliente para propósitos domésticos o de calefacción de espacios.

Para EA crédito 1, las cargas de proceso deben ser idénticas para la calificación de rendimiento de ambos casos base y propuesto. Sin embargo, los equipos de proyecto deberán seguir el método de

calculo excepcional (ASHRAE 90.1-2007, G2.5) para documentar medidas que reduzcan las cargas de proceso.

Criterios de diseño, incluyendo ambos información climática y setpoints de temperatura y humedad interior, deben ser los mismos para los modelos de los casos base y propuesto. Mas allá, ambas calefacción y refrigeración deben ser modeladas en todos los espacios acondicionados para los casos base y propuesto, incluso si no se van a instalar sistemas de calefacción o refrigeración.

### **Créditos Relacionados**

Los sistemas de certificación LEED para New Construction, Core & Shell y Schools abordan la eficiencia energética en los edificios en dos lugares: EAp2 Rendimiento Energético Mínimo, y EAc1 Rendimiento Energético Optimizado. El consumo energético en el edificio puede reducirse al asegurar que el proyecto exceda los requerimientos normativos para envolvente, iluminación y sistemas de aire acondicionado (HVAC).

Mas allá, el uso de la energía se puede ver directamente afectado a través del uso de materiales de cubierta climáticamente apropiados y optimización cuidadosa de la iluminación exterior. Referirse a los siguientes créditos:

- EA crédito 1: Rendimiento Energético Optimizado.
- SS crédito 7.2: Efecto Isla de Calor – Cubierta.
- SS crédito 8: Reducción de la contaminación lumínica.

Además de reducir el uso de la energía a través de medidas de eficiencia, los equipos de proyecto pueden mitigar los impactos del uso de la energía mediante la utilización de energías renovables. Referirse a los siguientes créditos:

- EA crédito 2: Energía Renovable In Situ.
- EA crédito 6: Energía Verde.

Asuntos relativos al rendimiento energético del edificio y calidad ambiental interior, tales como ventilación, controlabilidad de los ocupantes, y la cantidad de luz natural, se deben coordinar cuidadosamente. Los edificios con eficiencia energética no deben comprometer la salud y bien estar de sus ocupantes. El aumento de ventilación en los edificios debe requerir un uso adicional de la energía, lo cual puede causar contaminación del aire y agua. Sin embargo, la necesidad adicional de energía se puede mitigar mediante el uso de ventilación con recuperación de calor y/o estrategias de economización. Revisar las estrategias en los siguientes créditos:

- IEQ Prerrequisito 1: Mínimo Rendimiento de Calidad del Aire Interior.
- IEQ crédito 1: Monitoreo de Entrega de Aire Exterior.
- IEQ crédito 2: Aumento de la Ventilación.
- IEQ crédito 6: Control de los Sistemas.
- IEQ crédito 7: Confort Térmico.
- IEQ crédito 8: Luz Natural y Vistas.

Debido a que el uso de agua caliente, especialmente el agua caliente doméstica, requiere un uso significativo de energía, las reducciones de agua pueden significar ahorros de energía. Considerar cumplir los requerimientos para los siguientes créditos:

- WE crédito 3: Reducción del Uso del Agua.

## Crédito 2 - Energía Renovable en el Sitio

### Especialidades Técnicas Involucradas

- Mandante.
- Ingeniero en climatización.

### Intención

Promover y reconocer los niveles crecientes de energías renovables para abastecimiento propio, desarrollados en el sitio, que reduce los impactos económicos y medioambientales asociados al uso de combustibles fósiles.

### Requerimientos

Usar sistemas de energías renovables en el sitio para contrarrestar los costos de energía del edificio. Calcular el rendimiento del proyecto expresando en energía producida por el sistema renovable como un porcentaje del costo total de energía anual del edificio.

Usar la tabla 3.3 para determinar el número de puntos logrados.

NC, SCHOOLS	
% de Energía Renovable	Puntos
1%	1
3%	2
5%	3
7%	4
9%	5
11%	6
13%	7

Tabla 3.3 El mínimo porcentaje para energía renovable para cada punto, crédito 2, fuente Green Building Council

Usar el costo anual de energía del edificio calculado en EAc1: Optimizar Rendimiento Energético ó la base de datos del Departamento de Energía (DOE) Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS), para determinar el uso estimado de electricidad.

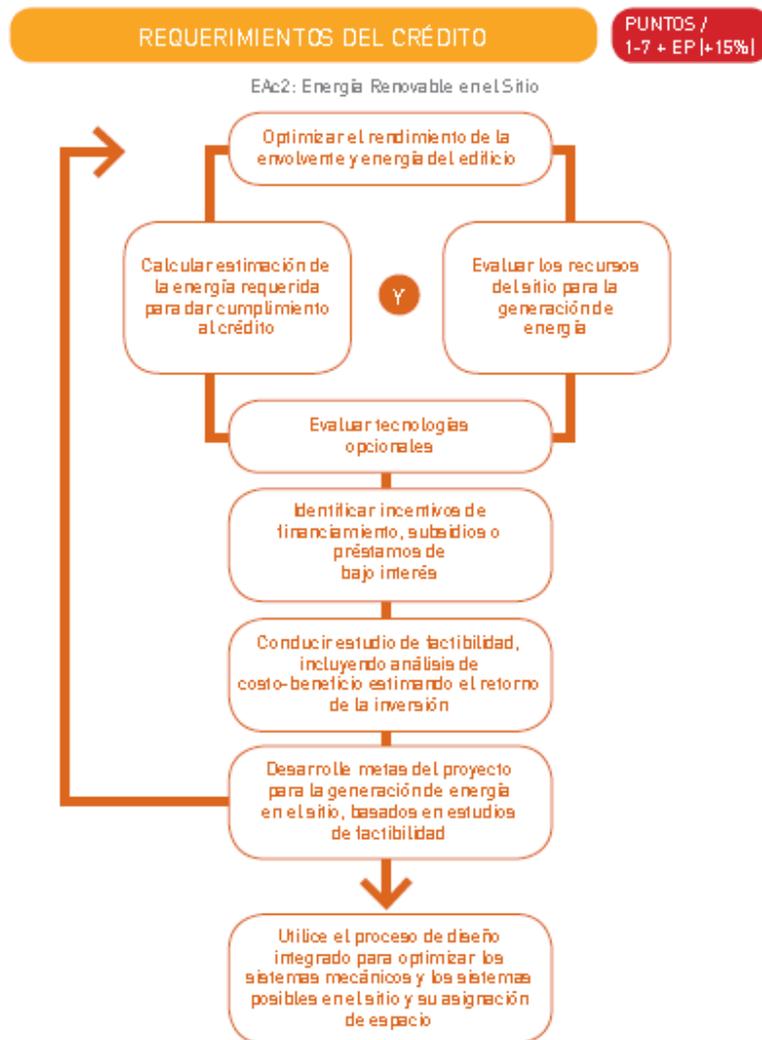


Figura 3.3 Cuadro resumen de requerimientos crédito 2, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

### Guía para la documentación

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

- Documentar que tipos de fuentes de energía renovables hay disponibles en el sitio, la generación anual total de energía, y una copia de respaldo de las fuentes de energía.
- Calcular la energía generada de cada fuente de energía renovable en el sitio.
- Mantenga la documentación relativa a incentivos recibidos para apoyar la instalación de los sistemas de energía renovable en el sitio.

### Cálculo Tipo

Calcule la cantidad total de energía obtenida del cálculo del crédito EAc1 o basado en la base de datos del tipo de edificio de “Commercial Buildings Energy Consumption Survey database” (CBECS).

### **Créditos Relacionados**

La instalación de generación de equipamiento de energías renovables usualmente tiene un pequeño efecto en alcanzar otros créditos. El equipamiento para energías renovables cambiara el rendimiento de un edificio y requerirá que se realice Commissioning, como también medición y verificación. El lograr el cumplimiento del crédito EAc2 está determinado por el porcentaje de energía que entrega la instalación de energía renovable en el sitio, y por lo tanto esta directamente ligada al rendimiento energético del edificio. Adicionalmente, existen sinergias al comprar energía verde para el proyecto, ya que la energía renovable producida en el sitio o reduce la cantidad de energía verde que será comprada para compensar el uso de energía del edificio. Refiérase a los siguientes prerrequisitos y créditos:

- EA prerrequisito 1: Commissioning Fundamental.
- EA prerrequisito2: Rendimiento Energético Mínimo.
- EA crédito 1: Rendimiento Energético Optimizado.
- EA crédito 5: Medición y Verificación.

### **Crédito 3 - Commissioning Mejorado**

#### **Especialidades técnicas involucradas:**

- Mandante.
- CxA Autoridad de Commissioning.
- Equipo de Proyecto.
- Arquitecto.

#### **Intención**

Comenzar el proceso de Commissioning lo más temprano posible en el proceso de diseño y ejecutar actividades adicionales después que la verificación del performance de los sistemas es completado.

#### **Requerimientos**

Implementar, o tener un contrato que implemente los siguientes actividades adicionales del proceso de Commissioning, además de lo indicado en EA Prerrequisito 1: Commissioning Fundamental de los sistemas del edificio.

- Antes de comenzar la fase de documentos de construcción, designar a una autoridad de Commissioning (CxA) independiente, que lidere y supervise el proceso.

- El CxA debe documentar experiencia como Autoridad de Commissioning en al menos dos proyectos de edificios.
- La persona designada como CxA:
  - Debe ser independiente del equipo de diseño y de la gestión de la constructora.
  - El CxA no puede ser un empleado de la oficina de diseño, aunque si puede ser contratado a través de ellos.
  - El CxA no puede ser un empleado, ni ser contratado a través de contratistas y constructora que tenga contratos de construcción.
  - El CxA puede ser un empleado calificado o consultor del mandante.
- El CxA debe reportar los resultados y recomendaciones directamente al mandante.
- El CxA debe llevar a cabo como mínimo, una revisión del Commissioning de diseño según los requerimientos del mandante, las bases de diseño. La revisión de los estos documentos debe ser antes de la fase intermedia de construcción y luego revisar los comentarios antes de la presentación de documentos de diseño (design review).
- El CxA debe revisar las especificaciones técnicas aplicables a los sistemas a ser inspeccionados para dar cumplimiento a los requerimientos del mandante y las bases de diseño. Esta revisión debe ser simultánea a la revisión del arquitecto o ingeniero y debe ser presentado al equipo de proyecto y el mandante.
- El CxA o integrantes del equipo de proyecto deben desarrollar manuales de uso que proveerán la información necesaria para que el futuro personal de operación comprenda y optimice la operación de los sistemas de Commissioning.
- El CxA o integrante del equipo de proyecto debe verificar que los requisitos de las capacitaciones de personal de operación y ocupantes del edificio se hayan completado.
- El CxA debe estar involucrado en revisar la operación del edificio con personal de mantenimiento y operación y los ocupantes dentro de los 10 meses próximos al término de la construcción del edificio. Un plan para desarrollar temas pendientes de Commissioning deben ser incluidas.

### **Guía para documentación**

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

- Actualizar el plan de Commissioning en hitos a través del proyecto. Esto debiera ocurrir como mínimo en la fase de desarrollo de diseño, en la fase de documentos de construcción y justo antes reunirse en el Kick-off de construcción con la constructora.
- Preparar un listado que indique que sistemas serán incluidos dentro del alcance del Commissioning Mejorado.
- Solicitar confirmación sobre la experiencia de la autoridad de Commissioning (CxA) en al menos dos proyectos de edificios.
- Crear una calendarización por escrito de los entrenamientos de operación del edificio.
- Retener una copia de la revisión de diseño del CxA, y cualquier respuesta a su revisión, y confirmación de su verificación.

- Retener copia de los requerimientos del mandante(OPR) y bases de diseño (BOD), especificaciones de Commissioning, reporte de Commissioning y manual de sistemas.

### **Créditos relacionados**

El esfuerzo por realizar el Commissioning puede afectar muchas funciones basadas en el desempeño de los sistemas que se fomentan en la certificación LEED. Considere realizar Commissioning de los sistemas energéticos para los siguientes créditos:

- SS crédito 8- Control de la Contaminación Lumínica.
- WE crédito 1 - Eficiencia del Uso del Agua en Paisajismo.
- WE crédito 2 - Innovación en Tecnologías de uso del Agua.
- WE crédito 3 - Reducción del uso del Agua.
- EA crédito 1 - Optimización de la Eficiencia energética.
- EA crédito 2 - Energía Renovable en el Sitio.
- EA crédito 5 - Medición y Verificación.
- IEQ prerrequisito 1 - Mínimo desempeño de la Calidad del Aire Interior.
- IEQ crédito 1 - Monitoreo del Ingreso de Aire Exterior
- IEQ crédito 2 - Ventilación Incrementada.
- IEQ crédito 5 - Control de Contaminantes y Productos Químicos en Interiores.
- IEQ crédito 6 - Capacidad de control de Sistemas.
- IEQ crédito 7 - Confort Térmico.

### **Crédito 4 - Gestión Mejorada de Refrigerantes**

#### **Especialidades técnicas involucradas:**

- Mandante.
- Ingeniero en climatización.

#### **Intención**

Reducir el deterioro de la capa de ozono y respalde lo establecido en el Protocolo de Montreal, que minimiza la contribución al cambio climático.

#### **Requerimientos**

Opción 1

No usar refrigerantes.

Opción 2

Seleccionar refrigerantes de sistemas de ventilación, calefacción, aire acondicionado y refrigeración (HVAC&R) que minimicen o eliminen las emisiones de compuestos que contribuyen al deterioro de la capa de ozono y al cambio climático.

Los equipamiento base de HVAC&R en el edificio, debe cumplir con la siguiente fórmula que establece un límite máximo para la combinación de contribuciones al deterioro de la capa de ozono y el potencial de cambio climático (GWP):

$$LCGWP + LCODP \times 10 \leq 100$$

$$LCODP: (ODPr \times (Lr \times Life + Mr) \times Rc) / Life.$$

$$LCGWP: (GWPr \times (Lr \times Life + Mr) \times Rc) / Life.$$

LCODP: (Lifecycle Ozone Depletion Potencial (lb CFC 11/T on-year).

LCGWP: (Lifecycle Direct Global Warming Potencial lb CO<sub>2</sub>/ Ton-Year).

GWPr: Potencial de Calentamiento global de refrigerante(Global Warming Potencial of Refrigerant) (0 to 12,000 lb CO<sub>2</sub>/br).

ODPr: Potencial de deterioro del Ozono (Ozone Depletion Potencial of Refrigerant)(0 to 0.2 lb CFC 11/br).

Lr: Tasa de pérdida de refrigerante (Refrigerant Leakage Rate)(0,5% to 2.0%; default of 2% unless otherwise demostrated).

Mr: Pérdida en el Término de vida del refrigerante (End-of-life Refrigerant Loss (2% to 10%; default of 10% unless otherwise demostrated).

Rc: Carga de refrigerante (Refrigerant Charge) (0,5 to 5.0 lbs of refrigerant per ton of gross ARI rated cooling capacity).

Life: Vida útil del equipo (Equipment Life )(10 años; por defecto basado en el tipo de equipo, a menos que se demuestre lo contrario).

Para múltiples tipos de equipamientos, un promedio ponderado de todos los equipamientos de HVAC&R debe ser calculado usando la siguiente formula:

$$\Sigma (LCGWP + LCODP \times 10) \times Qunit$$

$$Qtotal \leq 100$$

Qunit: Capacidad bruta de enfriamiento de una unidad de HVAC o unidades de refrigeración (Toneladas) (Gross ARI Rated cooling capacity of an individual HVAC or refrigertion unit (Tons)

Qtotal: Total gross ARI rated cooling capacity of all HVAC or refrigeration

## PARA TODAS LAS OPCIONES

Las pequeñas unidades de HVAC que contengan menos de 0,5 libras de refrigerantes y otros equipos como refrigeradores estándar u otros equipamientos de enfriamiento que contengan menos de 0,5 libras de refrigerantes no están considerados como parte de los sistemas del edificio y por lo tanto no están sujetos al cumplimiento de este crédito.

No operar o instalar sistemas de extinción de incendios que contengan sustancias que afectan a la capa de ozono como CFC, HCFC o halones.

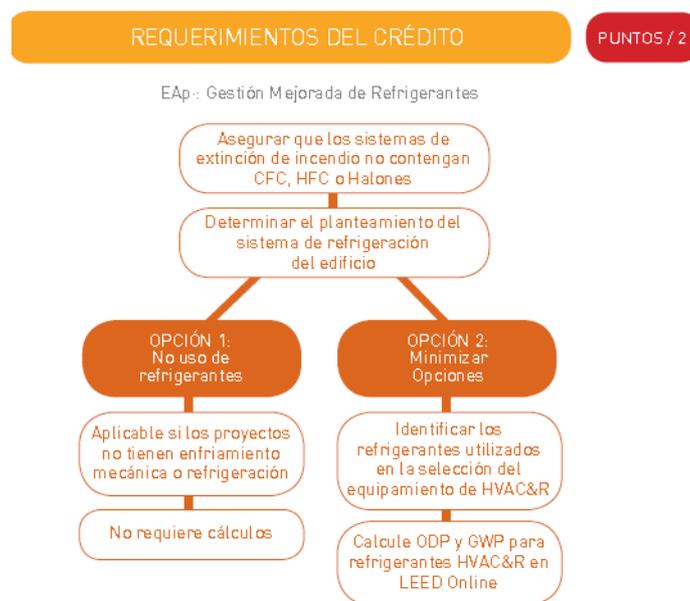


Figura 3.4 Cuadro resumen de requerimientos crédito 4, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

### Guía para documentación

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

- Hacer una lista de los sistemas base del edificio que contengan refrigerantes y el tipo de asociados de refrigerante. Incluir ODP y GWP en la lista.
- Retener información del fabricante, indicando el tipo y cantidad de refrigerante utilizado.
- Recopilar información del ingeniero o fabricante, indicando que Halones, CFCs y HCFCs no son sistemas de extinción de incendio.

## **Crédito 5 - Medición y Verificación**

### **Especialidades técnicas involucradas:**

- Proyectista de Control.
- Ingeniero Mecánico.
- Ingeniero Eléctrico.

### **Intención**

Proveer una contabilidad progresiva del consumo energético del edificio durante el tiempo.

### **Requerimientos**

#### **OPCIÓN 1**

Desarrolle e implemente un Plan de Medición y Verificación (M&V) consistente con la **Opción D**: Simulación Calibrada (Método 2 de estimación de ahorros) como se especifica en el Protocolo Internacional "International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) Volume III: Concepts and Options for Determining Energy Savings in New Construction, April, 2003. El periodo de M&V debe cubrir al menos un año post-construcción y ocupación.

Provea un proceso de acciones correctivas si es que los resultados del Plan de M&V indica que los ahorros de energía no se están logrando.

#### **OPCIÓN 2**

Desarrolle e implemente un Plan de Medición y Verificación (M&V) consistente con la **Opción B**: Medida Aislada de Conservación de Energía, como se especifica en el Protocolo Internacional "International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) Volume III: Concepts and Options for Determining Energy Savings in New Construction, April, 2003. El periodo de M&V debe cubrir al menos un año post-construcción y ocupación.

Provea un proceso de acciones correctivas si es que los resultados del Plan de M&V indica que los ahorros de energía no se están logrando.

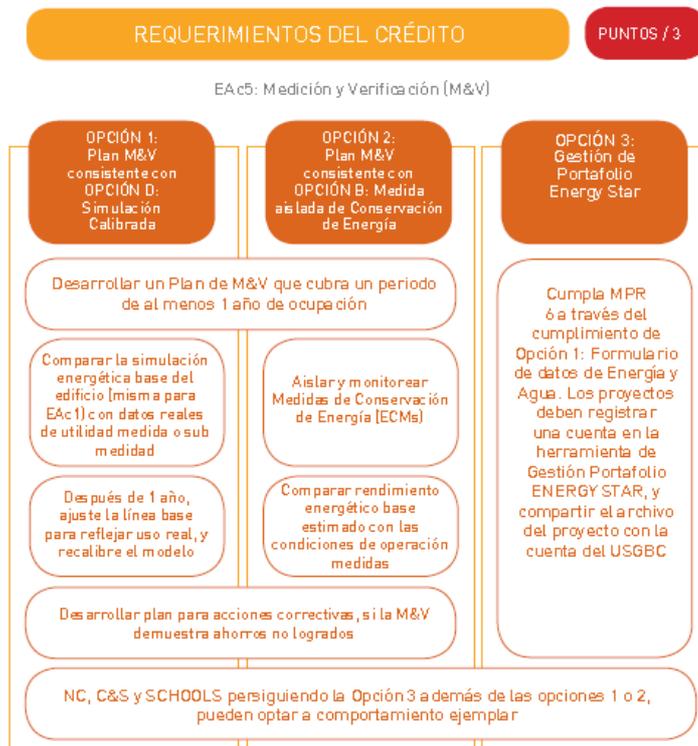


Figura 3.5 Cuadro resumen de requerimientos crédito 5, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

### Guía para documentación

Como primer paso para preparar el completado de la documentación requerida en LEED-Online, trabaje a través de las siguientes medidas. Refiérase a LEED-Online para las descripciones completas de toda la documentación requerida.

### Calculo tipo

El Protocolo Internacional IPMVP Volumen III provee formulas básicas, así como también pautas cuantitativas para estimación de errores y tolerancia para varias opciones de Medición y Verificación (no aplicable a Core & Shell EA crédito 5.2, para el cual no hay cálculos).

### Créditos Relacionados

La implementación de un Plan de Medición y Verificación puede ayudar a asegurar contabilidad y contribuir en la realización de un rendimiento energético optimizado. Si el rendimiento del sistema es la base para lograr desarrollar el proyecto (como lo son los contratos de rendimiento energético), el Protocolo Internacional de Medición y Verificación será útil para verificación. Los sistemas de generación de energía renovable son considerados dentro del Plan de M&V, y el rendimiento de estos sistemas usualmente es monitoreado para identificar cualquier problema operacional posible. Refiérase a los requerimientos en los siguientes:

- EA Prerrequisito 2: Rendimiento Energético Mínimo
- EA crédito 1: Rendimiento Energético Optimizado
- EA crédito 2: Energía Renovable In-Situ

Las labores de Commissioning usualmente emplean dispositivos de medición y capacidades de hacer seguimiento al rendimiento del edificio. Estos mismos dispositivos pueden servir como la base para un Plan de Medición y Verificación, especialmente si los programas progresivos de Commissioning han sido adoptados por el mandante. Vea lo siguiente:

- EA Prerrequisito 1: Commissioning Fundamental
- EA Crédito 3: Commissioning Mejorado

## **Crédito 5.2 - Medición y Verificación – Sub-Medidores de Arrendatarios**

### **Especialidades técnicas involucradas:**

- Proyectista de Control.
- Ingeniero Mecánico.
- Ingeniero Eléctrico.

### **Intención**

Proveer una contabilidad progresiva del consumo energético del edificio durante el tiempo.

### **Requerimiento**

Incluya una red de medición monitoreada por control centralizado en el diseño del edificio base, la cual sea capaz de expandirse para acomodar la sub medición de futuros arrendatarios, como lo requiere LEED 2009 para Commercial Interiors EA crédito 3:

Medición y Verificación.

Proporcione un proceso de acciones correctivas si es que los resultados del Plan de M&V indican que los ahorros de energía no se están logrando.

## **Crédito 6 – Energía Verde**

### **Especialidades técnicas involucradas:**

- Mandante.

### **Intención**

Fomentar el desarrollo y uso de redes de energía eléctrica, con tecnologías de energías renovables sobre una base neta de cero contaminación.(net zero pollution)

## Requerimientos

Participar de un contrato de energía renovables de al menos 2 años, que provea al menos el 35% de la energía total del edificio proveniente de fuentes renovables, en base a lo definido por el Centro de Investigación y Soluciones de requerimientos energéticos Green-e.

Todas las compras de Energía Verde se basarán en la cantidad de energía consumida, no en su costo.

### Opción 1. Determina la línea base de uso de electricidad

Utilizar el consumo anual de electricidad obtenidos en los resultados de los créditos: EA crédito 1: Rendimiento Energético Optimizado.

### Opción 2. Estimar línea base de uso de electricidad

Utilizar la base de datos del U.S Department of Energy's Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS), para determinar la estimación de uso de electricidad.

## Guía para documentación

Como primer paso en la preparación para cumplir con los requerimientos de documentación de LEED Online, se debe trabajar en lo siguiente:

Firme un contrato de 2 años por la compra energías renovables certificado por Green-e (o equivalente) y mantenga la documentación contractual.

Para proyecto de campus, donde la compra de energía renovable para el proyecto lo realizan otros, mantener documentación indicando que la energía renovable es retenido en beneficio del proyecto.

## Cálculo Tipo

Use cualquiera de las dos vías para calcular la cantidad de energía eléctrica que debe ser obtenida de proveedores calificados.

### 1) Diseño de costo energético

El total de consumo anual calculado en EA crédito 1, se utiliza para realizar el cálculo.

Ejemplo:

El consumo anual de electricidad del edificio es 151,816 kWh

Energía verde requerida:

$$151,816 \text{ (kWh/año)} \times 35\% \times 2 \text{ años} = 106,271 \text{ kWh}$$

Para certificaciones de Core&Shell, se debe calcular el porcentaje de superficie bruta (gross square footage: grf) del edificio menos la superficie utilizable (usf); ambas se determinan en ANSI/BOMA Standard Z65.1-1996. (www.boma.org)

$$GSF - USF = 100$$

GSF Si el resultado es menor a 15%, utilice 15% para el calculo.

## 2) Consumo eléctrico por defecto

Si no se realiza una simulación de energía en EA crédito 1, utilice CBECS, Commercial Buildings Energy Consumption Survey database para determinar el uso estimado de energía eléctrica.

Esta base de datos provee factores de intensidad (kWh/sf/año) para varios tipos de edificio en los Estados Unidos.

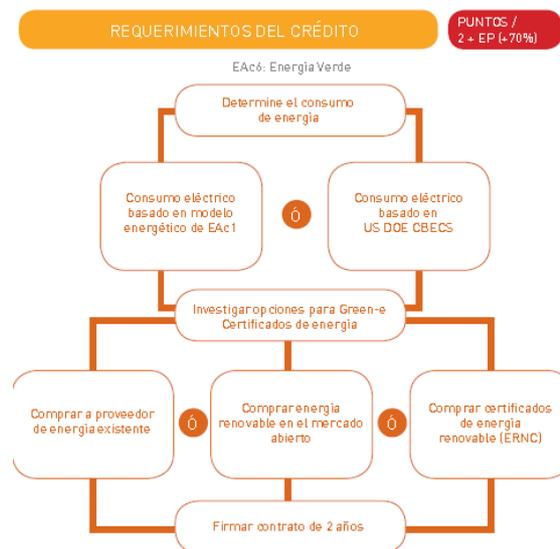


Figura 3.6 Cuadro resumen de requerimientos crédito 6, fuente Documento de análisis LEED Energía y Atmósfera 2012, GBC Chile

## Créditos Relacionados

Reemplazar fuentes de energía convencional por renovables esta en sinergia con los esfuerzos por reducir costos de energía. Refiérase a los siguientes créditos:

- EA crédito: Rendimiento Energético Optimizado.

Los sistemas de energía renovable en el sitio deben ser Commissioned. Examinar la estructura de techumbre del edificio para comprobar su estabilidad si es que está considerando instalaciones de techo. Refiérase a los siguientes créditos:

- SS crédito 7.2: Isla calor-Techo.

- EA prerequisite 1: Commissioning Fundamental de los Sistemas Energéticos del Edificio.
- EA crédito 3: Commissioning Mejorado.

### 3.1.3 Aplicación de LEED para Hogares (LEED for Homes)

El impacto ambiental de la vivienda se debe a la gran demanda de este sector de la construcción, tan solo en estados unidos se construyen 2 millones de casa al año, esta es una necesidad derivada del crecimiento poblacional y exige una solución a los problemas de abastecimiento energético, es por eso que la construcción en este sector ha adoptado estándares como LEED for Homes.

LEED for Homes es una iniciativa diseñada para activar y promover el cambio de paradigma en la construcción de edificios habitacionales hacia una orientación sustentable. Los hogares sostenibles usan menos energía, agua y recursos naturales, generan menos residuos, y son más duraderos y cómodos para los ocupantes. Inicialmente el alcance de este apartado era los edificios residencial hasta Plata baja más 2, adosados en bloque, sin embargo la nueva fase piloto alcanza los edificios residenciales de mediana altura hasta PB+5 (6 niveles).

El sistema de evaluación está diseñado para mantener un mínimo de prácticas sustentables mediante la incorporación de 18 prerequisites en 8 diferentes categorías, al mismo tiempo esta evaluación es flexible ya que se tiene distintos niveles de certificación dependiendo del puntaje obtenido como podemos ver en la tabla 3.4

LEED for Homes Certification Levels	Number of LEED for Homes Points Required
Certified	45-59
Silver	60-74
Gold	75-89
Platinum	90-128
Total Available Points	129

Tabla 3.1 Niveles de Certificación y puntaje de LEED for Home

LEED for Homes está enfocado a edificios de nueva construcción. En la siguiente figura se muestran los créditos relacionados con LEED for Homes

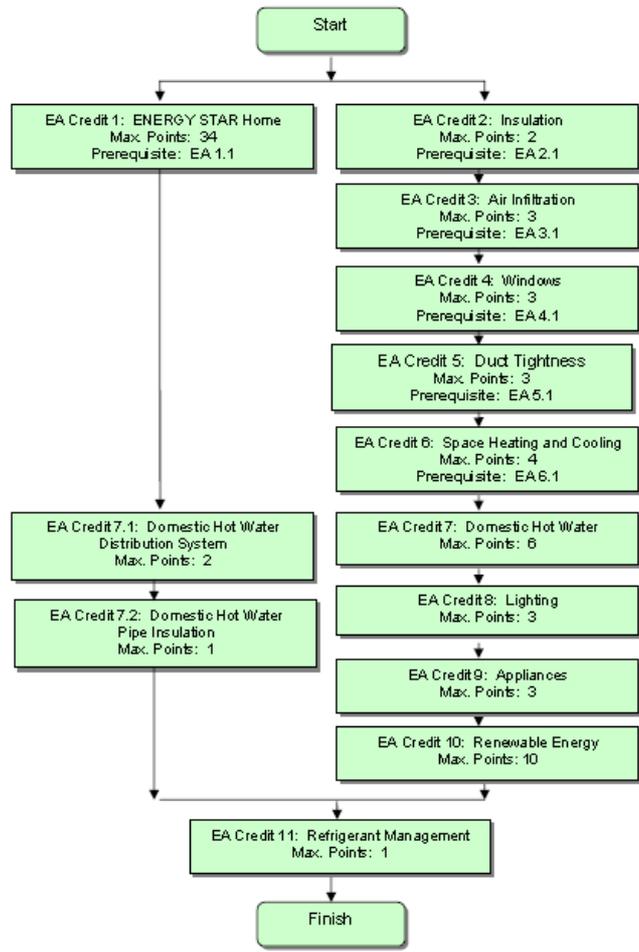


Figura 3.7 Créditos relacionados con LEED Homes , LEED For Homes Program Pilot Rating System, USGBC

# Capítulo 4

## Casos de estudio de Vivienda Sustentable

En este capítulo hablaremos a alto nivel de distintos casos de éxito alrededor del mundo que han implementado prácticas en el ahorro de energía, algunos de los cuales han obtenido la certificación LEED.

### 4.1 The Solaire

Situado a orillas del río Hudson en el bajo Manhattan, el Solaire ofrece a sus residentes fácil acceso al transporte público, a petición de alquiler de coches híbridos, aparcamiento para bicicletas y carga de vehículos eléctricos. Jardines de arbustos, plantas perennes nativas y la cubierta de bambú 75 por ciento del techo, ayudando a bajar cargas de calefacción y refrigeración y aumentar la satisfacción de los inquilinos. Para ayudar a reducir la demanda de agua potable en un 50 por ciento en general, el edificio utiliza agua residual reciclada para su torre de enfriamiento, inodoros de bajo flujo y para riego de jardinería. El Solaire redujo su demanda de energía en un 35 por ciento el uso de luces fluorescentes de atenuación automática, ventanas de alto rendimiento, iluminación natural y otras estrategias, orientación oeste-paneles fotovoltaicos suministrar el 5 por ciento de las necesidades energéticas del edificio. El noventa y tres por ciento de los residuos de la construcción para el proyecto se recicló y aproximadamente 60 por ciento de los materiales de construcción se hicieron a partir de contenido reciclado. Para mantener una calidad de aire superior, el edificio cuenta con aire fresco filtrado, ventanas que se abren y humedad controlada.

Con respecto a las estrategias de sustentabilidad se encuentran:

#### 4.1.1 Sitio

- El setenta y cinco por ciento de la zona del techo abierto se planta para crear un efecto de enfriamiento en todo el edificio y el sitio.
- Las plantaciones son arbustos resistentes a la sequía, resistente al viento, autosuficientes, perennes y bambú que son adaptables a las profundidades del suelo superficial entre 6 "y 18".
- Una capa de retención de agua reduce la velocidad del agua de lluvia y el volumen.
- Cuencas de infiltración subterránea eliminar contaminantes de las aguas pluviales.

- Ecurrimiento de las aguas pluviales se recogen en un tanque de almacenamiento en el sótano 10,000 galones con una cuenca de sedimento y el sistema de tratamiento y se utiliza para el riego de jardines y operación de la torre de refrigeración.

#### **4.1.2 Energía**

- Ventanas al exterior grande y techos altos optimizar la iluminación natural.
- Lámpara con balastos que atenúan la luz automáticamente según la necesidad.
- Balastos de lámparas fluorescentes electrónicas se utilizan en conjunción con la luz del día.
- Ocupación y horario sensores controlan la iluminación eléctrica.
- Todos los apartamentos incluyen la iluminación fluorescente, interruptores maestros de cierre.
- Equipos de refrigeración adecuados a la demanda con la ayuda de herramientas de simulación de consumo de energía.
- Torres de refrigeración y calentadores térmicos ayudan a reducir la demanda de electricidad y ahorrar pico los costos de energía.
- Los ventiladores de HVAC y motores utilizan unidades de frecuencia variable para compensar el FP.
- Los termostatos programables de siete días se utilizan para el sistema HVAC.
- El sistema de HVAC está totalmente monitoreado (comissioned)
- El sistema HVAC es controlado y monitoreado por computadora.
- Las constantes barreras de aire ayudan a controlar las fugas de energía por puentes térmicos.
- Todas las penetraciones a través de la envolvente del edificio fueron selladas.
- Las ventanas tienen tasas de infiltración no superior a 0,06 cfm / ft.

#### **4.1.3 Energías Renovables**

- Los paneles fotovoltaicos en la fachada oeste se aprovechan del sol fuerte del oeste.
- Sistema fotovoltaico opera en el pico de producción en los días calurosos y soleados, cuando la demanda en el mercado local red de energía es más alto.
- Se contempló el espacio y la conexión de combustible para una futura instalación de la de celdas de combustible.

#### **4.1.4 Materiales y Recursos**

- El sesenta y siete por ciento de los materiales se han fabricado en un radio de 500 millas del sitio, lo que reduce el costo energético de transporte.
- Las celdas fotovoltaicas fueron hechas de 100 por ciento de materiales reciclados.
- Materiales de construcción incluyen contenido reciclado placa de yeso, aislamiento de lana mineral, fibra mineral paneles del techo y las baldosas y techos con tejas de pizarra.
- residuos de la construcción del sitio generado se clasifica y se vende para su reutilización.
- El noventa y tres por ciento (en peso) de los residuos de construcción se recicló.
- El diseño prevé la adaptación a los usos futuros.
- Los refrigeradores utilizados son Energy Star que son entre el 25 por ciento más eficientes que los demás.
- El potencial de agotamiento del ozono de refrigerantes en los sistemas de refrigeración se reduce al mínimo.

#### **4.1.5 Calidad Ambiental Interior**

- Los materiales de construcción no contienen formaldehído y niveles bajos o nulos de compuestos orgánicos volátiles compuestos.
- Calidad del aire interior es monitoreado y probado.
- El aire interior se filtra, humidifica totalmente.
- Termostatos y ventanas operables son digitalmente programables.
- Los niveles de humedad se mantienen entre 30 y 60 por ciento.
- Los ocupantes pueden elegir entre el aire fresco y acondicionado.
- Garaje Parking cuenta con monitores de monóxido de carbono.
- Las tomas de aire exterior se encuentran lejos de las fuentes de contaminación.
- Presión de aire positiva se mantiene dentro del edificio.



*Figura 4.1 Edificio The Solaire*

Además de lo antes mencionado The Solaire ofrece estacionamiento para vehículos eléctricos con su respectiva toma de energía para recargarlo.

#### **4.2 Torres residenciales sustentables en Arabia Saudita**

Este edificio residencial está situado en la ciudad de Jeddah, situado en el Mar Rojo ( $21^{\circ} 30' N$  y  $39^{\circ} 10' E$ ). Al llevar a cabo un análisis sobre el uso de la energía y / o el consumo de agua del edificio, es útil tener en cuenta las condiciones climáticas que le afectan. El clima en Jeddah durante el verano se caracteriza por el intenso calor y la alta humedad, que tiende a ser insoportable hacia el final de la temporada de verano. Durante el invierno, mantiene su calor, pero con una reducción de la humedad con un poco de lluvia que de vez en cuando cae en noviembre y diciembre en pequeñas cantidades (Jamón et al., 2004). La información detallada sobre las temperaturas y los más altos niveles de radiación solar en Jeddah durante todo el año se dan en la Figura 4.2

El edificio residencial de reciente construcción está situado en un barrio relativamente nuevo. El edificio consta de tres plantas y seis pisos, con una superficie construida de  $420 m^2$  y una superficie total de  $625 m^2$ . La figura 4.3 muestra los planos de planta y alzados de este. Cada uno de los seis apartamentos de dos dormitorios está ocupado por tres residentes, y se le asigna una plaza de aparcamiento en frente del edificio. Este complejo plana representa un edificio residencial típico en Arabia Saudita. Según las estadísticas proporcionadas por el Ministerio de Economía y Planificación (2005) Arabia, pisos similares a este, son el tipo más común de residencia en Arabia Saudita.

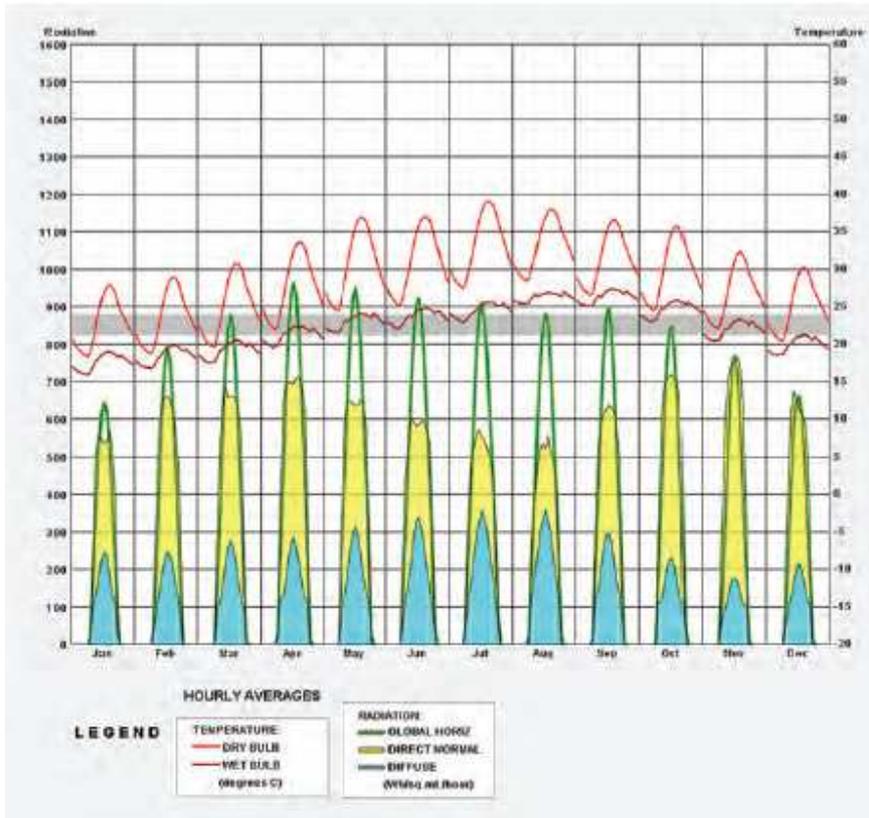


Figura 4.2 Temperatura e Insolación en Jeddah, fuente *Towards Sustainable Residential Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia*, Hanan M. Taleb, University of Sheffield, UK

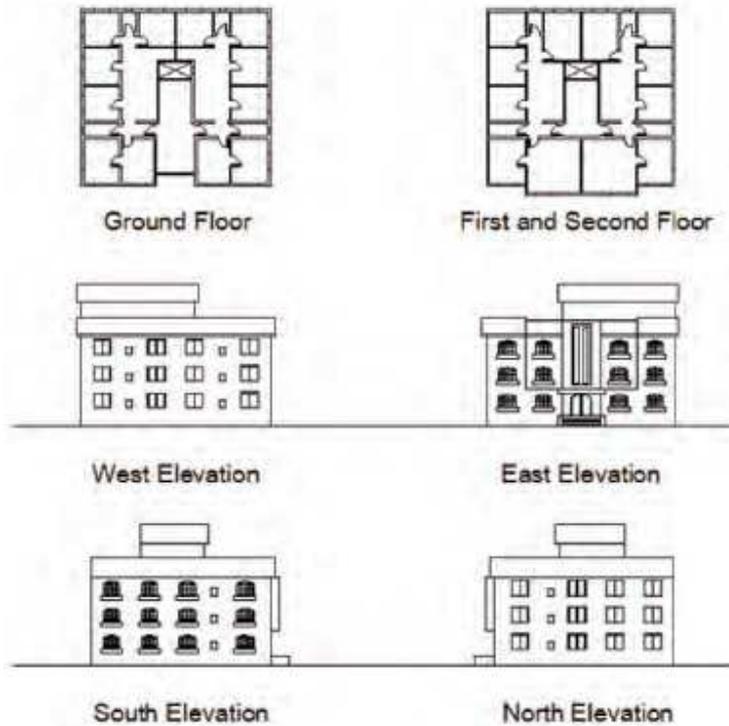


Figura 4.3 Planos de planta y alzados del edificio, fuente *Towards Sustainable Residential Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia*, Hanan M. Taleb, University of Sheffield, UK

#### 4.2.1 Uso de la Energía

El uso de la energía en el complejo plano se analizó utilizando Design-Builder, que se basa en el software de simulación de rendimiento de la construcción del Estado-of-the-art titulado EnergyPlus. En esencia, Design-Builder es un paquete de software disponible en el mercado que proporciona una simulación de energía dinámica y global para edificios. Un modelo tridimensional (3D) para el estudio de caso se desarrolló en primer lugar, sobre la base de los planos del edificio, y después de realizar una visita a las instalaciones y de intensas consultas con el complejo de propietario, quien supervisó la construcción de un edificio propio.

Los resultados de los cálculos de la simulación el uso de energía a nivel de construcción en uno de los días típicos de verano del año en Jeddah (es decir, 15 de julio) se representan en forma de gráfico en la figura 4.4. Este gráfico muestra las temperaturas (en ° C) en la parte superior, con todos los balances de calor reales (en kW) en la parte inferior. Las temperaturas que se muestran son la temperatura exterior (en azul oscuro), la temperatura del aire (azul), temperatura radiante (rojo) y, finalmente, (en verde) de la 'operativo o temperatura de confort ', que es el promedio de los dos últimos. Mientras que las temperaturas que se muestran se promedian a través de todo el edificio, el balance de calor (es decir, las pérdidas y ganancias) se alcanzó a través de todo el edificio en función de su estructura y las condiciones climáticas. Por ejemplo, el gráfico muestra la ganancia solar directa a través de las ventanas (en amarillo) que es más alta durante la tarde.

El uso de la energía en el edificio, se examinó toda plazos más largos, por ejemplo, semanas, meses y estaciones del año. A continuación, el uso de la energía dentro del edificio se simuló durante todo un año, utilizando datos climatológicos reales. De acuerdo con los resultados de la simulación, el consumo anual de electricidad para el edificio era 146.372 kWh, lo que implica también la emisión de aproximadamente 101 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. El consumo anual de electricidad por vivienda y luego se obtuvo dividiendo el consumo anual de la construcción por el número de viviendas (es decir, 6). Por lo tanto, el promedio anual cifra per cápita para cada vivienda se estima en alrededor de 24.386 kWh, lo que puede parecer excepcionalmente alto en comparación con otras partes del mundo con condiciones climáticas similares. Por lo tanto, se ha intentado validar una tasa de consumo de electricidad calculado tan alto. Con el tiempo, no sólo se muestran un acuerdo razonable con las lecturas obtenidas de las cuentas reales de servicios públicos, pero la estimación parecía ser una conservadora si se tiene en cuenta que el consumo de electricidad de la casa típica de Arabia plana fue estimado en 20.000 kWh al año, hace más de diez años (al-Ajlan et al., 1998). Más recientes estimaciones publicadas por el uso de electricidad típico de apartamentos de 2 dormitorios en Arabia Saudita parecen estar disponibles en la literatura.

#### **4.2.2 Representación del Estudio de caso más sostenible - Uso de la Energía**

Si el edificio se encontraba todavía en la etapa de diseño, una serie de medidas podría haber sido tomada con el fin de mejorar la eficiencia energética y por lo tanto reducir el consumo de electricidad del edificio. Algunas de las opciones disponibles están: aislar las paredes exteriores y el techo del edificio, el uso de luces fluorescentes en lugar de las lámparas incandescentes menos eficientes (por ejemplo 70% de la iluminación del edificio podría ser de tipo fluorescente), con ventanas de doble acristalamiento y conexión protecciones solares (por ejemplo, ventanas con aletas laterales y salientes). Una serie de otras prácticas energéticamente eficientes efectivamente que existe en todo el mundo, por ejemplo, accesorio de iluminación controla con el fin de controlar la luz según la luminosidad diurna. Sin embargo, volver a ejecutar las simulaciones de diseño Builder con las pocas modificaciones anteriores muestran una mejora significativa en términos de eficiencia energética. Habiendo hecho estos pocos cambios en los datos de entrada del modelo, la Figura 4.5 muestra los resultados de la simulación de energía para 15 de julio en el fin de comparar el potencial de mejora como resultado de tales modificaciones. Obviamente, la ganancia solar (en amarillo) se ha reducido en comparación con el diseño original. Esto es en gran parte atribuible a las protecciones solares de montaje en las ventanas, que son, a su vez, del tipo de doble acristalamiento.

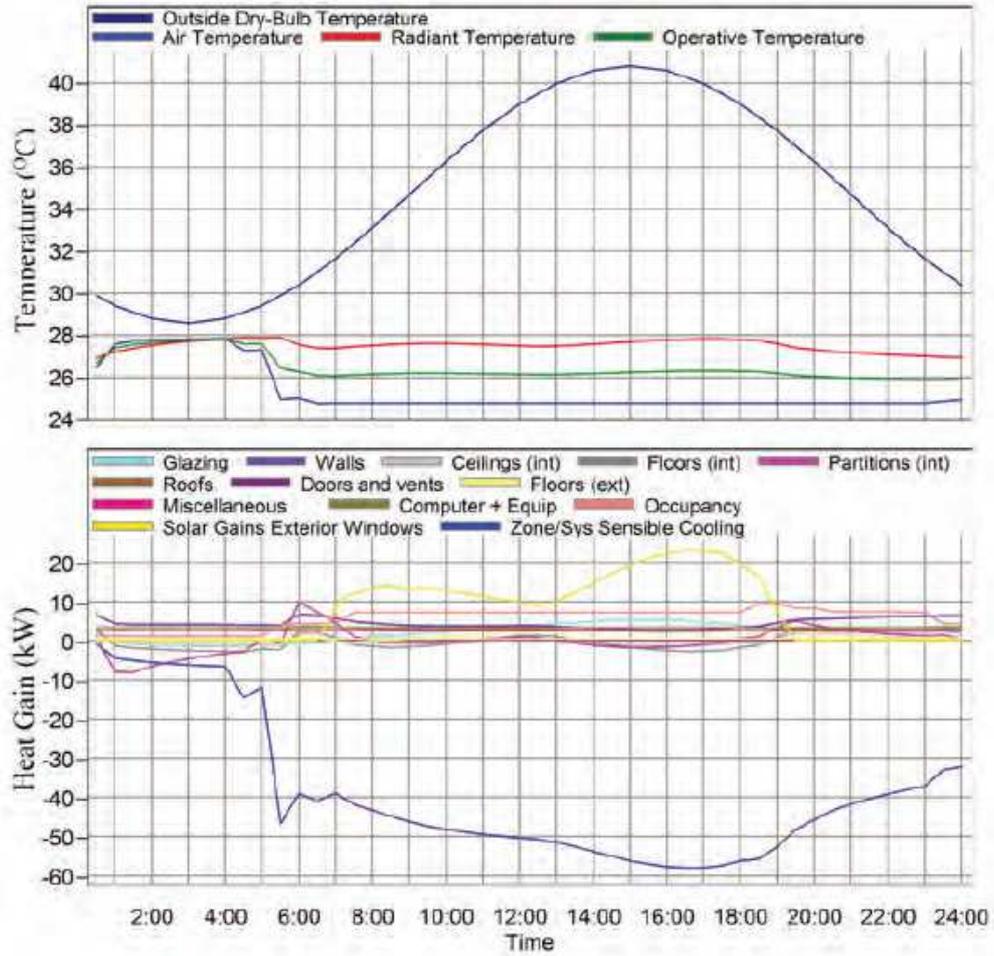


Figura 4.4 Temperatura y Balance de calor del edificio en 15 de Julio, fuente *Towards Sustainable Residential Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia*, Hanan M. Taleb, University of Sheffield, UK

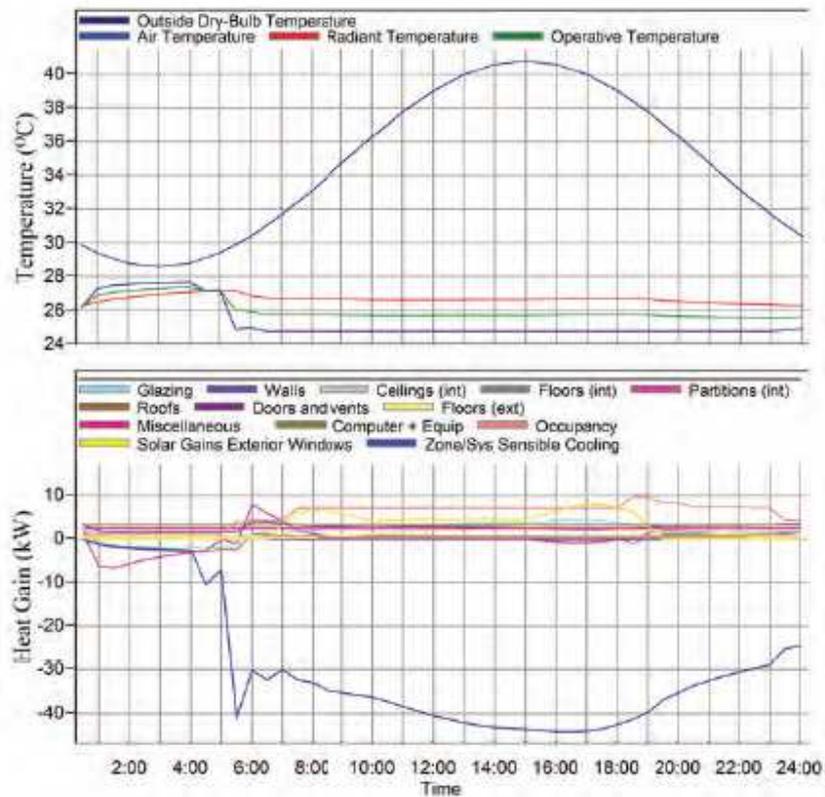


Figure 4.5: Temperature and Heat Balance of the Building – after modifications – on 15 July

El uso calculado anual de electricidad y las emisiones de CO<sub>2</sub> para todo el edificio se estimó en alrededor de 98.992 kWh y 69 toneladas respectivamente. Esto se traduce en una posible reducción de 32,4% en el consumo anual de electricidad de la casa, así como 32 toneladas de potencial guardan las emisiones de CO<sub>2</sub>. De hecho, si todos los complejos planos en Arabia Saudita (es decir, más de 300.000 edificios en base a datos proporcionados por el Ministerio saudí de Economía y Planificación, 2005) habían logrado tal nivel posible de ahorro de energía, por lo menos 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> se podría ahorrar al año en el sector residencial de Arabia. Otra modificación que se podría hacer con el caso de estudio es la incorporación de las tecnologías de energías renovables. Dado el alto nivel de irradiación solar en Jeddah, así como el área de espacio libre disponible en el techo del edificio, los paneles solares fotovoltaicos pueden ser equipados para abastecer el 10% de las necesidades de electricidad del hogar. En consecuencia, la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> del hogar podría reducir en otras siete toneladas por año (ver Figura 4.6). Dado el coste actual de alta de capital sin embargo, el uso de opciones de energía renovable dentro del sector residencial Arabia no podría ser viable en la actualidad. Sin embargo, su viabilidad podría adquirir más importancia si el gobierno eleva los subsidios para gastos pesados para la generación de electricidad con combustibles fósiles, mientras que la creación de una serie de incentivos financieros, tales como medición neta, las tarifas de alimentación y subsidios de costo de capital para las energías renovables (Al-Saleh et al., 2008).

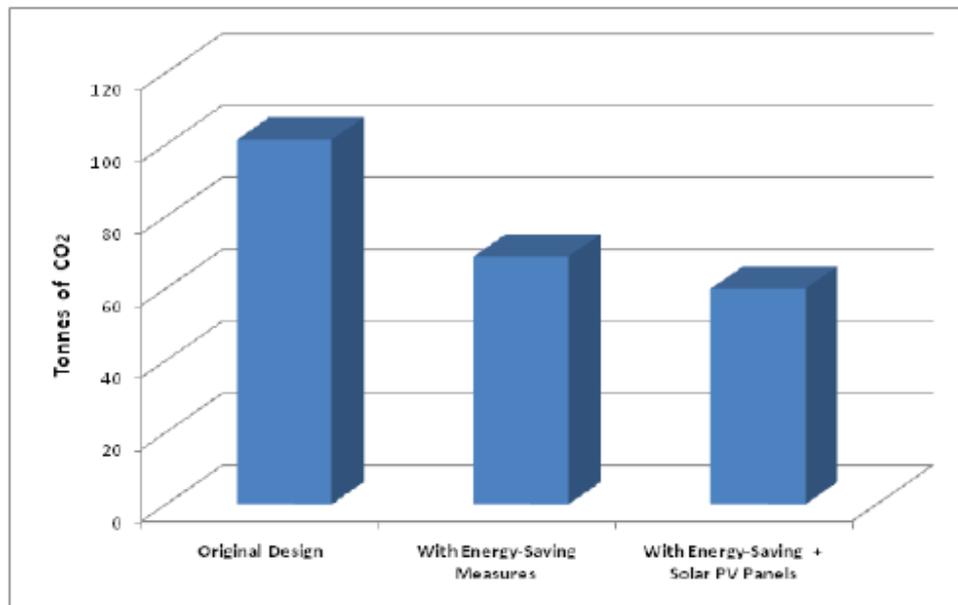


Figura 4.6 Disminución de Reducciones de CO2, fuente *Towards Sustainable Residential Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia*, Hanan M. Taleb, University of Sheffield, UK

#### 4.3 Viviendas del Proyecto EDEA en Extremadura, España

Este proyecto se lleva a cabo en la provincia de Extremadura, España, está enfocado a abastecer la creciente demanda de vivienda así como mejorar la calidad de la edificación. La construcción se realiza mediante dos viviendas similares a las fomentadas por la política social del gobierno de esta provincia. La edificación tiene lugar en el polígono industrial "Las Capellanas" de Cáceres.

##### Objetivo General

El objetivo general del proyecto fue desarrollar una metodología de diseño y construcción de las viviendas sociales de forma que se obtengan viviendas bajo criterios sustentables, con mejor comportamiento energético y empleo de energías renovables.

##### Objetivos Específicos

- Desarrollo de una edificación con mayor rentabilidad económica para el usuario final
- Generación de conocimiento de procesos de construcción asociados a la eficiencia energética.
- Reducir la emisiones de CO2
- Disminución de la dependencia de recursos energéticos no renovables
- Desarrollo tecnológico en las instalaciones convencionales y las técnicas energéticas basadas en recursos renovables.
- Interconectar de forma optimizada elementos activos y pasivos



Figura 4.7 Interconexión activa – pasiva proyectada: Intercambiador vertical de geotermia y forjado de inercia

- Innovar en el análisis de performance energético mediante puntos de control y monitorización

#### Metodología

Se pretende desarrollar el proyecto de los demostradores-viviendas basándose en la aplicación de técnicas activas y pasivas de diseño sostenible, pues se trata de alcanzar una reducción en el consumo de energía sin disminuir el confort térmico de los usuarios.

#### Diseño arquitectónico

Las estrategias son las siguientes:

- Diseños con criterios de sustentabilidad.
- Implementación de sistemas pasivos de climatización:
  - Incorporación de chimeneas solares



*Figura 4.7 Chimenea de presión en la vivienda experimental*

- Implementación de ventilación cruzada
- Parasoles, contraventanas, celosías, etc.
- Espacios soleados, zonas abalconadas y galerías acristaladas como zonas de almacenamiento de calor.
- Aprovechamiento de inercia térmica de los materiales.
- Diseño para aprovechamiento de la luz natural.

#### Materiales y Sistemas de Construcción

Estos deben ser evaluados por diferentes indicadores, algunas de las variables a considerar son las siguientes:

- Propiedades físicas orientadas a la eficiencia energética
- Uso de materiales con funcionalidad y comportamiento orientado a la solución de los puentes térmicos
- Inercia térmica de los materiales
- Se dará prioridad a los materiales reciclables
- Relación comportamiento térmico / costo económico

#### Ingeniería

Las instalaciones se diseñaron tomando en cuenta el costo, prioridades y viabilidad fomentando la aplicación de:

- Materiales de bajo impacto medioambiental en sus componentes.
- Sistemas de ACS con máquinas bitérmicas eliminando el calentamiento por efecto Joule en los electrodomésticos
- Instalación de sistemas de calefacción/refrigeración de alto rendimiento.
- Incorporación de máquina de absorción para utilizar el sol como refrigeración
- Recuperador entálpico / estatico en la instalación de ventilación
- Distribución adecuada del sistema de iluminación
- Luminarias de bajo consumo y/o LEDs
- Optimización de circuitos
- Utilización de diferentes unidades terminales de acondicionamiento térmico de las viviendas como radiadores, fan-coils, suelo radiante, sistema multisplit, etc

#### Energías Renovables

De este tipo de instalaciones de energía renovables y con una potencia suficiente para una vivienda, se evaluó la incorporación de las siguientes opciones:

- Energía solar térmica. Posibilitando su uso para ACS, calefacción y/o refrigeración.
- Energía Solar Fotovoltaica. Instalación de energía eléctrica para autoconsumo
- Aerogenerador. Empleo de microgeneración eólica con el fin de aprovechar la fuerza del viento para suministro de energía eléctrica, en este caso para autoconsumo.



Figura 4.8 Aero generador vertical previsto

- Intercambiador tierra – aire. Estos intercambiadores usan el subsuelo para calentamiento y enfriamiento de una corriente de aire con el fin de acondicionar térmicamente los edificios.
- Caldera de Biomasa. Para la generación de energía térmica
- Bomba geotérmica. Para la climatización
- Inmótica. El conjunto de las instalaciones podrán ser controladas desde un panel sinóptico en la campa de instalaciones.
- Domótica. Uso de sistemas de control inteligentes que disminuyan los gastos energéticos.
- Monitorización. El edificio llevara un elevado número de puntos de control para el análisis a detalle de las fluctuaciones del consumo energético que se produzcan.

#### 4.4 Proyecto Piloto de Vivienda Vertical Cero Energía en México

Ese trata de una iniciativa de las empresas BASF y URBI y se enfoca en viviendas que alcanzan el subsidio del gobierno federal según la tabla 4.1, este proyecto tiene lugar en Cancún México.

TAMAÑO DE VIVIENDA	VALOR DE LA VIVIENDA	PARA PERSONAS CON INGRESO MENSUAL
38 M2	\$18,333 USD	\$357 USD
42 M2	\$20,666 USD	\$550 USD
50 M2	\$22,666 USD	\$687 USD

Tabla 4.1 Características económicas de las viviendas y propietarios con derecho a subsidio Federal, fuente: Instituto Nacional de la Vivienda

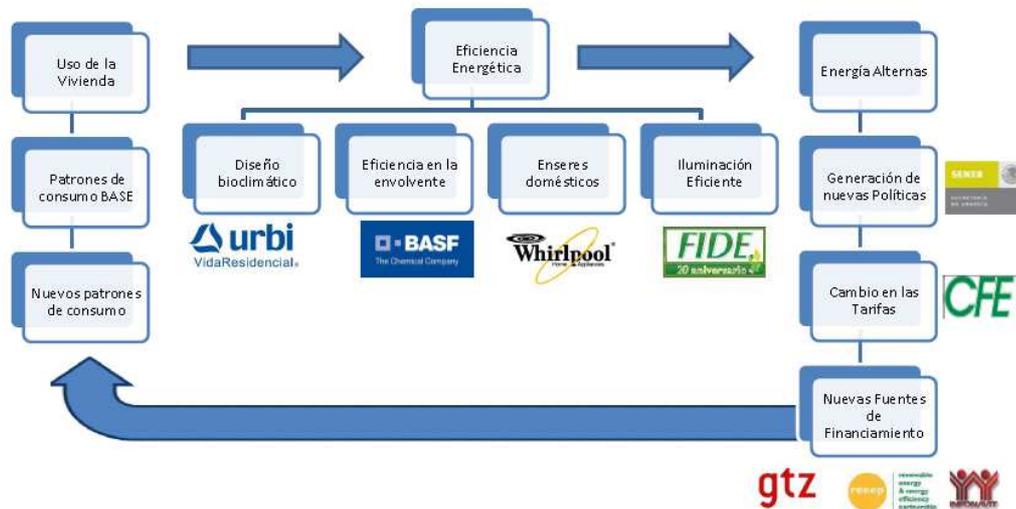


Figura 4.9 Ruta crítica y proveedores para la implementación del Proyecto, fuente BASF

En el análisis de los requerimientos de energía para el proyecto, fue considerado lo siguiente:

- Diseño y características de la vivienda observada.
- Consumo de energía de electrodomésticos normalmente en uso en cualquier vivienda.
- Análisis de los acabados con tecnología Basf disponibles para reducir la temperatura interior de la vivienda.

Las tecnologías propuestas por Bast fueron:

- EIF Sistema con Neopor: EPS modificado con grafito. Usado en México por primera vez.
- ElastoporECO: Poliuretano sin emisiones de Chlorofluorocarbonos de acuerdo al protocolo de Montreal
- ThorostuccoThermo®: Stucco preparado con nanotecnologías que reducen la temperatura interior de 4 a 7° C.
- Thorloastic: Cubierta Elastoamerica que contribuye a disminuir la intensidad de la luz interna.
- Masterseali600: Cubierta acrílica a prueba de agua que ayuda a la reflectancia.

Los simuladores TRANSYSyDOE fueron usados para correr la información completa, analizando cada tecnología separadamente y haciendo algunas combinaciones para determinar cuál sería la mejor opción.

El resultado de los análisis es el siguiente:

- En techos, usar 2" de ElastoporECO, nivelando el techo con mortero ligero y aplicando Masterseali600 como impermeabilizante y el recubrimiento final.
- El sistema EIF fue usado en las paredes exteriores con 2" de Neopor, y 6mm de capa gruesa de ThorostuccoThermo. Adentro, el Thorolastic fue aplicado.

- A diferencia de la temperatura interior entre el tipo básico de construcción y Net Zero de hasta 5°C, el total de ahorro de inversión de \$190,000.00 pesos al eliminar el aire acondicionado.
- Reducción en el consumo de energía en un edificio con estos atributos; reduce las emisiones de CO2 en 30 Tons por año.
- Ahorro de energía en kwh obtenido del aislamiento thermo envolvente tiene recuperación de la inversión de 1.5 años.
- Con la combinación de los sistemas de aislamiento de BASF, el consumo de energía de este edificio fue reducido en 55%.
- El uso de aire acondicionado fue eliminado; y solamente la instalación de 1 o 2 abanicos es requerida.
- Una granja de paneles solares fue instalada para proporcionar el 45% restante de la energía requerida para el edificio.

	EDIFICIO BASE	Edificio Cero Energía
<b>Consumo</b>	59,630 Kwh	29,241 kwh
<b>Emisiones CO2</b>	30 Toneladas	0 Toneladas
<b>Temperatura al interior de la vivienda en los meses más críticos</b>	36 Grados centígrados	29 y 30 grados centígrados

Tabla 4.2 Comparación entre una vivienda típica y la vivienda Cero Energía, Fuente URBI.

#### Generación Eléctrica:

- Se autoabastecerá a las 15 viviendas con energía fotovoltaica a través de una granja solar
- Con un contrato de interconexión piloto, entre CFE y el usuario, que determinará los parámetros del contrato de interconexión para autoabastecimiento por generación asociada, con el VoBo de la CRE.



Figura 4.10 Granja Solar fotovoltaica implementada

Resultados no técnicos esperados de la operación de la vivienda:

- Monitoreo del contrato por cogeneración asociada a pequeña escala ante CFE
- Nuevas propuestas de financiamiento para tarifas eléctricas y subsidios a la energía
- Reconsideración de obras de infraestructura y bases de diseño por nuevos patrones de consumo
- Generación de política pública que promueva replicar este tipo de proyectos.



*Figura 4.11 Vivienda Vertical Sustentable UrbiVilla proyecto Cancún*

#### 4.5 Casa Ecológica (Ciudad Juárez, México)

Diseñada por la firma arquitectónica CONDAK–PULTE S. de R. L. de C.V., Armando Deffi s C., contratista. Construida como parte de un proyecto de vivienda de interés social para las condiciones climáticas extremas del norte de Chihuahua, esta casa incorpora las siguientes innovaciones bioclimáticas:

- Chimenea solar, para expulsar el aire caliente generado al interior de la casa.
- Inducción de aire fresco tomado del exterior y transportado en forma subterránea hacia el interior de la vivienda.
- Trampa de calor en el techo para proveer calefacción durante el invierno, dado que permite utilizar en la noche el calor generado durante el día.
- Orientación óptima de la fachada.
- Instalaciones sanitarias y de baño ahorradoras de agua.
- Lámparas y focos de alta eficiencia energética.
- Tratamiento de aguas grises.
- Módulos solares para el calentamiento de agua.
- Manual para el adecuado uso de los sistemas.
- Monitoreo del desempeño de los sistemas instalados.

## 4.6 Otros Casos de Estudio

### 4.6.1 Vivienda Unifamiliar Sage (Oregón, Estados Unidos)

Puntuación Leed Platino por desarrollar un diseño extraordinario interior y exterior al igual que su eficiencia energética que contribuye al medio ambiente. Utilización de energía térmica para calentar el agua mediante paneles ubicados en el techo de la edificación. Ventanales para aprovechar la luz solar y evitar consumo de energía, papel reciclado y bajo consumo de agua al igual que gran variedad de sistemas ecológicos



*Figura 4.12 Vivienda Unifamiliar Sage*

### 4.6.2 Proyecto 100K House (Philadelphia, Estados Unidos)

Puntuación Leed oro por el uso adecuado de materiales ecológicos, aprovechamiento del agua al igual que un diseño adecuado para el bajo consumo de energía eléctrica.



*Figura 4.13 Proyecto 100K House*

#### **4.6.3 Blair towns (Silver Spring, Estados Unidos)**

Blair towns consume 30% menos agua que una edificación convencional. Los materiales fueron reciclados en su gran mayoría y al igual que otros proyectos con certificación leed posee acceso de luz natural



*Figura 4.14 Blair towns*

#### **4.6.4 Vivienda Vertical Cuatro Vientos (Guadalajara, México)**

Actualmente en proceso de construcción en la ciudad de Guadalajara. Es el primer edificio habitacional en México en registrarse ante LEED Certificación LEED PLATA (En proceso de documentación)



*Figura 4.15 Vivienda Vertical Cuatro Vientos*

# Capítulo 5

## Análisis del Escenario

### Implementación de Diseños en la Vivienda Sustentable

De acuerdo con el Balance Nacional de Energía de 2008, el consumo nacional de energía de México en ese año fue de 4,815 PJ, de los cuales 19% correspondieron al consumo en los sectores residencial, comercial y público. La energía demandada por estos sectores se presenta principalmente en edificios, donde 27% corresponde al consumo de energía eléctrica.

A pesar de los altos consumos de energía ocasionados por las edificaciones en nuestro país y los avances tecnológicos para disminuir su demanda de electricidad, la reglamentación que rige o se aplica a las edificaciones en México incluye de manera débil y parcial los temas de sustentabilidad y de mitigación de emisión de gases de efecto invernadero.

En contraposición con las condiciones que prevalecen en nuestro país, donde existe una débil regulación en materia ambiental para las edificaciones, actualmente existe una tendencia a nivel global orientada a desarrollar más y mejores códigos de edificación. En otras naciones, este tipo de normatividades han impulsado proyectos de edificaciones de cero consumo de energía fósil o de cero emisiones netas de gases de efecto invernadero.

#### **5.2 Escenarios de implementación de Diseño**

¿Cuáles serían los beneficios ambientales de una penetración considerable en el mercado de inmuebles con neutralidad en carbono o nulo consumo energético neto? En la publicación, *escenarios energéticos de la edificación Sustentable para 2030*, que respalda esta tesis, se examinan algunas mejoras en eficiencia energética que podrían realizarse para 2030 en el mercado de la edificación habitacional. De acuerdo con el documento, técnicamente es posible lograr hacia 2030 enormes reducciones en el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en edificios nuevos mediante la adopción generalizada en el mercado de tecnologías y métodos de construcción ya disponibles y de nueva aparición, los cuales se han abordado en el capítulo dos de esta tesis.

##### **5.2.1 Modelación de escenarios de ahorro de energía**

Los autores del documento de referencia modelaron proyecciones de consumo de energía y emisiones de GEI para 2030 en tres escenarios denominados para efecto de este trabajo: el

escenario tendencial (*business-as-usual*, BAU), el escenario AIA o del Desafío 2030 y el escenario de una ecología profunda.

### **5.2.1.1 Escenario tendencial**

El escenario tendencial (BAU) modela proyecciones de energía y emisiones de GEI con base en una extrapolación de las tasas de crecimiento del parque inmobiliario actual aunadas a los niveles de consumo energético típicos de las nuevas construcciones hoy día, y no considera iniciativas de políticas importantes que producirían un cambio fundamental en las tendencias en curso respecto a nuevos códigos de construcción o a iniciativas de reacondicionamiento o renovación.

Las proyecciones del enfoque tendencial o BAU, al aplicarse al parque inmobiliario de América del Norte y considerar su crecimiento previsto y sus actuales esquemas de consumo energético, indican que el consumo general de energía y las emisiones de carbono asociadas continuarán aumentando como sigue:

En Canadá, un enfoque tendencial resultará en un incremento de 28 por ciento en el consumo de energía en el sector habitacional y de 39 por ciento en el comercial, lo que generará la emisión a la atmósfera de 46 megatoneladas (MT) adicionales de CO<sub>2</sub> en 2030, en comparación con las emisiones actuales.

En Estados Unidos, un enfoque tendencial se traducirá en un incremento de 23 por ciento en el consumo de energía en el sector habitacional y de 36 por ciento en el comercial, lo que generará la emisión a la atmósfera de 680 megatoneladas (MT) adicionales de CO<sub>2</sub> en 2030, en comparación con las emisiones actuales.

En México, un enfoque tendencial dará como resultado un incremento de 152 por ciento en el consumo de energía en el sector habitacional y de 144 por ciento en el comercial, lo que generará la emisión a la atmósfera de 119 megatoneladas (MT) adicionales de CO<sub>2</sub> en 2030, en comparación con las emisiones actuales.

### **Escenario AIA o del desafío 2030**

El escenario AIA o del Desafío 2030 usa supuestos de modelación basados en el Desafío 2030 del AIA, que establece un calendario de mejora continua de las metas de desempeño energético a partir de reducciones en la cantidad de combustible fósil necesario para la operación de los edificios. Este escenario adopta el estado final de neutralidad en carbono para inmuebles nuevos y un muy reducido consumo de combustibles fósiles para los inmuebles preexistentes sometidos a procesos importantes de renovación y reacondicionamiento.

El escenario AIA o del Desafío 2030 da como resultado enormes reducciones en consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero:

En Canadá, un escenario AIA o del Desafío 2030 redundará en una reducción en el consumo anual de energía de 77 por ciento en el sector habitacional y 46 por ciento en el comercial para 2030, en comparación con el escenario tendencial o BAU. Esto equivale a reducciones anuales de 112 MT de emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, en comparación con el escenario BAU.

En Estados Unidos, un escenario AIA o del Desafío 2030 resulta en una reducción en el consumo anual de energía de 27 por ciento en el sector habitacional y 41 por ciento en el comercial para 2030, en comparación con el escenario BAU. Esto equivale a reducciones anuales de 980 MT de emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, en comparación con el escenario BAU.

En México, un escenario AIA o del Desafío 2030 da como resultado una reducción en el consumo anual de energía de 56 por ciento en el sector habitacional y 62 por ciento en el comercial para 2030, en comparación con el escenario BAU. Esto equivale a reducciones anuales de 103 MT de emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, en comparación con el escenario BAU.

### **Escenario de una ecología profunda**

El escenario de una ecología profunda se basa en una adopción creciente por parte del mercado de tecnologías modernas de ahorro de energía —actualmente disponibles y de nueva aparición—, de acuerdo con arquetipos de edificación que son representaciones físicas de edificios considerados “representativos”.

Para establecer este escenario es preciso modelar una penetración cada vez más acelerada de dos arquetipos de edificación de desempeño avanzado: el súper eficiente 1 (SE1, la edificación más eficiente, pueden depender del nivel de certificación buscado en el edificio la cual se trata en el capítulo 3) y el súper eficiente 2 (SE2, edificación de alta eficiencia), para inmuebles comerciales y habitacionales nuevos, así como para renovaciones y reacondicionamientos de edificaciones comerciales y residenciales preexistentes.<sup>27</sup> Cada arquetipo incorpora tecnologías actuales y emergentes, de probada eficacia, y prácticas de edificación comercialmente disponibles en la actualidad. A fin de abordar el rango de climas diversos, en la modelación de los escenarios se usaron versiones modificadas de los cálculos de ahorros correspondientes a cada uno de los arquetipos de edificación eficiente. Mediante la modelación de las mejoras energéticas con base en los arquetipos de edificación, el escenario de una ecología profunda ayuda a poner a prueba la factibilidad de alcanzar las metas de reducción del consumo de combustibles fósiles previstas en el escenario AIA o del Desafío 2030. Al establecer el escenario de una ecología profunda, los autores no presupusieron que éste generaría mayores ahorros de energía y reducciones de CO<sub>2</sub> que el escenario AIA o del Desafío 2030.

Para completar este escenario, los autores determinaron los calendarios para la adopción de los diferentes arquetipos con base en la incorporación progresiva de tecnologías avanzadas de ahorro energético de aquí a 2030. En el caso de Estados Unidos, los resultados se adaptaron a los climas del país de acuerdo con los criterios de ingeniería del autor estadounidense. La metodología descrita en estos tres escenarios no pretende predecir los impactos específicos de políticas y actitudes emergentes en las inversiones en materia de eficiencia energética en el sector de la edificación. El presente capítulo ilustra las posibilidades de cambio y no predicciones del futuro, y además ayuda a identificar aspectos técnicos y de política.

El escenario de una ecología profunda también da como resultado enormes reducciones en consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo general, estos ahorros concuerdan con los señalados en el escenario AIA o del Desafío 2030, aunque pueden variar dependiendo del país y el tipo de edificación, así como de los supuestos del modelo en lo que

respecta a la penetración en el mercado de las nuevas edificaciones y el porcentaje de inmuebles en proceso de renovación y reacondicionamiento.

En Canadá, el escenario de una ecología profunda se traduce en una reducción en el consumo anual de energía de 62 por ciento en el sector habitacional y 51 por ciento en el comercial para 2030, en comparación con el escenario tendencial o BAU. Esto equivale a reducciones anuales de 103 MT de emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, en comparación con el escenario BAU.

En Estados Unidos, el escenario de una ecología profunda da como resultado una reducción en el consumo anual de energía de 50 por ciento en el sector habitacional y 50 por ciento en el comercial para 2030, en comparación con el escenario BAU. Esto equivale a reducciones anuales de 1,488 MT de emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, en comparación con el escenario BAU.

En México, el escenario de una ecología profunda genera una reducción en el consumo anual de energía de 70 por ciento en el sector habitacional y 55 por ciento en el comercial para 2030, en comparación con el escenario BAU. Esto equivale a reducciones anuales de 120 MT de emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, en comparación con el escenario BAU.

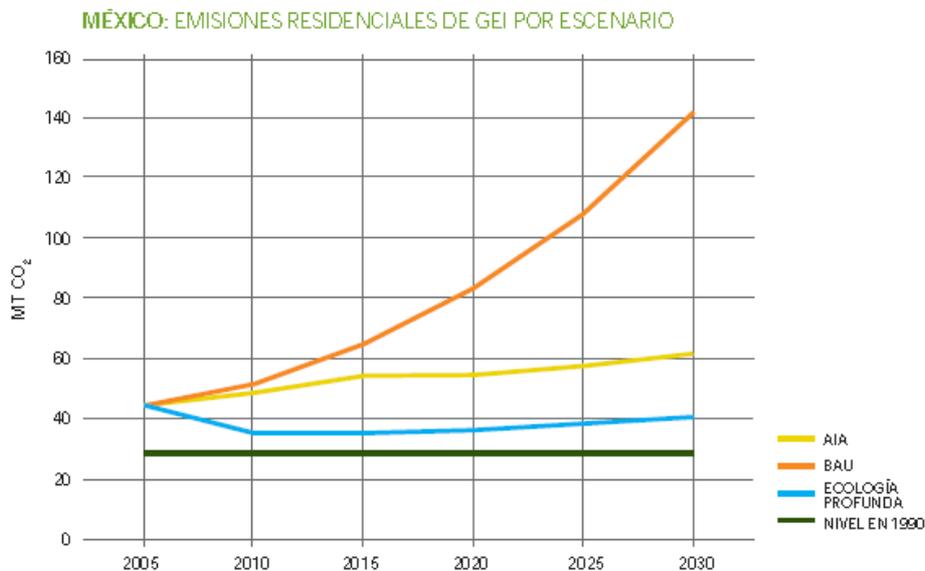


Figura 5.1 Predicciones por escenario para las emisiones residenciales y comerciales de GEI en México

La figura 5.1 muestran los resultados de la modelación de las emisiones de gases de efecto invernadero para los escenarios: tendencial o BAU, AIA o del desafío 2030 y de una ecología profunda en los tres países. También presentan los niveles de emisiones de GEI de 1990 como parámetro de referencia para los objetivos de Kioto.<sup>28</sup>

### 5.3 Estrategias políticas para la implementación de vivienda sustentable

Los gobernantes deben poner en práctica un conjunto integrado de estrategias que transformen el mercado para impulsar una mejora continua y el avance acelerado en la edificación sustentable.

Reconocemos la creciente actividad gubernamental y del sector privado en apoyo de la edificación sustentable, así como los avances logrados a la fecha, y presentamos las siguientes recomendaciones con la perspectiva de fortalecer, acelerar e integrar dichos esfuerzos.

#### 5.3.1 Promover el financiamiento del sector privado y la adopción de métodos adecuados de valuación.

Los beneficios netos del desarrollo de la edificación sustentable deben ser suficientes para atraer el capital existente a precios del mercado. Se recomienda que los dirigentes gubernamentales y del sector privado, con el apoyo pertinente de organizaciones no gubernamentales independientes:

- Cooperen para promover la elaboración y adopción de mecanismos de valuación y cálculo de costos del ciclo de vida de los edificios que integren presupuestos de capital y de operación.
  - Promuevan mecanismos pioneros de financiamiento especial, contratos de desempeño, garantías y arreglos de arrendamiento que favorezcan la edificación sustentable y, a la vez, remuevan obstáculos como los “incentivos divididos”, los largos periodos de retorno y otros riesgos e incertidumbres.
  - Respalden los esfuerzos para generar información, métodos y prácticas esenciales en materia de valuación y establecimiento de garantías para la adecuada valuación de las edificaciones sustentables.
  - Apoyen la recopilación y el análisis de información sobre rendimiento financiero y ambiental posterior a la ocupación, lo que mejorará el conocimiento sobre las características de la edificación sustentable y su financiamiento.

#### 5.3.2 Aumentar la conciencia y los conocimientos mediante investigación y desarrollo, desarrollo de capacidades y divulgación.

La transformación del mercado exige aumentar el nivel de conciencia y conocimiento de los profesionales del diseño, la ingeniería y la construcción; los promotores inmobiliarios; los propietarios y los inquilinos de las edificaciones; los inversionistas; los expertos en evaluación y financiamiento inmobiliario, y los funcionarios gubernamentales de todos los niveles, respecto de la visión, las metas y las estrategias de la edificación sustentable, así como también en torno a los beneficios particulares del diseño integrado y otras cuestiones que la edificación sustentable puede plantear para cada uno de estos actores del sector. Recomienda que los dirigentes gubernamentales y no gubernamentales promuevan la conciencia y los conocimientos sobre las prácticas y los beneficios de la edificación sustentable:

- Mediante un firme compromiso con un programa amplio e integrado de investigación, desarrollo y demostración en materias relacionadas con la edificación sustentable.
- Financiando y realizando campañas de capacitación, difusión y educación.
- Convocando alianzas en que participen los gobiernos, el sector inmobiliario y de la construcción, instituciones académicas y organizaciones sin fines de lucro.

- Apoyando los mecanismos de etiquetado y comunicación sobre el desempeño ambiental de los inmuebles.

Estos esfuerzos son especialmente importantes para México, no sólo por su urgente necesidad de vivienda asequible, sino también porque se requiere la adopción de sistemas de calificación de la edificación sustentable ampliamente reconocidos, y porque se precisa una estructura nacional coordinada de apoyo y fomento a políticas y programas vigentes en favor de la edificación sustentable.

### **5.3.3 Predicar con el ejemplo.**

En su calidad de actores importantes en la construcción, compra, renovación y arrendamiento de espacios de oficinas, los gobiernos deben cumplir un papel determinante de impulso del desarrollo del mercado de la edificación sustentable, al tiempo que obtienen tanto beneficios ambientales sustanciales como ahorro en los costos de largo plazo, en beneficio de los contribuyentes de América del Norte. Recomienda que todos los niveles de gobierno consoliden los avances a la fecha y, de manera tan ágil como sea posible, adopten políticas integrales y ambiciosas que exijan que todas las adquisiciones gubernamentales en el sector inmobiliario se caractericen por altos niveles de desempeño en materia de edificación sustentable, con un firme compromiso de mejora continua.

### **5.3.4 Impulsar la mejora continua en las políticas.**

Todos los niveles de gobierno deben impulsar la participación del sector privado y la sociedad civil en la institucionalización de un ciclo de políticas y programas que apoyen el desarrollo continuo de mercados para la edificación sustentable, con la perspectiva de su ampliación acelerada a todo el sector inmobiliario. Estas políticas y programas deben ocuparse no sólo del consumo energético, sino también del agua, los residuos, el uso del suelo y otros asuntos, tanto en los edificios nuevos como en los preexistentes. Recomienda que:

- Los gobiernos nacionales, en adecuada coordinación con órdenes de gobierno subnacionales, adopten nuevas políticas y leyes, o mejoren las ya vigentes, en apoyo al avance más rápido posible de la edificación sustentable, lo cual incluye mecanismos que generen incentivos para su desarrollo.
- Los gobiernos a todo nivel fortalezcan la autoridad de funcionarios municipales para adoptar y aplicar políticas y códigos coherentes e integrales que fomenten o exijan la edificación sustentable y un elevado desempeño energético en el sector privado.
- Las políticas y reglamentos vigentes en materia de eficiencia energética y otros aspectos de la edificación sustentable se apliquen cabalmente y se actualicen periódicamente, de manera que reflejen los avances de la técnica y las mejoras en el desempeño del sector.
- Los incentivos fiscales y financieros para la edificación sustentable se basen en las pruebas de desempeño, y no en los montos de la inversión.
- Para alentar la conservación y castigar el consumo excesivo, se ponga en práctica la estratificación de las tarifas de servicios públicos, junto con incentivos

no fiscales para los proyectos de edificación sustentable, por ejemplo: expedición ágil de permisos, revisión prioritaria de planos y premios en densidad, así como créditos, primas de seguros y exenciones preferenciales.

- Se elaboren y pongan en práctica mecanismos eficaces para monitorear la instrumentación de políticas y códigos respecto de la edificación sustentable.
- Con el tiempo, los gobiernos hagan hincapié en el uso adecuado tanto de los requisitos como de los incentivos para la edificación sustentable, con la perspectiva de registrar un avance continuo en el logro de las metas y el desempeño del sector.

Recomienda también el desarrollo y uso en cada país de sistemas integrales y rigurosos de clasificación y certificación de la edificación sustentable, con la perspectiva de integrarlos en las políticas, los programas y los requisitos gubernamentales. Los líderes de gobierno y de órganos civiles deben colaborar en la recopilación y actualización continua de información en torno a las mejores prácticas y las políticas sobre edificación sustentable, y promover la difusión y el uso de esta información.

Es imprescindible que todos los programas y políticas relacionados con la edificación sustentable se incorporen en programas urbanos integrales orientados a fomentar comunidades sustentables, con énfasis en la integración de la edificación con infraestructura urbana sustentable para el transporte, el abastecimiento de gas y electricidad, el suministro de agua potable, la disposición y reciclaje de residuos, y el manejo y drenaje de aguas pluviales y residuales. Esto requiere prestar especial atención a extender la edificación sustentable en las muchas regiones de América del Norte que carecen de viviendas asequibles, incluidas zonas donde las condiciones climáticas u otras circunstancias presentan desafíos especiales.

### **5.3.5 Fomentar la cooperación mundial y de América del Norte.**

La CCA y otras organizaciones se encuentran en buena posición para propiciar la cooperación en materia de edificación sustentable en América del Norte. Recomendamos que los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México convengan la participación comprometida de la CCA y otras organizaciones pertinentes a fin de fomentar el uso regional de materiales, equipos y servicios de edificación sustentable, así como la investigación conjunta coordinada en áreas prioritarias de investigación y desarrollo relacionadas con la edificación sustentable. Los tres países deben, a través de la CCA y otras organizaciones pertinentes:

- Impulsar el intercambio de información y datos sobre edificación sustentable en América del Norte, dando prioridad a facilitar el flujo de ideas y mejores prácticas entre los municipios de toda la región;
- Fomentar los vínculos entre las naciones de América del Norte y otras regiones del mundo en materia de mejores prácticas y políticas sobre edificación sustentable.
- Promover la cooperación en materia de educación e intercambio de información sobre capacitación para fortalecer el conocimiento de los sectores público y privado respecto de la edificación sustentable en América del Norte, con especial atención al incremento del saber, la experiencia y la conciencia en materia de prácticas, programas y estrategias de

política para la edificación sustentable en México, aprovechando los mecanismos, la capacidad y los programas de que actualmente se dispone.

#### **5.4 Metas resultantes de la implementación de la vivienda sustentable**

**El gobierno debe establecer en conjunto con los órganos internacionales metas claramente definidas, con el propósito de lograr el avance más rápido posible de la edificación sustentable en México y América del Norte en general. Estas metas ayudarán a mejorar el desempeño al ofrecer un parámetro respecto del cual medir los avances hacia la perspectiva definida**

##### **5.4.1 Establecer metas audaces pero realistas para el logro de inmuebles neutros en carbono**

Los gobiernos nacionales y estatales o provinciales de América del Norte fijen metas audaces pero realistas para alcanzar la neutralidad en carbono de todas las construcciones, nuevas y preexistentes, en el entendido de que el calendario para el cumplimiento de estas metas puede variar por región o país, en función de consideraciones políticas, económicas y ambientales. Como ejemplo se puede tomar la acción de las más de 500 ciudades estadounidenses que firmaron el Acuerdo de Protección del Clima de la Conferencia de Alcaldes de Estados Unidos (*United States Conference of Mayors' Climate Protection Agreement*) y de aquellas que han suscrito las metas de neutralidad en carbono establecidas en el "Desafío 2030" del Instituto Estadounidense de Arquitectos (*American Institute of Architects, AIA*) y el Instituto Real de Arquitectura de Canadá (*Royal Architectural Institute of Canada, RAIC*). Tomando en cuenta que los edificios en México actualmente tienen una huella en unidades de carbono menor que los de Canadá y Estados Unidos, y que el Desafío 2030 no cuenta aún con el reconocimiento institucional de México, se recomienda que este adopte la meta más audaz posible en materia de edificaciones neutras en carbono.

##### **5.4.2 Llevar a cabo ejercicios de modelación y establecer metas para otros parámetros ambientales.**

Tomando en cuenta la importancia crucial de otros desafíos ambientales además del de la energía y el cambio climático, recomienda la realización de ejercicios de modelación similares al presentado en los documentos de referencia de la CCA sobre las reducciones de gases de invernadero asociadas con la edificación sustentable, a fin de establecer metas audaces pero técnicamente viables para otros parámetros ambientales, por ejemplo: agua, conversión de suelo, uso de materiales respetuosos del medio ambiente, energía incorporada y concentraciones de residuos. Estas metas deberán orientarse a:

- Satisfacer las necesidades de agua en el marco de la capacidad de las cuencas hídricas locales; maximizar la renovación urbana y el desarrollo de terrenos contaminados y reducir al mínimo la conversión de suelo agrícola o no desarrollado; asegurar que los materiales no renovables sean cien por ciento reciclados; minimizar la energía incorporada en los edificios, y eliminar las emisiones de sustancias tóxicas al aire, el agua y el suelo.

### **5.4.3 Monitorear el desempeño para apoyar la mejora continua**

Recomienda que los gobiernos nacionales y estatales o provinciales pongan en práctica protocolos de monitoreo y de análisis para dar seguimiento a los avances en el logro de las metas establecidas y recopilar información que ayude a la mejora continua en la formulación e instrumentación de políticas, incluidos los cambios necesarios en las metas, las políticas y los enfoques normativos. Los resultados del monitoreo deberán contribuir también a fortalecer las bases del análisis de ciclo de vida y de costo de la edificación.

## **5.5 Impulso de la edificación sustentable en México**

En México, las presiones del crecimiento urbano, las necesidades de vivienda, las estrategias de responsabilidad social corporativa y ciertos desarrollos turísticos han contribuido a despertar un mayor interés en la edificación sustentable. Aunque muchos edificios y viviendas ya incorporan prácticas de edificación sustentable como eficiencia energética y conservación del agua, no sucede lo mismo, en su mayoría, respecto de los factores de impulso institucionales generalizados que existen ya en Canadá y Estados Unidos.

México enfrenta enormes presiones de crecimiento urbano. Durante los últimos 25 años, la Ciudad de México ha recibido un flujo de 4.7 millones de personas, en comparación con 1.9 millones en Toronto o 0.5 millones en Houston. Otras ciudades grandes ubicadas a lo largo de la frontera Estados Unidos-México, en particular del lado mexicano, experimentan un crecimiento relativo de la población aún mayor. Por ejemplo, Tijuana triplicó su población entre 1980 y 2005, mientras que San Diego sólo creció 45 por ciento en el mismo periodo. En Canadá, ciudades como Toronto y Vancouver, donde la inmigración es el factor que impulsa el crecimiento, observan un aumento en la población de más de 50 por ciento desde 1986.

En México, con un ingreso por habitante y un producto interno bruto (PIB) sustancialmente menores que los de Estados Unidos o Canadá, el acelerado crecimiento demográfico en las zonas urbanas ha generado grandes necesidades de vivienda e infraestructura.

Se prevé que el número de familias se duplique para 2030. El gobierno se ha fijado la meta de proveer un millón de nuevas unidades habitacionales por año para 2010 y continuar a ese ritmo hacia 2030. Este extraordinario crecimiento ejercerá presiones enormes en la infraestructura y los servicios urbanos, en particular en las zonas calurosas y áridas de la costa y el norte, donde una porción significativa del nuevo crecimiento tendrá lugar.

La disponibilidad del agua es un asunto de seguridad nacional. Ochenta por ciento de la población del país vive en ambientes cálidos y secos. Más de 20 por ciento de las unidades habitacionales carece de conexión con los sistemas municipales de drenaje y casi 15 por ciento adolece de agua corriente. Se calcula que el país recibe 3,845 metros cúbicos de agua por habitante al año, 35 lo que es inferior al umbral de 5,000 litros cúbicos por habitante que la Organización Mundial de la Salud considera "bajo". El gobierno está respondiendo por medio de varias iniciativas para fomentar la adopción de principios sustentables en el sector de vivienda, en particular, en desarrollos habitacionales con la participación del gobierno. La Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) de México ha estado documentando prácticas sustentables y trabaja en la definición de criterios e instrumentos regulativos a fin de que las edificaciones residenciales reciban subsidios

oficiales para incorporar tecnologías de conservación del agua y energía (por ejemplo, aislamiento térmico y alumbrado eficiente), así como el uso de energía solar para el agua caliente y la generación eléctrica *in situ*. El Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) —importante fondo para vivienda sustentado por contribuciones obligatorias de patrones y empleados— ha creado un programa de “hipotecas verdes” (Crédito Infonavit para Vivienda Ecológica) que aumentará los montos de los créditos disponibles para adquisición y otorgará periodos de financiamiento más extensos para las viviendas que integren elementos con ventaja ambiental. Un ejemplo del tipo de construcción que el gobierno está tratando de promover es la “casa ecológica” construida en Ciudad Juárez en 2000 (Capítulo 4.5)

Estas estrategias están siendo ya consideradas en desarrollos de gran envergadura como Valle las Palmas en la ciudad de Tijuana, Baja California, donde se construirán casi diez mil viviendas para familias de bajos ingresos en la siguiente década.

La Ciudad de México, a su vez, está considerando actualmente una normatividad en materia de edificación sustentable, la primera en su género en todo el país. Este instrumento permitiría a los promotores inmobiliarios aumentar su capacidad de edificación entre 140 y 210 por ciento en un sitio, siempre que apliquen tecnologías eficientes de consumo de energía y agua, según el Proyecto de Norma de Ordenación General para la Producción de Vivienda Sustentable de Interés Social y Popular, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Distrito Federal. Además, funcionarios tanto municipales como estatales y federales han manifestado su interés en el establecimiento de sistemas de edificación sustentable para México.

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) comenzó a trabajar recientemente en la instrumentación de un programa de calentadores solares de agua; tal iniciativa, junto con el establecimiento de lineamientos de sustentabilidad para las adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público, sin duda coadyuvará al fomento de una edificación más eficiente.

La industria turística, por su parte, tiene gran potencial para la introducción de numerosos productos con ventaja ambiental y la consolidación de los mercados para la edificación sustentable. De acuerdo con estadísticas de la Secretaría de Turismo (Sectur), México recibió 21.35 millones de visitantes internacionales en 2006. Los ingresos generados por estos turistas alcanzaron una marca histórica de 12,180 millones de dólares. El destino turístico Bahía de Loreto, actualmente en desarrollo, se propone generar más energía a partir de recursos renovables de la que consume; recolectar o producir más agua potable de la que usa, y crear más biodiversidad, biomasa y hábitat de los que había en el lugar antes de que se iniciara su desarrollo. Sin embargo, a algunos observadores les preocupa el hecho de que en ciertas regiones de México esté aumentando considerablemente el número de casas para vacaciones y desarrollos turísticos orientados a clientes de Estados Unidos, Canadá y otros lugares, quienes seguramente buscarán inmuebles con aire acondicionado y otras características que pueden incrementar la demanda de energía.

### **5.5.2 Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS)**

El Grupo de Promoción y Evaluación de Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (GPEDUIS), se ha ido consolidando desde su creación, con la participación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la SEDESOL, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Economía (SE), la CONAVI, el Infonavit, FOVISSSTE,

Banobras, el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), PROMEXICO y SHF. Este grupo determino una Política Publica que fomenta el Desarrollo Urbano Integral Sustentable (DUIS) para:

1. Definir el crecimiento ordenado de las ciudades.
2. Aprovechar el suelo intra-urbano y promover la verticalidad.
3. Generar más vivienda con infraestructura, servicios y transporte suficiente, mejorando la calidad de vida de las familias.

A lo largo del ultimo año, el GPEDUIS trabajo en cinco Líneas de Acción con apoyo de recursos del FONADIN y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID):

**Primera línea de acción:** elaboración de fichas técnicas de metodología DUIS, de criterios de evaluación bajo la óptica de cuatro ámbitos: Regional, Urbano, de Barrio y Arquitectónico. Los DUIS consideran, entre otras cosas:

- Empleo de energías alternativas, eco tecnologías, arquitectura bioclimática, manejo y reutilización de agua, manejo y aprovechamiento de residuos sólidos.
- Espacios públicos con más y mejores áreas verdes, zonas culturales, deportivas, recreativas, que promuevan la integración vecinal, conforme al Artículo 73 de la Ley de Vivienda.
- Conectividad a servicios y fuentes de trabajo mediante trenes ligeros, metro, ciclo vías y al sistema de ciudades.
- Movilidad sustentable a base de ciclo vías, tren ligero y andadores peatonales.
- Consolidación de nuevos polos de desarrollo con vocaciones y equipamientos, que impulsen fuentes de trabajo, comercio y servicios.
- Fortalecimiento del tejido social mediante la mezcla de vivienda social, económica, media y residencial preponderantemente vertical, cercana a fuentes de empleo y servicios.

**Segunda Línea de Acción:** definición de una canasta de incentivos por parte del Gobierno Federal que incorpora: asistencia técnica en materia de transporte, residuos sólidos, desarrollo urbano, sustentabilidad ambiental, atraer empresas para generación de empleo e industria, subsidios para adquisición de vivienda, financiamiento y/o garantías para infraestructura y servicios públicos, esquemas de financiamiento a la producción de vivienda e hipotecas para la adquisición de vivienda, entre otros.

**Tercera Línea de Acción:** creación de un proceso automatizado de evaluación a través de Internet ([www.duis.org.mx](http://www.duis.org.mx)) y derrama del conocimiento DUIS, para evaluar proyectos potenciales de DUIS y darle seguimiento a los mismos por parte de la federación, los gobiernos estatales, municipales y la ciudadanía en general. Asimismo, se están llevando a cabo con la UNAM, y diversas universidades privadas, cursos de certificación de DUIS para los actores relevantes. Esta línea de acción es importante porque el día de hoy se evalúa 17 proyectos potenciales DUIS en 11 estados Del país, que representan:

- 800 mil viviendas.
- 3 millones 250 mil de personas beneficiadas.
- Superficie de 20 mil 500 hectáreas.
- Inversión \$275 mil millones de pesos.

**Cuarta Línea de Acción:** priorización a proyectos de re densificación. En GPEDUIS, se considera que el uso más inteligente del suelo es el interurbano, para lo cual se ha promovido con gobiernos locales la regeneración urbana, a través de programas de rescate de áreas que, por el paso del tiempo y cambios de uso de suelo, han quedado inmersas en la ciudad, con suficiente infraestructura y servicios, pero desaprovechados. Se encuentran en proceso de revisión el Proyecto de Rehabilitación del Centro Histórico de Puebla y de Mérida, asimismo se aprobó un proyecto interurbano en los Municipios de Guadalajara y Tlaquepaque.

**Quinta Línea de Acción:** estudio de vocaciones y equipamientos: se comenzó un estudio con los DUIS certificados para determinar la vocación propia del DUIS, que deberá generar competitividad y fuentes de empleo a nivel regional y urbano. A través de estos estudios, se identificarán parámetros relacionados con recursos naturales, poblacionales, productivos, económicos, y de normatividad, mismos que serán integrados en la Metodología DUIS.

Asimismo, una vez identificada la vocación, se determinará el equipamiento público-privado que deberá desarrollarse de manera compatible con la vocación del DUIS: transporte público, educación, cultura, salud y asistencia social, industria, comercio y abasto, oficinas de la administración pública, recreación y deporte.

#### **DUIS Certificados**

Al día de hoy son cinco los DUIS certificados, lo que representa:

- 254 mil 500 viviendas aproximadamente.
- Un millón 20 mil 500 personas beneficiadas.
- Superficie de 7 mil 470 hectáreas.
- Inversión estimada de \$54 mil millones de pesos.

Asimismo, GPEDUIS trabaja con los gobernadores de Campeche, Guanajuato, Puebla, Durango, Oaxaca y Aguascalientes, para determinar la factibilidad de sus propuestas de DUIS.

Los DUIS aprobados al mes de septiembre del 2011 son:

1. **Valle de San Pedro:** ubicado al suroeste de Tijuana, B.C., en una superficie de 5 mil 859 hectáreas, para 180 mil viviendas y 700 mil habitantes. Con la autorización de su Plan Parcial de Desarrollo, este DUIS contribuirá al desarrollo ordenado de esta región durante los próximos 20 años.
2. **El Rehilete:** proyecto DUIS de tipo suelo servido, cuyo propósito es ofrecer macro-lotes con infraestructura y servicios a medianos y pequeños desarrolladores. “El Rehilete” está ubicado en Villagrán, Guanajuato, con capacidad para 11 mil 688 viviendas para 47 mil 400 habitantes en 158 hectáreas.
3. **Puerta de Ansa:** localizado al noreste de Nogales, Sonora, con seis kilómetros de colindancia con Arizona, en la frontera con Estados Unidos. El Plan de Desarrollo Urbano contempla usos de suelo para desarrollar industria, comercio, equipamiento de salud, educación y por supuesto vivienda. El proyecto tiene capacidad para 28 mil 700 viviendas, para 114 mil 800 habitantes en mil 32 hectáreas.

4. **El Cielo:** ubicado en el Municipio del Centro, Tabasco, dentro de la Zona Metropolitana de Villahermosa, colindante con el corredor industrial y comercial al sur de la ciudad. Cuenta ya con la primera etapa de la Universidad Politécnica de Centro, misma que inicio actividades en enero de 2010. Con capacidad para 30 mil viviendas, para 120 mil habitantes en 340 hectáreas. Para este proyecto se hizo un estudio hidrológico a fin de que se respeten los escurrimientos naturales del agua y no se inunden las viviendas y los equipamientos.

5. **Terralta:** primer DUIS interurbano certificado, ubicado en el corazón de la Zona Metropolitana de Guadalajara, con una ubicación privilegiada con relación al Tren Liger (mil metros) y al Microbús (800 metros). Terralta contara con una capacidad para 4 mil 800 viviendas que beneficiaran a 20 mil habitantes, en 74 hectáreas. El proyecto tendrá un impacto positivo en la integración social de colonias aledañas, al tener más equipamiento e infraestructura.

### **5.5.3 Programa específico de desarrollo habitacional sustentable ante el cambio climático**

Para lograr la sustentabilidad integral en el sector habitacional existen retos vigentes, entre ellos: la ubicación de los grandes desarrollos habitacionales, el aumento en la densidad media de las ciudades –a través del aprovechamiento de los espacios vacantes, subutilizados o en desuso y de una mayor densidad en los nuevos desarrollos–, así como el análisis y las estrategias para la contención de la expansión urbana. Sin embargo, como se menciona en el *EAVM 2010*, la ciudad dispersa prevalece como modelo de crecimiento urbano en nuestro país. De acuerdo con estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de la SEDESOL, el ritmo de expansión urbana de nuestras ciudades alcanzo –en los últimos 30 años–, las 50 hectáreas diarias. Esta expansión tiene enormes consecuencias económicas, sociales y ambientales. En primer lugar, aumenta la necesidad de movilidad y todo lo que ello implica: la demanda de transporte motorizado, el aumento en el consumo de combustible fósil y la emisión de gases de efecto invernadero; en segundo lugar, incrementa el gasto de los hogares destinado a transporte para acceder a empleo y servicios y, finalmente, el aumento en la presión financiera a nivel municipal porque el crecimiento disperso de la ciudad hace más costoso el mantenimiento de la infraestructura y la provisión de servicios públicos, incluida la seguridad pública; además de ser un modelo sumamente ineficiente en términos de personal, equipo y consumo de energía.

En materia de transporte urbano, se han tenido avances importantes a través de estrategias y apoyos de la SEDESOL, con acciones de promoción, capacitación y asistencia técnica en materia de proyectos de modernización de transporte público en ciudades mayores a 100 mil habitantes. Destaca la promoción para el desarrollo de sistemas de autobuses de carril confinado (*Bus Rapid Transit*, BRT), medidas de ahorro en el consumo de diésel y gasolina, incorporación de empresas –de transporte y de carga– a programas que promuevan la eficiencia energética, así como el uso de la bicicleta y otras modalidades no motorizadas de movilidad. Desde el 2006, 36 ciudades mayores a 100 mil habitantes han recibido capacitación, entre ellas se encuentran Acapulco, Culiacan, Merida, Ensenada, Aguascalientes, Puebla, Tuxtla Gutierrez, Hermosillo, Salamanca, Tepic y Zacatecas.

En materia de manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos, se han obtenido importantes resultados de mitigación en el marco del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012. Durante 2010, el aprovechamiento o quema de metano en los rellenos sanitarios reportados

por la SEDESOL permitió una reducción de 1.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes que, sumado a lo acumulado desde 2009, ha permitido reducir un total de 2.26 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, provenientes de los rellenos sanitarios de Aguascalientes, Ciudad Juárez, Durango, Monterrey, Temixco, Merida y Cancun. En los próximos años se incorporaran rellenos sanitarios en ciudades como Puebla, Leon, Culiacan, Nuevo Laredo y Querétaro, sumándose así a la reducción de emisiones contempladas en el PECC para el año 2012.

Respecto a la reducción de emisiones en el medio rural, la SEDESOL ha participado activamente en la sustitución de fogones abiertos por estufas ecológicas. Desde 2008 se han instalado 298 mil 539 estufas en igual número de viviendas rurales en zonas de vocación forestal y sobre todo de muy alta marginación. Ello representa un avance del 59.7 % de la meta de la SEDESOL formulada en el PECC 2009-2012. El programa contempla 105 objetivos y 294 metas, cuyas políticas públicas abarcan: Estado de Derecho y seguridad, economía competitiva y generadora de empleos, igualdad de oportunidades, sustentabilidad ambiental, democracia efectiva y política exterior responsable; a su vez, estas políticas implican cuatro componentes fundamentales –visión de largo plazo, mitigación, adaptación y política transversal–, cuya finalidad es impulsar el desarrollo sustentable, la seguridad energética, los procesos productivos limpios, competitivos y eficientes, y la preservación de los recursos naturales.

#### **5.5.4 Programas para una Vivienda ecológica**

##### **Hipoteca Verde del Infonavit**

Hipoteca Verde es una estrategia integral que surge de la necesidad de ofrecer a los acreditados del Infonavit una mejor calidad de vida, al impulsar el desarrollo de viviendas sustentables. Hasta 2010 este producto se había concentrado en la compra de viviendas nuevas, edificadas por empresas desarrolladoras y constructoras y adquiridas con crédito directo del Instituto, con o sin apoyo del subsidio federal del programa “Esta es tu casa”. Sin embargo, derivado de los resultados obtenidos y los beneficios comprobados, los Órganos de Gobierno del Infonavit aprobaron el nuevo esquema de vivienda verde, con el objetivo de extender los beneficios a todos los acreditados que adquieran una vivienda a partir de 2011, y de lograr mayor impacto en la transformación cultural sustentable, así como en el cuidado y respeto del medio ambiente. La incorporación de eco tecnologías en las viviendas será obligatoria cuando se financien con créditos otorgados por el Instituto en línea II, III y IV (vivienda nueva o usada, construcción en terreno propio, remodelación y ampliación) con garantía hipotecaria, conforme las consideraciones siguientes:

- La vivienda deberá incorporar una combinación flexible de eco tecnologías, cuya medición de eficiencia en consumo de agua o energía haya sido certificada por los organismos autorizados por las autoridades regulatorias competentes.
- Las eco tecnologías que se incorporen a la vivienda podrán ser elegidas por el derechohabiente entre aquellas que hayan sido validadas y de acuerdo con los ahorros medidos por una entidad independiente reconocida.
- Las eco tecnologías que se incorporen en la vivienda deberán garantizar un ahorro mínimo progresivo ligado al nivel de ingreso del trabajador, conforme a la Tabla 5.1: El Instituto garantiza la disponibilidad de recursos para que, a partir del 2011, todos sus derechohabientes puedan acceder a la Hipoteca Verde. Entre los principales beneficios de este nuevo esquema se encuentra la flexibilidad con la que opera y el marco de cooperación internacional en el que actúa.

Anteriormente, había un paquete de eco tecnologías establecidas por zona bioclimática. En este nuevo esquema, desarrolladores y acreditados pueden escoger las que mejor se adapten a las necesidades de ahorro. Asimismo, se cuenta con la actualización ágil y permanente del catálogo de eco tecnologías participantes en el programa y, al mismo tiempo, se hace más transparente su selección. Para asegurar la proveeduría de eco tecnologías en la vivienda usada y en la nueva –que no se inscribe en el Registro Único de Vivienda, cuando no se cuente con ellas al momento de la formalización del crédito– el Infonavit firma, desde el 29 de marzo de 2011, convenios con proveedores y distribuidores nacionales, regionales y/o locales. La lista de participantes se publica en la página de Internet del Infonavit.

Ingreso	Ahorro mínimo (pesos)	Monto máximo de crédito
De 1 a 6.99 VSM	215	Hasta 10 VSM (18,185 pesos)
De 7 a 10.99 VSM	290	Hasta 15 VSM (27,277 pesos)
De 11 VSM en adelante	400	Hasta 20 VSM (36,370 pesos)

Tabla 5.1 Hipoteca Verde Fuente Infonavit

Respecto a la participación internacional en el proyecto, cabe señalar que el Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente (BMU) –instancia que cuenta con fondos para la *Iniciativa internacional de protección del clima*, que tiene por objeto fomentar acciones que promuevan la reducción de emisiones en gases efecto invernadero en países emergentes y en desarrollo y que a su vez son ejercidos por la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ)– firmo un convenio de colaboración con el Infonavit, en mayo de 2010, mediante el cual la Agencia GTZ otorga un subsidio total por 2.5 millones de euros, que deberá ejercerse de 2010 a 2012 para la Hipoteca Verde, a través del programa “25 mil techos solares”, creado a partir de la firma del instrumento citado. Este convenio incentivara el uso de calentadores solares a través de un subsidio de hasta \$2 mil 100 pesos, aproximadamente, por cada acreditado que adquiriera una vivienda con calentador solar, lo que beneficiara a 25 mil acreditados del Instituto al reducirles el costo a pagar por esta eco tecnología. Asimismo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) reconoció al programa Hipoteca Verde del Infonavit, como uno de los ganadores de los Premios *Beyond Banking* 2010. El objetivo del premio es reconocer a los proyectos de sustentabilidad ambiental, social y de gobierno corporativo, instrumentados por intermediarios financieros en América Latina y el Caribe. Por otro lado, la Agencia Federal Independiente de Estados Unidos, que planifica y administra ayuda humanitaria, se encuentra otorgando fondos económicos para la implementación del Laboratorio Practico Infonavit, mientras que el Ministerio de Medio Ambiente de Canadá aporta fondos y asesoría para proyectos de viviendas “Hacia Net Zero”,<sup>41</sup> en coordinación con la CONAVI y la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEEEE).

### Acciones sustentables del FOVISSSTE

A partir de 2013, los créditos que otorgue el FOVISSSTE estarán dirigidos a viviendas que cumplan requisitos de sustentabilidad, en armonía con el cuidado del medio ambiente y se consolidara como un importante motor de impulso a la industria de la construcción. Los objetivos básicos para

2011 son los siguientes: Contribuir a la creación de medio millón de empleos en todo el país; propiciar la construcción y adquisición de viviendas en ciudades competitivas –que incrementen su valor en el tiempo– y el uso responsable de recursos y la preservación del entorno natural. Al día de hoy, existen algunos productos que ya se vinculan con criterios de sustentabilidad y se busca que próximamente todos los que ofrece el fondo los incorporen también, entre ellos:

- *Análisis del sitio*: condición legal del predio (evitar zonas de riesgo), infraestructura básica, agua potable y drenaje, ubicación y servicios.
- *Uso eficiente del agua*: inodoro y regadera con grado ecológico otorgado por la CONAGUA, válvulas de seccionamiento para lavabos, inodoros, fregaderos, calentador, tinaco y cisterna; prueba hidrostática en instalación intradomiciliaria, toma domiciliaria y medidor de flujo de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- *Uso eficiente de la energía*: lámparas fluorescentes, material aislante en techo y muros en regiones específicas; uso de materiales locales para aislar o texturas de acuerdo a la región bioclimática y al tipo de losa; sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar en algunas regiones, uso eficiente del gas por medio de calentador de paso.
- *Manejo adecuado de los residuos*: separación de basura al interior de la vivienda y en el conjunto y manejo de residuos durante la obra.

#### **5.5.5 Resultados y compromisos derivados de la CO P16**

México ha orientado sus esfuerzos para mitigar el impacto del cambio climático sobre el desarrollo social, el crecimiento económico y el medio ambiente. Las estrategias que ha trazado en relación al tema, se definen en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, arriba mencionado, el cual se contempla dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012.

#### **COP16: Suma de esfuerzos y muestra de resultados**

- Combate al cambio climático mediante políticas públicas en México

El 29 de noviembre de 2010, en Cancun, Quintana Roo, se inauguró la 16a edición de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la 6a Conferencia de los países miembros, actuando como Reunión de las Partes del Protocolo de Kyoto (COP16/CMP6). En ellas, se estableció una serie de compromisos con diversos países, orientada a frenar las emisiones contaminantes e instituir un plan de desarrollo sustentable, además de lograr acuerdos para reducir las emisiones de carbono. Durante 11 días se trataron temas como la reducción de emisiones contaminantes por deforestación y degradación forestal en países desarrollados y en vías de desarrollo; adaptación, tecnología y financiamiento, y vivienda sustentable, entre otros. Bajo este panorama, México asume el compromiso de reducir 50 % sus emisiones de gases de efecto invernadero hacia 2050 con relación al año 2000. La participación coordinada del Gobierno Federal, la iniciativa privada y la sociedad son indispensables para alcanzar estas metas y, así, aminorar los problemas que el cambio climático ha planteado para los siguientes años. Los acuerdos alcanzados estuvieron enfocados hacia diversos segmentos como el financiamiento, la investigación, la tecnología, el desarrollo económico de bajo carbono, la eficiencia energética, la reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques, así como el desarrollo de vivienda sustentable. En materia de financiamiento, México propuso la creación de un Fondo Verde por \$28 mil millones de dólares (mdd) para 2012, conformado con las

aportaciones de los países desarrollados. La meta es aumentarlo a \$100 mil mdd a partir de 2020, con los que se financiarán los proyectos y las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. En cuanto a tecnología verde se estableció una inversión superior a los \$6 mil 200 millones de dólares y, en relación con la investigación, se acordó instaurar el Centro Regional de Investigación y Desarrollo en México. Dentro de los avances se incluyó también la vivienda sustentable. México anunció que, a partir del 2011, todos los créditos que destine a través del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) y subsidios de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) serán orientados a la vivienda sustentable, con lo cual se proyecta que todas las casas estén equipadas con eco tecnologías que contribuyan al ahorro de energía eléctrica, gas y agua, generando así un entorno sustentable. En 2010, en el marco de la Alianza México - Canadá, se inició el proyecto piloto de Viviendas Cero Energía, que impulsan el uso eficiente de recursos a partir de una mayor eficiencia térmica en su diseño y construcción, hasta la implementación de avanzados sistemas de telemetría, sistemas fotovoltaicos de alta generación de energía, a través de celdas solares en las viviendas.

### **Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMA): Necesarios más “recursos verdes”**

En la COP15, México asumió el desarrollo NAMA42 como medio para apoyar los objetivos establecidos en el Programa Especial de Cambio Climático. El programa, denominado “Medidas Nacionalmente Apropriadas para la Eficiencia Energética en el Sector Vivienda en México”, es un mecanismo a través del cual se apoya la creación de un marco general que permita generar las políticas necesarias para mitigar los efectos del cambio climático en nuestro país. Mediante el programa NAMA, México podrá obtener fondos para impulsar la sustentabilidad habitacional.

Entre los compromisos establecidos que registraran avances a corto, mediano y largo plazo, se encuentran:

- Fortalecimiento de mecanismos de desarrollo limpio, proyectos de reducción de emisiones, proyectos de países en desarrollo contra el cambio climático.
- Programa para Reducir Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+), que transmite recursos a comunidades dedicadas a la conservación de bosques, con recompensas e incentivos para acciones exitosas.
- La Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) otorgó, en el mes de julio de 2011, un financiamiento al gobierno mexicano por €300 millones de euros para impulsar estrategias de “desarrollo verde y solidario”.
- Nueva Norma Oficial Mexicana (NOM) para eliminar del mercado nacional, los focos incandescentes sustituyéndolos por focos eficientes, ahorradores de energía.
- Avances en: elaboración de Atlas de Riesgos, Estudio de Ciudades Competitivas Bajas en Carbono y DUIS.
- Convenio entre el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Universidad de Ehime, en Japón, para el monitoreo de los principales contaminantes del aire en México, Monterrey y Guadalajara, con el fin de mejorar las políticas y programas de control de la contaminación en estas urbes. Al mes de marzo del 2011 se registraban los siguientes avances:
  - Sobre el desarrollo de Planes Estatales de Acción Climática, la meta prevista para 2012 es que las 32 entidades del país cuenten con sus respectivos estudios. En marzo se registraban 22 planes terminados.
  - En referencia al Programa Especial de Cambio Climático, la SEMARNAT reportó –al cierre de

2010–, una reducción de 22.0 MtCO<sub>2</sub> e/año.<sup>43</sup> En marzo de 2011 reporto un avance de 43.4 % respecto a la meta de 2012, de mitigar 50.7 Mt-CO<sub>2</sub>e/año.

## Hallazgos y retos

- La SEDESOL ha trabajado durante los últimos meses, conjuntamente con el Senado de la Republica y con la Cámara de Diputados, en una iniciativa de modificación a la Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH). Derivado de dicha labor, se proponen una diversidad de instrumentos necesarios para la gestión del desarrollo urbano y del suelo, fundamentales para promover el ordenamiento territorial y garantizar el crecimiento sustentable de las ciudades.
- Un aspecto preocupante, que se manifiesta en todas las ciudades mexicanas, es la disociación entre el crecimiento urbano y el crecimiento poblacional, que ha generado una expansión territorial desproporcionada con altos costos económicos, sociales y ambientales. Encontramos patrones de crecimiento donde el mejor escenario es un incremento de 1.96 a 1.44 veces, en un periodo de 25 años, y el peor fue que la población creció 1.53 veces y la superficie mil 607 veces.
- El Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) atiende a las personas que habitan en los municipios y en las delegaciones del Distrito Federal, susceptibles al efecto destructivo de fenómenos hidrometeorológicos y geológicos.
- Los Atlas de peligros naturales son instrumentos que deben ser considerados como base para la elaboración de un Programa de Desarrollo Urbano. Con base en este instrumento, se lograra prevenir que la población se asiente en zonas susceptibles de inundaciones, derrumbes y otros fenómenos naturales, que pongan en peligro su vida y patrimonio.
- El Grupo de Promoción y Evaluación de Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (GPEDUIS), determino una Política Publica que fomenta el Desarrollo Urbano Integral Sustentable (DUIS) para definir el crecimiento ordenado de las ciudades, aprovechar el suelo intra-urbano y promover la verticalidad, generar más vivienda con infraestructura servicios y transporte suficientes, mejorando así la calidad de vida de las familias.
- Al día de hoy son cinco los DUIS, lo que representa aproximadamente 254 mil 500 viviendas; 1 millón 20 mil 500 personas beneficiadas; una superficie de 7 mil 470 hectáreas e inversión estimada de \$54 mil millones de pesos.
- Durante 2010, el aprovechamiento o quema de metano en los rellenos sanitarios reportados por la SEDESOL permitió una reducción de 1.1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes.
- Hipoteca Verde es una estrategia integral que impulsa el desarrollo de viviendas sustentables. La incorporación de eco tecnologías en las viviendas será obligatoria cuando se financien con créditos otorgados por el Infonavit en línea II, III y IV (vivienda nueva o usada, construcción en terreno propio, remodelación y ampliación) con garantía hipotecaria.
- El Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente (BMU) firmó un convenio de colaboración con el Infonavit, mediante el cual la Agencia GTZ otorga un subsidio total por €2.5 millones de euros, que deberá ejercerse de 2010 a 2012 para la Hipoteca Verde, a través del programa “25 mil techos solares”.
- El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) reconoció al programa Hipoteca Verde del Infonavit, como uno de los ganadores de los Premios *Beyond Banking* 2010.
- La Agencia Federal Independiente de Estados Unidos otorga fondos económicos para la implementación del Laboratorio Practico Infonavit.

- El Ministerio de Medio Ambiente de Canadá aporta fondos y asesoría para proyectos de viviendas “Hacia Net Zero”, en coordinación con la CONAVI y la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE).
- A partir de este año, los créditos que otorgue el FOVISSSTE estarán dirigidos a viviendas que cumplan requisitos de sustentabilidad, en armonía con el cuidado del medio ambiente y se consolidara como un importante motor de impulso a la industria de la construcción.
- En el marco de la COP16, México asume el compromiso de reducir 50 % sus emisiones de gases de efecto invernadero hacia 2050 con relación al año 2000.
- El programa, denominado “Medidas Nacionalmente Apropriadas para la Eficiencia Energética en el Sector Vivienda en México”, es un mecanismo a través del cual se apoya la creación de un marco general, que permita generar las políticas necesarias para mitigar los efectos del cambio climático en nuestro país.
- La Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) otorgo, en el mes de julio de 2011, un financiamiento al gobierno mexicano por €300 millones de euros para impulsar estrategias de “desarrollo verde y solidario”.
- Sobre el desarrollo de Planes Estatales de Acción Climática, la meta prevista para 2012 es que las 32 entidades del país cuenten con sus respectivos estudios. En marzo de 2011 se registraban 22 planes terminados.

## **5.6 Obstáculos para la edificación sustentable**

A pesar del impulso que actualmente se está dando a la edificación sustentable, hay obstáculos que impiden el crecimiento de la edificación sustentable y originan un sesgo a depender de enfoques tendenciales. En México, a estas barreras se suma la falta de reglamentos y códigos de construcción, herramientas de planeación urbana y sistemas de clasificación de edificios sustentables consensuados y de aceptación generalizada. A continuación se describen algunos de los obstáculos identificados.

### **5.6.1 Separación de presupuestos de capital y de operación**

Muchos gobiernos de las esferas federal, estatal y local, así como instituciones públicas y privadas, asignan fondos para la adquisición de bienes raíces independientemente de los fondos para operaciones inmobiliarias. Esta separación genera una situación contable en la que los ahorros obtenidos en la operación de los edificios sustentables no se consideran para compensar los costos inicialmente más altos de su construcción. Entender el costo por ciclo de vida de un edificio sigue siendo un gran desafío. Por lo general, el costo inicial de edificación de un inmueble sólo representa de 20 a 30 por ciento de los costos totales durante su ciclo de vida útil, lo que subraya la necesidad de considerar no sólo el costo inicial del edificio, sino también los costos de su operación año con año. Asimismo, los dueños de propiedades de inversión normalmente evalúan los costos de operación y construcción durante un periodo de posesión de diez años o menos.

### **5.6.2 Incentivos divididos**

Con frecuencia, quienes pagan la factura y quienes reciben los beneficios no son los mismos. Quizás a un promotor inmobiliario no le interese pagar por características o elementos con ventaja ambiental que se transferirán a los nuevos propietarios o inquilinos a menos, desde luego, que

pueda recuperar el costo adicional de los elementos con ventaja ambiental a través del precio de venta o de los ingresos percibidos por concepto del proyecto.

El problema de los incentivos divididos resulta particularmente evidente en el caso de viviendas y condominios nuevos, y para edificios comerciales no ocupados por los propietarios, en que, debido a las altas tasas de cambio de arrendatarios, los propietarios suelen buscar periodos cortos de recuperación respecto de las inversiones en ahorro de energía.

### **5.6.3 Mayor costo inicial, percibido o real**

El mayor costo inicial percibido, o real, de muchas estrategias y tecnologías de edificación sustentable representa un importante desincentivo. Los resultados de una encuesta dada a conocer en agosto de 2007 por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible señalan que los principales actores de la industria inmobiliaria pensaban que los costos de la edificación sustentable eran 17 por ciento superiores a los de la edificación convencional, es decir, más del triple de lo calculado por los autores del estudio, quienes encontraron que en realidad la diferencia es de sólo cinco por ciento. Los investigadores entrevistaron a 1,423 personas en Japón, China, Brasil, Estados Unidos, España, Francia y Alemania, según la publicación *The True Cost of Green Building*, Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible. Otro importante obstáculo relacionado con el costo es la incertidumbre que sienten los promotores inmobiliarios, profesionales de los bienes raíces e inversionistas de capital respecto a la edificación sustentable. Los promotores inmobiliarios y otros responsables de la toma de decisiones pueden tener toda una lista de contratistas, subcontratistas, materiales y proveedores de servicios para la edificación o el reacondicionamiento tradicionales; al cambiar a la edificación sustentable, podrían requerir nuevos proveedores de servicios y de materiales, y la instrumentación de un proceso de diseño integrado a fin de construir de manera sustentable a un costo comparable.

### **5.6.4 Riesgo e incertidumbre**

Aunque las inversiones y el interés en la edificación sustentable están creciendo rápidamente, por razones diversas y complejas el argumento financiero en defensa de la edificación sustentable aún no se arraiga firmemente en la comunidad de bienes raíces y desarrollo inmobiliario. En la publicación, *Hacia un financiamiento de la edificación sustentable y la consolidación de los mercados: Reseña del financiamiento de la edificación sustentable en Estados Unidos*, se señala la presencia de los siguientes riesgos percibidos en la comunidad inmobiliaria respecto a los edificios sustentables:

- Incertidumbre respecto a la confiabilidad en las tecnologías de edificación sustentable.
- Incertidumbre respecto a los costos de desarrollos inmobiliarios sustentables.
- Incertidumbre respecto a los beneficios económicos de los bienes raíces sustentables.
- Incertidumbre respecto al desempeño de los edificios sustentables con el paso del tiempo.

Por otro lado, el autor observa que en Estados Unidos, aunque empieza ya a destinarse capital a la inversión inmobiliaria comercial respetuosa del medio ambiente, “muchos promotores de proyectos de edificación sustentable señalan que entidades crediticias e inversionistas aún se muestran reacios a reconocer que los ahorros en costos de energía o el atractivo para el

consumidor constituyen un valor adicional de la inversión en características con ventaja ambiental”.

De manera similar, muchas entidades crediticias e inversionistas que realizan operaciones con inmuebles comerciales consideran que “dan palos de ciego” cuando se les solicita calcular el valor de proyectos inmobiliarios comerciales sustentables, dada la falta de directrices específicas para créditos e inversiones en edificación sustentable.

### **5.6.5 Falta de trabajadores con experiencia**

Un impedimento citado reiteradamente por muchos durante las consultas del Secretariado sobre edificación sustentable, pero escasamente analizado en la bibliografía y la investigación, es que la rápida expansión industrial amenaza con complicar el problema de la falta de trabajadores con experiencia, aumentando con ello el riesgo de que proveedores de servicios sin experiencia o capacitación entren en el mercado de la edificación sustentable en busca de una ganancia adicional por sus servicios.

### **5.6.6 Falta de coordinación y coherencia en las políticas gubernamentales que inciden en la edificación.**

En el documento *Estrategias institucionales para impulsar la edificación sustentable: enfoques en Estados Unidos y Canadá*, se examina la forma en que la falta de coordinación y coherencia en las políticas de gobierno puede constituir una barrera para la edificación sustentable. Por ejemplo, los códigos de construcción pueden dificultar el uso de materiales de edificación alternativos y estrategias de diseño innovadoras; exigir involuntariamente prácticas dañinas para el medio ambiente, y no estipular prácticas con ventaja ambiental. En cuanto a incentivos financieros, Canadá carece de una ley federal integral destinada a los individuos, como la Ley de Política Energética de Estados Unidos, y las iniciativas provinciales no siempre están bien coordinadas. En Ontario, por ejemplo, no se permite que los municipios impongan requisito alguno de desempeño por encima de los establecidos en el Código de Construcción de la provincia.

### **5.6.7 Falta de inversiones en investigación**

De acuerdo con un informe reciente, en Estados Unidos el financiamiento para la investigación relativa a prácticas de edificación sustentable ascendió, en promedio, a 193 millones de dólares anuales de 2002 a 2005. Esto representa apenas 0.02 por ciento del valor anual estimado de la construcción en ese país, y 0.2 por ciento de toda la investigación federal según la USGBC, Green Building Research Funding. Los avances en la investigación sobre edificación sustentable pueden generar ahorros importantes para el consumidor y un sólido rendimiento de las inversiones. La Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos identificó varios casos de un notable rendimiento de la inversión relacionados con elementos de la edificación sustentable. Por ejemplo, la inversión de 4 millones de dólares del Departamento de Energía (*Department of Energy, DOE*) en el desarrollo de vidrios de baja emisividad generó un ahorro acumulado en costos para el consumidor de 8,000 millones hasta 2000. Asimismo, el DOE invirtió 6 millones en balastos electrónicos para iluminación fluorescente, con lo que los consumidores obtuvieron un ahorro acumulado de 15,000 millones hasta 2000 según National Academy of Sciences, 2001, Energy Research at DOE: Was it Worth It? Energy Efficiency and Fossil Fuel Research, 1978-2000

### 5.6.8 Aspectos específicos de México

En México, las iniciativas de políticas en relación con el ahorro de energía en edificios iniciaron apenas a mediados de los años noventa, cuando la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) promovió la formulación y la aplicación de normas obligatorias en materia de eficiencia energética para la iluminación y la envolvente de inmuebles no habitacionales.

En la práctica, la autoridad en reglamentos de construcción corresponde a los municipios. Sin embargo, de los 2,500 municipios del país, sólo 72 cuentan con sus propios reglamentos de construcción. Ante la falta de reglamentos locales, los municipios recurren a la reglamentación estatal. En muchas ciudades (incluso en las más grandes), no siempre se aplican cabalmente algunos aspectos de los reglamentos de construcción, como los relacionados con los sistemas de agua y electricidad, debido a su cantidad y complejidad técnica, así como a la falta de capacidad y conocimiento de los funcionarios municipales. En general, los reglamentos de construcción en México presentan una gran variabilidad temática y técnica, y aún carecen de los elementos básicos de un enfoque integral o sistemático orientado al éxito de la edificación sustentable (en particular, los relacionados con la eficiencia energética y el consumo de energía renovable). La falta de información específica sobre consumo de energía y agua en edificios ha sido un problema importante, pues tiende a dificultar más las iniciativas de políticas y el establecimiento de parámetros del desempeño de las edificaciones. Asimismo, el hecho de que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) clasifique una gran parte del consumo de electricidad de inmuebles comerciales —oficinas, hospitales, escuelas, centros comerciales, hoteles y grandes tiendas— en la categoría de industria (y así se reporte en los balances nacionales de energía), tiene como efecto una reducción significativa de la importancia del sector de la edificación comercial en los registros de consumo energético y, por consiguiente, se constituye en un obstáculo de peso para despertar interés en iniciativas específicas de políticas y certificación independiente.

Un aspecto de especial relevancia en México es lo limitado de los procesos de planeación de usos de suelo y valoración catastral, pues éstos adolecen de criterios ambientales en temas como restricciones en alturas de edificación, densidades, etc., necesarios para asegurar objetivos de edificación sustentable. Los reglamentos para viviendas sustentables se han considerado como factor de impulso, pero su adopción está aún en proyecto e inicialmente se aplicaría sólo al Distrito Federal.

Por último, otro factor es que si bien los edificios consumen electricidad, las autoridades no siempre tienen una buena comprensión de los impactos en la calidad del aire derivados de este consumo, puesto que las fuentes de generación eléctrica suelen estar fuera de sus comunidades. Sin embargo, las preocupaciones por el cambio climático, los compromisos internacionales de México y su gran dependencia de combustibles fósiles para la generación de electricidad han hecho que los responsables de la formulación de políticas cobren mayor conciencia de la importancia de los impactos energéticos y ambientales de las edificaciones.

Las conclusiones más importantes que se pueden extraer de la gestión y del desarrollo actual de los proyectos piloto son las siguientes: - Los servicios integrados energéticos son un instrumento eficaz para mejorar la calidad de implantación y planificar la calidad de la rehabilitación de edificios, así como para optimizar el mantenimiento y la gestión del funcionamiento de las instalaciones energéticas a largo plazo; - Los servicios integrados de energía son particularmente

adecuados para una modernización amplia y compleja de los edificios residenciales y permiten, en este caso, una optimización de los costes a largo plazo; - Los servicios integrados energéticos pueden contribuir a una puesta en práctica rápida de los proyectos de rehabilitación, si las empresas de la vivienda encuentran problemas en la financiación; - La actitud de la compañía promotora de viviendas con respecto a este modelo de los todavía es reservada.

Los responsables muestran una disposición muy limitada a desviarse del modelo de rehabilitación clásico con responsabilidades relacionadas con el comercio. Por otra parte, la falta de conocimientos técnicos no se percibe, o raramente se reconoce el problema de una baja calidad en la modernización; no existe un estándar de evaluación para la remuneración de la planificación y de los servicios de consultoría para realizar una invitación de oferta para los servicios integrados de la energía; - Si los gobiernos ofrecen incentivos y/o establecen normas, se podría promover una importante penetración en el mercado de los servicios integrados de la energía en el sector de la rehabilitación compleja. El punto de partida podría ser la inclusión de mecanismos para la modernización exitosa de la normativa de construcción, de las leyes o la promoción de directivas.

# Conclusiones

El uso de la energía es vital para la supervivencia humana pero a la vez es un factor que determinará nuestro futuro como especie para bien o para mal. Desde el surgimiento de la humanidad esta ha requerido de la energía para solventar sus necesidades más básicas y ha aprendido a aprovechar sus virtudes. Conforme ha pasado el tiempo ha podido mejorar su uso. Sin embargo las fuentes bastas que cubrían nuestras necesidades en el pasado han comenzado a agotarse, fuentes de origen fósil que fueron tan baratas y benéficas para impulsar el desarrollo industrial que nos proporcionó un gran confort y bienestar, ahora nos cobran la factura, mediante la modificación de nuestro ambiente y la escases de la mismas. Es en este momento se deben tomar acciones para dejar de depender de fuentes que tienen una fecha de término así como racionalizar la energía útil.

Uno de los grandes retos que enfrenta la industria energética es su impacto ambiental. En diversos foros nacionales e internacionales se manifiesta que el ahorro de energía impacta directamente en las emisiones de gases contaminantes.

El desarrollo sustentable dejó de ser una oportunidad y una elección para convertirse en una necesidad real de toda la humanidad, una necesidad que debemos solventar a corto plazo ya que de seguir la tendencia actual en consumo energético pronto agotaremos las fuentes incapaces de renovarse al paso de nuestro consumo, lo cual podría tener consecuencias catastróficas no solo ambientales sino sociales, políticas, económicas.

Pese al desabasto energético que actualmente vivimos, el crecimiento poblacional a nivel internacional continúa una tendencia incremental al igual que la demanda energética, esta tendencia exige una solución al abastecimiento energético a corto, mediano y largo plazo. Dicha solución debe incluir ajustes en cada uno de los sectores productivos y consumidores de energía y debe abordarse desde dos paradigmas, el primero es enfocados a la generación de energía mediante fuentes capaces de renovarse y el segundo es desde la perspectiva de un consumo racional y eficiente.

La vivienda es una necesidad y un derecho de cada uno de los seres humanos, sin embargo la vivienda actual ha incrementado su nivel de consumo energético, si asociamos el incremento poblacional al incremento del sector vivienda y lo relacionamos con el consumo energético de este tipo de edificios, obtenemos que el consumo energético de la vivienda está aumentando a pasos acelerados. Si bien el sector habitacional no es el que más energía consume, este consumo no es despreciable por lo que se requiere tomar medidas para reducirlo.

Los problemas energéticos se presentan en un momento en el que el avance tecnológico ha sido gigantesco y ha permitido solventar problemas de distinta índole, la tecnología actual permite implementar soluciones al abastecimiento y consumo energético de los edificios, particularmente el rubro de vivienda. Es posible obtener ahorros significativos en el consumo de energía, considerando el uso de equipo tecnología disponible y que permiten elevar la eficiencia del uso final de la energía

La investigación en materia de energías renovables demuestra que es posible el abastecimiento de las necesidades energéticas de la vivienda, mediante la implementación conjunta de tecnología para optimizar su uso. Para lo cual se deben implementar medidas diseños energéticos en las construcciones de la vivienda. Sin embargo este diseño no es una receta de cocina que se deba seguir al pie de la letra, se debe analizar cada caso según los distintos factores que intervienen como clima, localidad, coste económico, etc.

Para definir las tecnologías que se deben implementar se debe identificar las necesidades energéticas de la vivienda de mayor impacto, por ejemplo, en la zona clima cálido húmedo el acondicionamiento de aire constituye el mayor consumo de energía eléctrica, mientras que en la zona clima templado, la iluminación y el equipo de cómputo son las categorías que se destacan por su consumo.

De manera general, se reconoce que las principales áreas de oportunidad para el ahorro de energía son: el diseño de la envolvente del edificio, en conjunto con los equipos de acondicionamiento de aire y de iluminación. Para los cuales se proponen soluciones en el capítulo dos, a esto se debe sumar el auto abastecimiento energético tanto térmico como eléctrico, como pueden ser colectores solares y bombas de calor geotérmicas para el primer caso y para el segundo celdas fotovoltaicas y generadores eólicos.

Por lo anterior en el caso del edificio, generalmente nos centramos en los sistemas de climatización, iluminación y automatización de ambos junto con el sistema de distribución eléctrica.

Las modificaciones más habituales en iluminación, son las de mantener un nivel fijo de luminosidad aprovechando al máximo la aportación solar, evitar iluminar zonas no ocupadas e instalar conjuntos de bajo consumo.

En el caso de la climatización, las características del edificio marcarán mucho las implementaciones tecnologías a realizar, pero las actuaciones más habituales son: regular el caudal de aire o agua a impulsar mediante variadores de velocidad, fijar temperaturas de consigna globales permitiendo localmente una variación de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , evitar climatizar zonas desocupadas o al menos fijar temperaturas de consigna distintas a las de zona ocupada, incrementar las temperaturas en verano y disminuirlas en invierno, realizar free-cooling (aprovechamiento gratuito del frío exterior) cuando las condiciones de temperatura y humedad del exterior lo permitan, realizar mantenimiento de los filtros, etc.

Referente al sistema de automatización (domótica), hemos de ser conscientes de que éste regula instalaciones que continuamente se modifican o alteran y por tanto es básico e imprescindible hacer un mantenimiento del mismo e ir adaptándolo a las nuevas modificaciones para poder ir consiguiendo ahorros constantes o incluso cada vez superiores. De hecho, estimamos que un sistema de automatización permite un ahorro aproximado del 20% de la energía consumida y si a la vez que aplicamos mejoras en las instalaciones modificamos el sistema, este ahorro puede incrementarse hasta valores superiores al 35%.

Debemos tener en mente, que el aprovechamiento de la eficiencia energética no debe contemplarse sólo a corto plazo, ya que el 75% de los costes de un edificio durante su ciclo de vida (25 años) están relacionados con la explotación y modificación del mismo.

Aunque una reducción en el consumo energético de los edificios no implica que estos sean sustentables, los criterios que mejoren su desempeño energético contribuyen a un importante avance en materia de sustentabilidad, y a facilitar la incorporación de criterios complementarios. Con una vivienda que incorpore las características que se proponen, se logrará disminuir el consumo energético y por ende las emisiones derivadas de este. Un ejemplo claro de esto es que en los diferentes bioclimas de México los equipos de aire acondicionado en la vivienda representa el 6.4% del consumo total de energía eléctrica del sector residencial al año, lo cual genera emisiones de CO<sub>2</sub> por 975.44 mil toneladas. Si se consigue eliminar el consumo de Aire Acondicionado tendremos este ahorro lo cual es posible mediante implementación de sistemas pasivos y la utilización de bombas de calor.

Los beneficios de la implementación varían según el tipo de clima, si se considera que por cada kWh ahorrado se evita una emisión de 0.6 kg de CO<sub>2</sub> se podría impedir la emisión de CO<sub>2</sub>/ año por vivienda de:

- Clima Templado = 220.96 Kg de CO<sub>2</sub> / año
- Clima cálido seco = 624.44 Kg de CO<sub>2</sub> / año
- Clima cálido húmedo = 855 Kg de CO<sub>2</sub> / año

Sin embargo es importante garantizar el correcto funcionamiento de las tecnologías por lo cual distintas entidades se han dado a la tarea de revisar las mejores prácticas en cuanto a ahorro energético se refiere, ya que no solo en la implementación garantiza que el ahorro de energía sea constante puesto que este puede variar durante la vida útil del edificio, para eso se han implementado certificaciones como LEED que propone que para definir qué mejoras debemos implementar en las instalaciones, es básico desarrollar un primer diagnóstico de las mismas para a posteriori desarrollar un plan de auditorías centradas en los puntos determinados en el diagnóstico. De esta manera, aseguran el éxito de las actuaciones y minimizan las inversiones.

La guía de implementación propuesta propone un diseño conceptual teórico basado en arquitectura bioclimática donde considera:

- Metodología de diseño específica para un nuevo concepto de edificaciones.
- Integración de distintos métodos y herramientas en una sola metodología
- Casos de estudio que prueban disminución viabilidad y rentabilidad

Es importante tener un panorama global de la vivienda sustentable ya que existen factores no tecnológicos que pueden determinar el futuro de estas construcciones. Los factores políticos y económicos son los que se identificaron como preponderantes.

Se tiene la percepción general que la implementación de tecnologías ahorradoras de energía no son rentables, sin embargo el ahorro energético no solo tiene consecuencias en la reducción de emisiones de gases contaminantes sino que repercute directamente en la economía de los usuarios finales por lo que financiamiento de los proyectos de ahorro de energía son una inversión, económicamente atractivos, si se logra cambiar la percepción general, para lo cual se necesitan tocar a fondo los casos de estudio que se presentan el cuarto capítulo.

En el ámbito político es importante impulsar la construcción a gran escala que implemente tecnologías ahorradoras de energía ya que a un número mayor de viviendas el costo de implementación se reduce, por lo que es necesario enfocarse en las vivienda de interés social.

Es vital fomentar las iniciativas como los implementados por el INFONAVIT en el caso de Hipoteca Verde, demostrando la rentabilidad de los programas de ahorro de energía en la vivienda, debido al gran potencial de México para las fuentes renovables y diversificación climática.

El desafío que enfrentan los responsables de las políticas es cómo establecer las condiciones necesarias para que se produzcan estos cambios sustanciales en un periodo relativamente corto. Las tecnologías propuestas para edificaciones nuevas y renovadas representan hoy una pequeña fracción del mercado y las estrategias de integración y otros cambios de procesos necesarios no son todavía una práctica común. Aunque la investigación indica que, en comparación con los métodos convencionales, las mayores mejoras energéticas para los inmuebles individuales se encuentran en la construcción de nuevas edificaciones. En México, la nueva construcción da cuenta de la mayor parte de los beneficios en eficiencia.

Mediante la investigación pudimos detectar los siguientes puntos determinantes para la implementación de la vivienda sustentable:

- Existe conocimiento e información para hacer edificios sustentables en México
- Existe un interés manifiesto de la iniciativa privada en el tema
- Existen iniciativas de política pública para la construcción sustentable en México
- El entorno político, económico y social actual, favorece la edificación sustentable.
- Falta una coordinación entre las dependencias del gobierno
- Falta fortalecer la normatividad y en específico los reglamentos para la construcción
- Falta parametrizar algunos sistemas de certificación
- Financiamiento para edificios habitacionales sustentables

Concluyendo, podemos afirmar que a día de hoy para seguir siendo competitivos y para cumplir con las últimas reglamentaciones medioambientales internacionales, la búsqueda de la eficiencia energética ya no es una opción a valorar sino que es algo imprescindible y totalmente necesario.

Es posible lograr enormes mejoras en energía y reducciones en gases de efecto invernadero en el sector de la edificación habitacional mediante el uso de tecnologías disponibles y de nueva aparición. Una adopción cada vez mayor y más rápida por parte del mercado de tecnologías avanzadas para el ahorro de energía —tanto ya disponibles como de nueva aparición— podría generar para 2030 reducciones anuales de 1,711 megatoneladas de CO<sub>2</sub> en las emisiones a la atmósfera en América del Norte, en comparación con el enfoque tendencial o BAU. Esto es casi equivalente a las 1,756 megatoneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por el sector de transporte estadounidense en 2000. El uso generalizado de materiales y equipo de construcción ultra eficientes, junto con mejoras en el diseño, el financiamiento, la construcción y la operación de las edificaciones, ayudará a preparar el terreno para los edificios con neutralidad en carbono y nulo

consumo energético neto al reducir drásticamente la cantidad de energía necesaria para su operación. Con estas reducciones radicales, la energía renovable podría satisfacer las necesidades de energía adicional, lo que permitiría la adopción generalizada de edificios con neutralidad en carbono y nulo consumo energético neto.

Los dirigentes gubernamentales, los contratistas y de las organizaciones no gubernamentales deben abocarse al unísono a la elaboración de una perspectiva duradera y viable para la edificación sustentable en la vivienda. Además de ayudar a impulsar metas y estrategias en la materia, esta perspectiva puede resultar en la creación de un conjunto común de principios y herramientas de planeación para la edificación sustentable.

Sin embargo todas las medidas serán insuficientes si las personas no cambiamos a una nueva cultura energética caracterizada por el uso racional y eficiente de la energía.

Mi visión es que la edificación sustentable llegará a ser no sólo una forma de “hacer menos mal” desde la óptica ambiental, sino un proceso continuo de creación de materiales, construcciones y comunidades saludables, restauradoras y regenerativas, así como de fortalecimiento del tejido económico, ambiental y social de nuestro país.

# Bibliografía

Beatriz Garzón (2010). **Arquitectura Sostenible: bases, soportes y casos demostrativos**, Argentina Buenos Aires.

Arian Mostaedi (2003). **Arquitectura Sostenible: High Tech Tousing**, Instituto Monsa de Ediciones.

Dan Phillips (2002). **Designs for a healthy home: an eco friendly approach**, EEUU San Francisco.

Hocine Bougdah and Stephen (2010). **Environment, technology and sustainability**, Inglaterra Londres.

Organisation for Economic Co-operation and Development (2003). **Environmentally sustainable buildings : challenges and policies** Francia París.

Brian Edwards (2004). **Rough guide to sustainability**, Royal Danish Academy of Fine Arts.

William J. Carpenter (2009). **Modern sustainable residential design: a guide for design professionals**, EEUU New Jersey.

Edward Allen (1982). **How buildings work : the natural order of architecture**, EEUU Oxford

Leticia Campos Aragón (1997). **Energía eléctrica y medio ambiente en México**, México, UNAM, Instituto de Investigaciones

José Ma. Fernández Salgado (2010). **Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica**, España Madrid.

Brenda and Robert Vale (2000). **The new autonomous house: design and planning for sustainability**, Londres Inglaterra

Bhadra Sailendra Nath (2005). **Wind electrical systems**, Oxford University Press

# Tesis

Víctor Hugo Hernández Cruz, Salvador Velázquez Ponce (2001). **Planeación de Instalaciones Eléctricas En Edificios Para el Ahorro y Uso Racional de la Energía Eléctrica**. UNAM Ingeniero Mecánico Electricista

José Hugo Tlachi García (2008). **Modelo conceptual para un ahorro Energéticos en Viviendas**. UNAM Maestra Arquitectura.

## Páginas de Internet

Secretaría de Energía <http://www.sener.gob.mx/>

Instituto Mexicano del Edificio Inteligente <http://www.imei.org.mx/>

Proyectos de Domótica <http://www.proyectosdomotica.com/>

Revista Futuros [http://www.revistafuturos.info/futuros\\_6/eolica\\_1.htm](http://www.revistafuturos.info/futuros_6/eolica_1.htm)

Asociación Mexicana de Energía Eólica <http://amdee.org/announcements/publicacion-por-la-sener-del-estudio-de-potencial-eolico-y-de-otras-tecnologias-renovables>

Centro de Investigación Energéticas Medioambientales y Tecnológicas en España  
<http://www.energiasrenovables.ciemat.es/especiales/energia/index.htm>

Revista Energía En Debate  
<http://www.energiaadebate.com/Articulos/enero2008/Riosrocaene2008.htm>

Instituto de Geotermia y Minero de España  
<http://www.igme.es/internet/Geotermia/La%20energ%EDa%20geot%E9rmica.htm>

Revista Ecología Hoy <http://www.ecologiahoy.com/energia-mareomotriz>

Universidad de Alicante España <http://www.alu.ua.es/v/vap/biomasa.htm>

Asociación Nacional de Energía Solar  
[http://www.anes.org/anes/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=13](http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=13)

Energía Solar Térmica <http://www.energiasolartermica.biz/>

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía <http://www.conae.gob.mx/>

División de Desarrollo Sustentable ONU <http://www.un.org/spanish/esa/desa/aboutus/dsd.html>

Programa de la Naciones Unidas Para el desarrollo Sustentable  
[http://www.undp.org.mx/spip.php?page=area&id\\_rubrique=3](http://www.undp.org.mx/spip.php?page=area&id_rubrique=3)

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/311.pdf>

Revista Habitat <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>

Publicación Nuevas Energías Renovables <http://www.nuevasenergias.eu/bombacalor.php>

Empresa Energiza  
[http://www.energizaonline.com/es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=31&lang=es](http://www.energizaonline.com/es/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=31&lang=es)

Empresa LedLights <http://www.ledlights.com.mx/>

Empresa Galeón <http://www.galeon.com/solarfotovoltaica/ARCHIVOS/integracion.htm>

Natural Resources Defense Council <http://www.nrdc.org/buildinggreen/factsheets/cost.asp>

Centro de Estudios de Energía Solar España <http://www.censolar.es/>