



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

“ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS PARA DESARROLLOS URBANÍSTICOS ECOLÓGICOS EN MÉXICO Y SUS POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO”

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL-CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A:

CARMEN ELIANA LEAL ROA

TUTOR:

ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO

MÉXICO-2011





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



JURADO ASIGNADO:

Presidente: Ing. Armando Díaz Infante de la Mora

Secretario: M. en I. Salvador Díaz Díaz

Vocal: Ing. Oscar Martínez Jurado

1er. Suplente: Ing. Armando Díaz Infante Chapa

2do. Suplente: M. en I. Marco Tulio Mendoza Rosas

Lugar donde se realizó la tesis:

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM.

TUTOR DE TESIS:

Ing. Oscar E. Martínez Jurado

FIRMA



DEDICATORIA

*A Dios, a mi madre, a mi esposo y a mi familia,
Por todo el amor, comprensión y apoyo, que con constancia
y paciencia me dieron alas para alcanzar mis metas.*



AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A mis sinodales que dedicaron tiempo en la revisión de este documento y cuyos comentarios y opiniones fueron de gran ayuda.

Al Ing. Oscar Martínez y al Ing. Joaquín Rebuelta por su apoyo y motivación para la realización de la tesis.

A mis amigos y compañeros de posgrado y de CINC S.A. de C.V.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico que me otorgó durante año y medio para la realización de mis estudios de Maestría.

A todos aquellos expositores, empresarios y maestros que dedicaron su tiempo en compartir información para que la elaboración de este documento fuera posible.



ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL DESARROLLO URBANO EN EL MUNDO	1
1.2 OBJETIVO	6
1.3 ESQUEMA DE TRABAJO.....	6
2. SISTEMAS ECOLÓGICOS PARA USO ADECUADO DEL AGUA EN LOS DESARROLLOS URBANÍSTICOS	8
2.1 EL PROBLEMA DEL AGUA EN MÉXICO.....	8
2.2 SANITARIOS EFICIENTES	11
2.2.1 Sistema Dual Flush o Doble Botón.....	12
2.2.2 Flushmate o Tornado	13
2.2.3 Sanitario en Seco para compostaje o SES Sanitario Ecológico Seco.....	13
2.2.4 Mingitorio sin agua	16
2.3 GRIFERÍAS Y DISPOSITIVOS AHORRADORES	18
2.4 USO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO EN LA VIVIENDA	21
2.5 USO DE AGUAS GRISES PARA CONSUMOS NO POTABLES	29
2.5.1 Suministro alternativo de agua al sanitario	31
3. SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES PARA VIVIENDAS ECOLÓGICAS	35
3.1 EL PROBLEMA ENERGÉTICO EN MÉXICO	35
3.2 LA CAPACIDAD ENERGÉTICA SOLAR EN MÉXICO	38
3.3 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	41
3.4 SISTEMAS DE ENERGÍA EÓLICA.....	47
4. SISTEMAS RENOVABLES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA	55
4.1 EL USO DEL GAS LP Y SU CONTAMINACIÓN EN MÉXICO	55
4.2 EL CALENTADOR SOLAR	56
5. SISTEMAS PASIVOS PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA	64



5.1	ENVOLVENTE TÉRMICA.....	65
5.1.1	Poliestireno Expandido.....	67
5.1.2	Poliuretano	69
5.1.3	Concreto Celular	71
5.1.4	Mampostería con Ladrillo	73
5.1.5	Método de Cálculo Envolverte Térmica.....	77
5.2	OTROS APORTES DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO.....	84
5.2.1	Ubicación y Orientación de la Vivienda.....	84
5.2.2	Forma y Ventilación de la Vivienda	86
6.	AMORTIZACIÓN, FINANCIAMIENTO Y VENTAJAS ECONÓMICAS DE LOS DESARROLLOS URBANÍSTICOS ECOLÓGICOS EN MÉXICO	88
6.1	ANÁLISIS ECONÓMICO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES MEDIANTE AMORTIZACIÓN POR AHORRO.....	89
6.1.1	Análisis Económico Para Dispositivos Y Sistemas Ahorradores De Agua	89
6.1.2	Análisis Económico Para La Generación De Energía Eléctrica.....	96
6.1.3	Análisis Económico Para Calentador Solar	109
6.1.4	Análisis Económico Para Envolvertes Térmicas.....	111
6.2	VENTAJAS FINANCIERAS PARA LOS DESARROLLOS DE VIVIENDA ECOLÓGICA EN MÉXICO	116
6.2.1	Subsidios Federales E Hipoteca Verde.....	117
6.2.2	Financiamiento Por Parte Del FIDE (Fideicomiso Para El Ahorro De Energía Eléctrica).....	123
6.2.3	Contratos De Interconexión Y Convenios Para Fuentes De Energía Renovables De La Comisión Federal De Electricidad (CFE).	127
6.2.4	Estímulos Fiscales De La SHCP	132
6.3	MERCADOS DE CARBONO Y PROTOCOLO DE KYOTO EN MIRAS DE LA VIVIENDA ECOLÓGICA	136
7.	COMENTARIOS finales.....	150
	BIBLIOGRAFÍA	159



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tarifas bimestrales para el servicio medido doméstico S.L.P.	9
Tabla 2. Coeficiente de escorrentía y fórmulas para el cálculo del volumen de captación	25
Tabla 3. Distribución habitual del consumo interno en viviendas.....	31
Tabla 4. Estructura tarifaria de la CFE del 2007	36
Tabla 5. Células solares, eficiencia de módulo y superficie necesaria para generar 1 kwp.....	46
Tabla 6. Escala de medición de viento Beaufort	48
Tabla 7. Potencia por velocidad del viento del sistema DonQi	50
Tabla 8. Ficha técnica del aerogenerador donQi de 1.75 kw	51
Tabla 9. Factor de emisión de CO ₂ en México	55
Tabla 10. Ahorros a escala y tiempo con el uso de calentadores solares.....	57
Tabla 11. Datos para ejemplo de muros y techos a construir en una vivienda	79
Tabla 12. Resistencia térmica Total (Valor "R") de un elemento de la envolvente.....	81
Tabla 13. Conductividad térmica de algunos materiales de construcción en España.....	83
Tabla 14. Tipos de aislantes térmicos en México	83
Tabla 15. Tarifas a aplicar en el D.F. para consumo bimestral de 72 m ³ de agua	90
Tabla 16. Ahorros mensuales de consumo de agua con ecotecnologías	91
Tabla 17. Tarifa a aplicar en el D.F. utilizando sistema de reciclaje de aguas grises	92
Tabla 18. Amortización de adquisición de sistema de reciclaje de aguas grises Soliclima.....	94
Tabla 19. Ejemplo de consumo de energía al interior de la vivienda	97
Tabla 20. Tarifas domésticas 2010 a aplicar de acuerdo con temperatura y consumo.....	100
Tabla 21. Tarifas domésticas 2010	101
Tabla 22. Cálculo de incremento anual tarifario promedio.....	102
Tabla 23. Amortización de adquisición de sistema FV con mensualidad incrementada en 4.55% anual	104
Tabla 24. Amortización de adquisición de un sistema FV con mensualidad incrementada en 15% anual	107
Tabla 25. Amortización de inversión \$50,000 para adquirir un sistema eólico con mensualidad incrementada en 15% anual	108
Tabla 26. Cálculo de incremento anual del litro de gas LP promedio	110
Tabla 27. Cálculo de retorno de inversión para un calentador solar de \$8,200	111
Tabla 28. Comparación de cantidades de materiales para la producción de 1 m ³ de concreto celular con espuma preformada y 1 m ³ de concreto tradicional.....	112
Tabla 29. Costo a precio unitario de 1 m ³ de concreto convencional (año 2005)	113
Tabla 30. Análisis de costo horario de la bomba generadora de espuma de marca Cellular Concrete modelo CTE30-5 (año 2005)	114
Tabla 31. Precio unitario m ³ de concreto celular espuma preformada y aditivo (año 2005)	115
Tabla 32. Montos para subsidio federal	117
Tabla 33. Tablas explicativas con prerrequisitos subsidio de vivienda e hipoteca verde para paquete básico Unifamiliar y paquete básico para desarrollo habitacional vivienda vertical no unifamiliar.....	119
Tabla 34. Programa de inducción para sustituir focos convencionales por lámparas fluorescentes compactas	125
Tabla 35. Permisos vigentes de generación e importación de energía eléctrica a 30/jun/09....	132
Tabla 36. Equivalencia de GEI en CO ₂	139



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estragos del Huracán Katrina en Louisiana.....	2
Figura 2. Imágenes de Tabasco después de la inundación del 2007	3
Figura 3. Sanitario con sistema de descarga Dual-Flush o doble botón	12
Figura 4. Esquema de funcionamiento del sistema de descarga Tornado.....	13
Figura 5. Esquema de Sistema Sanitario Seco.....	14
Figura 6. Sistema Uridan, urinario o mingitorio sin agua.....	17
Figura 7. Aireador	18
Figura 8. Esquema de Perlizador.....	19
Figura 9. Esquema del SCAPT	21
Figura 10. Interceptor de las primeras aguas.....	23
Figura 11. SCAPT en España.....	26
Figura 12. SCAPT en España.....	28
Figura 13. Esquema de sistema de reciclaje de aguas grises Soliclíma Aquacycle	30
Figura 14. Esquema de funcionamiento del sistema Aquas	32
Figura 15. Partes que integran el sistema Aquas.	33
Figura 16. Participación de ventas energéticas por sectores.....	35
Figura 17. Consumo per cápita de Gas LP (kg/hab).....	37
Figura 18. Radiación solar mundial por metro cuadrado anual en (kwh/m ² a).....	39
Figura 19. Radiación solar mensual en México por m ²	40
Figura 20. Principios básicos de funcionamiento de una celda fotovoltaica.....	42
Figura 21. Eficiencia de los paneles solares con respecto a la temperatura.....	44
Figura 22. Ejemplos de módulos solares instalados	45
Figura 23. Partes que integran un Aerogenerador.....	47
Figura 24. Instalación del Sistema Donqi en Europa	52
Figura 25. Mapa de velocidad de viento en México	53
Figura 26. Mapa Preliminar de Recurso Eólico en México para Energía Rural	54
Figura 27. Capacidad instalada en MW en diferentes Países.....	58
Figura 28. Esquema de distribución de un calentador solar y detalle de un calentador solar.....	60
Figura 29. Instalación tipo sistema central de calentamiento solar para edificio de departamentos	61
Figura 30. Instalación tipo sistema central de calentamiento solar para edificio de departamentos con Termostanque independiente.....	62
Figura 31. Porcentajes de eficiencia de calentadores solares híbridos. Solei.....	63
Figura 32. Construcciones con muros de poliestireno expandido o muros Covintec.....	68
Figura 33. Losas a bases de poliestireno expandido	68
Figura 34. Aplicación de poliuretano esparcido en muros.	70
Figura 35. Textura del concreto celular.....	71
Figura 36. Construcción de vivienda con bloques de concreto celular.....	73
Figura 37. Mampostería con continuidad entre cámaras de aire	75
Figura 38. Muros de doble hoja, aislamiento con poliestireno y cámara de aire.....	76
Figura 39. Representación esquemática de resistencias parciales.....	78
Figura 40. Esquema de zonas térmicas de la República Mexicana.....	80
Figura 41. Comparativo de Orientación de fachadas	85
Figura 42. Paquete Sistema Waltho 2a.....	98
Figura 43. Ejemplo sobre realización del RUV ante el Infonavit	120



Figura 44. Prerrequisito para Paquete Básico en Desarrollos habitacionales para Uso eficiente de la energía eléctrica en Gas.	121
Figura 45. Esquema explicativo de integración del monto para cubrir la solución habitacional	122
Figura 46. Ubicación del Parque Eólico en México "La Ventosa"	129
Figura 47. Estado de Permisos de generación de electricidad a 2007	131
Figura 48. Protocolo de Kyoto, origen y principios del mercado de carbono	139
Figura 49. Precios de los bonos de carbono.....	142
Figura 50. Comparativa de emisiones de Línea de Base y Vivienda Sustentable	145
Figura 51. Emisiones Estimadas Según Regionalización Climática Básica.....	146
Figura 52. Procesos a Seguir para la emisión de CER´s de Viviendas Sustentables.....	147
Figura 53. Localización del Modelo de Ciudad Sustentable Valle las Palmas	152
Figura 54. Plan Maestro en Valle las Palmas	153
Figura 55. Proyecto de Vías de Acceso a Valle Las Palmas	154
Figura 56. "Hammarby Sjöstad" (La Ciudad a orillas del mar), ubicado en el centro de Estocolmo	155
Figura 57. Esquema de funcionamiento de recolección de Basuras en Hammarby	157



1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL DESARROLLO URBANO EN EL MUNDO

A medida que han transcurrido los años el hombre ha evolucionado en los procesos de construcción de vivienda, de forma tal que estos avances le han permitido alcanzar cada vez más comodidad, confort y facilidades en su modo de vida. Sin embargo, el hecho de poder realizar construcciones de gran envergadura o a gran escala, no implica que la vivienda que se tiene hoy en día sea la óptima y que ofrezca en realidad una adecuada calidad de vida.

No está oculto el gran problema medio ambiental al cual nos estamos enfrentando y a las consecuencias que futuras generaciones tendrán que afrontar. El medio ambiente, recursos naturales como el agua y la capa de ozono se están viendo gravemente afectados debido a factores como el crecimiento descontrolado de las poblaciones y el consumo indiscriminado de ciertos productos y recursos.

La falta de conciencia, de educación ambiental en la sociedad y de instauración de normatividades que exijan adoptar un estilo de vida distinto que permita conservar el medio ambiente nos está arrastrando hacia un daño ecológico irreparable.

Recursos naturales como el agua y el aire, están siendo afectados a tal grado, que su abastecimiento y/o calidad serán paupérrimos dentro de unos años. Sin embargo, una de las claves que permitirá frenar este daño, al contrario del pensamiento común, no se encuentra en sancionar o sellar fábricas, el verdadero poder está en el consumidor, esto se fundamenta desde la ley de oferta y demanda. Son los consumidores los que requieren tener un cambio en la forma en que satisfacen sus necesidades, basándose en el conocimiento de sistemas de producción y de los verdaderos procesos que afectan el medio ambiente.

También se puede observar dentro de los sistemas poblacionales como se han construido infraestructuras que no han sido diseñadas pensando en el medio ambiente, tal es el caso de las redes de drenaje, las cuales indiscriminadamente mezclan agua de lluvia y negras y las depositan, algunas veces sin ningún tipo de tratamiento, en ríos y otro tipo de afluentes convirtiéndolos en verdaderas cloacas a cielo abierto.

Por esto y muchos otros factores es necesario que se genere un cambio en el estilo de vida, el cual debe empezar desde el diseño y construcción de las viviendas, las cuales deben ser dotadas de sistemas de recolección de agua de lluvia, recirculación de agua potable utilizada en actividades de baja contaminación para su uso en consumos que requieren agua no potable, utilizando fuentes alternas para el suministro de energía eléctrica, instalando dispositivos que permitan aprovechar los combustibles que se generan dentro de las actividades diarias del hogar, realizando un adecuado desecho de residuos sólidos, utilizando diferentes tipos de materiales de construcción que disminuyan la emisión de CO₂ y no representen un gran riesgo a la salud humana, entre un gran número de alternativas a adoptar.

Figura 1. Estragos del Huracán Katrina en Louisiana.



Fuente: www.nuevobasso.wordpress.com. 2007

Es necesario entonces realizar un cambio total en nuestras viviendas que permita frenar el impacto que el hombre durante años ha generado en la naturaleza, y establecer alternativas integrales de fácil adopción, manejo y mantenimiento, para que en lo posible se expanda a la mayoría de viviendas, tomando como base diseños y sistemas simples como los que hoy en día se están desarrollando, utilizando celdas de energía solar, sistemas de captación de agua de lluvia y recirculación de aguas grises entre otras tecnologías.

Se requiere frenar el calentamiento global, pero en realidad no se han dado herramientas a las distintas comunidades para luchar contra esta amenaza, la falta de información, normatividad y de identificación cultural son las mayores cómplices. Si al construir viviendas se logra economizar, pero los procesos constructivos son tan ineficientes en materia medio ambiental y los materiales y sus procesos de elaboración e instalación no contemplan este aspecto, el pago podrá ser más caro. Grandes ejemplos se ven hoy por hoy, como huracanes más fuertes y sus potenciales devastaciones como el caso de Katrina en Louisiana como se ve en la figura 1, o para no ir tan lejos las inundaciones del 2007 en Tabasco, como se observa en la figura 2, las cuales dejaron gran cantidad de damnificados.

Figura 2. Imágenes de Tabasco después de la inundación del 2007



Fuente: www.fotocommunity.es

Probablemente no sea fácil determinar en qué momento ésta negligencia afecta nuestro bolsillo, pero si se presentan inundaciones jamás esperadas, si se requiere instalar más aire acondicionado en las estructuras, si la cuenta de la energía eléctrica se eleva con el transcurrir del tiempo, si el abastecimiento de agua se hace cada vez más difícil y costoso, si los lugares aptos para depositar las basuras se van disminuyendo y las montañas de escombros de construcciones no desaparecen en un lapso de tiempo adecuado, los costos de la falta de conciencia se reflejarán tarde o temprano.

Adicionalmente, el tema de materiales de construcción, en los últimos años se ha descubierto afectaciones a la salud humana de ciertos materiales, en algunos casos estos materiales se siguen utilizando por falta de información y conocimiento por parte de los constructores y los



usuarios. Tal es el caso de elementos como el Amianto, que afecta los pulmones y es usado debido a su gran resistencia al fuego, propiedades de aislamiento térmico o como matriz resistente para los productos de fibrocemento¹.

Igualmente se ha descubierto que materiales como PCBs (Bifenilos Policlorados o Askareles), Radón, Creosota, entre otros, son productos cancerígenos. Es inverosímil la diferencia entre países desarrollados y no desarrollados en este tema, un caso claro de esto se da en el trato a tuberías, tejas y demás accesorios de asbesto cemento. En los Estados Unidos de América este material ha sido retirado por ser potencialmente cancerígeno y al ser encontrado en alguna excavación, un equipo especializado con trajes de protección y tanques de oxígeno llega al lugar para hacer el retiro de ese material, mientras que en países latinoamericanos simplemente se retira sin ningún tipo de precaución o en el peor de los casos se continua instalando.

Según la síntesis publicada del cuarto foro mundial del agua que se realizó en México en el año 2006², en la región de América, de 67 acuíferos transfronterizos, 20 presentaban una sobreexplotación continua y 16 reportaban una alta tasa de salinidad. Esta es solo una de tantas cifras que cabe mencionar con respecto al tema de la crisis mundial del agua. Es por esta razón que se deben tomar medidas preventivas en esta materia y el presente trabajo pretende recopilar las distintas técnicas y conocimientos actuales que se tienen en materia de construcción de vivienda en cuanto a uso adecuado del agua potable, captación y distribución de agua de lluvia y aguas grises.

Es de igual o mayor importancia a tener en cuenta el uso de energía y sus diferentes fuentes en la vivienda y el impacto que estas han tenido en el calentamiento global. La quema de combustibles fósiles como petróleo, carbón y gas natural para producir electricidad es una de las causas de dicho calentamiento, por tanto es primordial establecer otro tipo de sistemas para producción de energía. La energía hidroeléctrica es de gran ayuda, sin embargo, al realizar la construcción de grandes presas se afecta en cierta forma al medio ambiente por el gran impacto que estas generan, tal es el caso de la extinción del delfín blanco del Yangtzé, en la

¹ Fuente: www2.csostenible.net/es, Materiales nocivos para la salud, junio de 2007.

² Fuente: www.worldwaterforum4.org.mx, Síntesis del Foro, junio de 2007.



presa de las tres gargantas en China. Es necesario entonces, recurrir a otras fuentes de energía renovables y limpias, las cuales ejerzan un impacto ambiental mínimo y sean factibles de adoptar a nivel de vivienda familiar en México y en otros países. Tal es el caso de la energía solar, eólica y otras, que a pesar de su alto costo de adquisición o dificultades técnicas de instalación, ofrece grandes beneficios al medio ambiente.

Es por esto que mejorar la calidad de vivienda en México y en el resto del mundo es una labor que requiere de investigación, promoción y adaptación a la cultura de cada sector. Este trabajo puede abarcar muchos otros temas, sin embargo, se tratará de abarcar los puntos más esenciales y se pretenderá establecer bases, criterios y procedimientos de construcción que estén acorde con las necesidades de las viviendas mexicanas y a la vez establezcan armonía con el entorno y el medio ambiente.

Es importante que los métodos, tecnologías y materiales en la construcción se actualicen a la par con los desarrollos científicos y tecnológicos, para así garantizar no solo mejoras en las construcciones, sino también a nivel de confort, seguridad y salud de los usuarios. Sin embargo, carecemos de medios de información de este tipo dentro de las carreras profesionales convencionales, normatividades más exigentes en el campo medio ambiental, la implantación de capacitaciones de actualización a las empresas y demás participantes del sector de la construcción investigación, entre otras medidas. Esperar a que las consecuencias nos sigan llamando la atención para que adoptemos un cambio de fondo en la construcción, es el camino a la negligencia y depende de nosotros dar el giro hacia lo sustentable en la construcción.

Finalmente podemos deducir la necesidad de establecer alternativas constructivas diferentes a las realizadas durante años, adoptando aquellas que se están desarrollando bajo políticas ambientales; éstas alternativas de vivienda deben contemplar la mayoría de las afectaciones posibles y apoyarse en otras disciplinas, logrando así establecer y construir desarrollos urbanísticos ecológicos, los cuales sean factibles económicamente para los desarrolladores y en cuanto a su poder adquisitivo para las familias mexicanas, de forma tal que permita que México se establezca como un ejemplo a seguir en la sociedades latinoamericanas y en vías de desarrollo.



1.2 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es estudiar guías y esclarecer herramientas en materia de construcción de vivienda sustentable para que las empresas constructoras de vivienda, ingenieros y arquitectos conozcan las múltiples acciones a aplicar en la construcción de vivienda y los incentivos económicos en esta materia, alcanzando estándares de calidad viables para su desarrollo y un valor agregado a sus proyectos que contribuya con la calidad de vida de los usuarios, con la finalidad de que la construcción de este tipo de viviendas se incremente en los próximos años, procurando así un desarrollo sustentable de la sociedad.

Los alcances de los trabajos realizados alrededor de este tema podrían ayudar a establecer una materia a estudiar dentro de la ingeniería civil, aparte de la de impacto urbano, que dé a conocer a los futuros ingenieros civiles otras alternativas y romper esquemas constructivos convencionales, invitándolos a desarrollar su creatividad y preocupación por el medio ambiente a través del desarrollo sustentable.

1.3 ESQUEMA DE TRABAJO

Teniendo en cuenta los avances tecnológicos y científicos desarrollados en el campo de la construcción y otras disciplinas que afectan de manera directa e indirecta la construcción de edificaciones y vivienda, se tratará de recopilar y estudiar los modelos constructivos propuestos en la actualidad, con la finalidad de esclarecer alternativas viables para la construcción de desarrollos urbanísticos en México, sin perder de vista el campo económico y social. Lo anterior debido a la necesidad de mitigar el impacto ambiental y ayudando a través de las diferentes comunidades para frenar el calentamiento global, ya que muchas de las emisiones nocivas al medio ambiente se generan desde el hogar, bien sea con el consumo indiscriminado de recursos como el agua o a través de la quema de combustibles, entre otros.

Básicamente se tendrán en cuenta tres grandes aspectos en la investigación: el uso más adecuado del agua potable y no potable dentro de los desarrollos urbanísticos, los materiales aptos para su construcción y el uso de energías limpias. No por esto es menos importante la intervención en el tema del manejo de residuos sólidos y uso de suelo, el cual actualmente ya está siendo considerado por algunos países o proyectos de iniciativa privada para la



sustentabilidad de desarrollos habitacionales, pero se observarán de manera general algunos casos aplicados.

Dentro del uso del agua, se investigarán las tecnologías actuales para la captación de agua de lluvia, recirculación de aguas grises dentro de las viviendas para consumos no potables. En cuanto al tema de materiales de construcción, se realizará una investigación con respecto a los materiales usados en la industria de la construcción, en especial para la generación de vivienda, que permitan que estas sean hasta cierto grado sustentables.

También se realizará un estudio económico de las energías renovables o limpias que se ofrecen en la actualidad para la instalación y uso dentro de los desarrollos habitacionales, con el fin de establecer cuáles son las más aptas debido a su costo de adquisición, mantenimiento, facilidades técnicas de instalación y su capacidad de funcionamiento.

Aunque actualmente se realiza el consumo de gases generados por descomposición de basura orgánica en distintos procesos y productos para la generación de energía en granjas ecológicas, este tema no será abordado para fines prácticos de limitación del tema, pero sería de gran importancia en un futuro establecer este tipo de procesos dentro de la vivienda, siempre que cumplan los factores de salubridad y seguridad requeridos por las instituciones.

Con respecto al esquema social, se estudiarán dos aspectos. Como primera medida, estudiar las posibles fuentes en las que el Gobierno financie y/o promueva en cierto modo la adquisición y desarrollo de este tipo de viviendas y el segundo, la acogida que tendría dentro de los compradores estos tipos de inmuebles al ofrecer fuentes de financiamiento adicionales a las convencionales.

Por último, se analizarán algunos desarrollos habitacionales ecológicos existentes o en proceso de construcción, y el rango de éxito que tienen o que se le ha proyectado con respecto a los desarrollos de vivienda convencional, basados en los estímulos financieros, ecológicos o de promoción que puedan tener. A si mismo se determinarán los inconvenientes u obstáculos existentes que frenan el desarrollo de este tipo de construcciones y las posibles medidas a tomar para fomentar el crecimiento de las mismas.



2. SISTEMAS ECOLÓGICOS PARA USO ADECUADO DEL AGUA EN LOS DESARROLLOS URBANÍSTICOS

2.1 EL PROBLEMA DEL AGUA EN MÉXICO

El 95% del agua del planeta es salada y el 5% restante, correspondiente a la provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial. Una persona de cada cinco ya no tiene acceso al agua potable. En la actualidad, 500 millones de personas alrededor del mundo padecen escasez casi total de agua potable y se estima que llegarán a 2,500 millones en el año 2025.

En México este problema se hace latente en su capital. La Ciudad de México, una de las más pobladas del mundo, se está hundiendo debido a grandes extracciones de agua para abastecimiento de la población. Mientras más crece la ciudad el problema del agua se hace exponencialmente más grave. Adicionalmente, el sistema de drenaje es inadecuado, ya que mezcla el agua de lluvia con agua residual, lo cual acarrea mayores costos en tratamiento de agua e inundaciones con factores contaminantes en época de lluvias.

El problema también radica en que a medida que ha crecido la ciudad, se han dejado menos zonas de infiltración para el agua de lluvia. Todo esto refleja la actual calidad del agua extraída de los acuíferos, que cada día se hace más deplorable, ya que las sales y otros minerales se concentran en mayores proporciones, conllevando a mayores costos para la potabilización de aquel preciado recurso. Si a esto se suma que con los asentamientos y la escasez se requiere un mayor consumo de energía para bombeo del agua desde ciertas profundidades y kilómetros de distancia, que gran parte del agua suministrada cuenta con subsidios del Gobierno, que existe un gran porcentaje poblacional que no paga sus cuentas de agua, que en las épocas de lluvias se presentan grandes grietas debido a filtraciones de agua de lluvia a las vías que en ocasiones llegan a cobrar vidas humanas y además cerca del 40% del agua se pierde en fugas de la red y desperdicios de usuarios, entonces cabe anotar la gran necesidad que tiene el Gobierno de implantar planes y políticas que le permitan disminuir sus gastos por suministro de agua a la población y tomar medidas que le permitan seguir cumpliendo con el suministro a los habitantes. Esto no quiere decir que a la fecha no se haya realizado ninguna labor que colabore con la causa, pero si existen medidas que no se han contemplado que se pueden aplicar y hasta exigir de manera legal en la generación de vivienda nueva y otros campos.



En los últimos años la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha tenido que aplicar medidas preventivas ante una inminente disminución del volumen de agua almacenado en el sistema Cutzamala para el abastecimiento de la Ciudad de México y de algunas zonas del Estado de México, aplicando cortes de agua en el año 2009, el primero de estos se realizó del 30 de enero al 2 de febrero, el segundo del 14 al 16 de marzo, el tercero del 9 al 12 de abril y el cuarto que estaba programado para los primeros días de mayo fue aplazado debido a los cuidados de salubridad que se tuvieron que aplicar debido a los brotes de influenza AH1N1. Esto es apenas el comienzo de medidas extremas a tomar por parte del Gobierno para tratar de controlar el problema de desabastecimiento y sequía que se avecina. Es por esto que todos debemos adoptar medidas de prevención y corrección que nos permitan tener un consumo razonable del agua y así asegurar la supervivencia para generaciones futuras.

En materia financiera, las tarifas por metro cubico de agua dependen de cada municipio y varían de acuerdo al consumo. Al igual que el servicio de energía eléctrica, para consumos mayores a cierto rango se aplica una tarifa distinta. Para la zona de San Luis Potosí se tienen las tarifas que se muestran en la tabla 1. En esta se puede ver como la tarifa para el sector doméstico puede variar desde \$2.32/m³ hasta \$18.80/m³, esta última equivale a más de 8 veces la tarifa inicial como penalización por consumos elevados.

Tabla 1. Tarifas bimestrales para el servicio medido doméstico S.L.P.

Rango de consumo total bimestral metro cúbico (m³)	Tarifa por cada metro cúbico de consumo total
Uso mínimo hasta 25	\$2.32
Hasta 30	\$2.32
Hasta 40	\$4.42
Hasta 50	\$5.75
Hasta 60	\$5.97
Hasta 100	\$7.85
Hasta 160	\$9.62
Hasta 200	\$9.73
Hasta 250	\$15.48
Hasta 251 o superior	\$18.80

Fuente: Periódico Oficial del estado libre y soberano de San Luis Potosí, 22 de diciembre de 2007



Sin embargo, el precio por metro cubico puede variar muchísimo de una zona a otra, encontrando algunas zonas con un precio por debajo del peso por metro cúbico y otras en las que puede alcanzar los \$10. Uno de los estados en los que el agua es más cara es el de Aguascalientes, en donde el precio por metro cubico para consumos menores a los 10 m³ es de \$9.66 y el municipio debe de otorgar un subsidio para poder mantener la misma tarifa para consumos de hasta 20 m³. A finales del año 2008, el secretario de Agua del Gobierno del Estado de México, David Korenfeld, previó un incremento en las tarifas de distribución del líquido el cual sería cerca del 5%. En otras localidades de igual manera se está hablando de la necesidad de incrementar las tarifas del agua hasta el doble de la actual, esto debido a la escasez, conexiones ilegales, y a los deudores morosos. Este último aspecto es de gran peso, ya que en algunas entidades solo el 20% de los consumidores están al día en sus pagos.

En Aguascalientes la efectividad en el pago es mayor debido a que no hay negociación alguna, simplemente a la hora en que el usuario esta en mora se realiza el corte del servicio. En otros países como Colombia la situación es similar, en el momento en el que el usuario deja de pagar hasta 2 recibos consecutivos se realiza el corte y es entonces cuando a manera obligatoria debe realizar el pago de la deuda con un pago adicional por servicio de reconexión. Esto ha permitido que el servicio sea de muy buena calidad y que existan programas en la ciudad de Bogotá cuyo lema es “tómese el agua de la llave”, debido a que la calidad del líquido es muy buena.

En el sector de la construcción este es un tema de sumo cuidado, ya que si no se puede garantizar el suministro, se ha llegado a hablar de declarar la ciudad como zona de desastre, lo que acarrearía grandes pérdidas para muchos sectores, entre ellos el sector inmobiliario. En México con los cortes de agua, falta de pago y de abastecimiento es necesario adoptar medidas de ahorro, a continuación se presentan algunos de los sistemas que se pueden implementar con el fin de reducir los consumos de agua en la vivienda y sus correspondientes ahorros en materia económica y energética para el usuario y que representan un campo latente de aplicación en los nuevos desarrollos inmobiliarios.



2.2 SANITARIOS EFICIENTES

En años anteriores, el uso del sanitario podría llegar a consumir hasta 15 lt por descarga, lo cual representaba un consumo absurdo de agua y como las tarifas no eran altas comparadas con las de hoy día, no se consideraba ningún crimen contra la economía de las familias ni contra la ecología. Sin embargo, con el transcurrir de los años, el aumento de la población, la crisis en el suministro y su correspondiente aumento en las tarifas, se ha tenido que innovar en este aparato. Las compañías fabricantes se han empeñado en los últimos años en evolucionar la tecnología de descarga de los sanitarios encontrando hoy día los fluxómetros (usados en zonas comerciales o institucionales por lo que no se tomará en cuenta en este estudio), sanitarios Dual Flush o doble botón, Flushmate o Tornado, entre otros.

Cada día se registran nuevos avances que garantizan una reducción en el consumo del agua en cuanto a descargas de sanitarios, sin embargo mientras las normas no exijan su adaptación solo nos queda entrar a demostrar de manera concreta el tipo de ahorro económico que podrían llegar a generar dentro de cada vivienda y los beneficios ecológicos que estos podrían brindar.

Lastimosamente la conciencia ecológica aún no se radica en la mente de todos, pero las compañías que se encargan de comercializar este tipo de productos deberían mostrar las ventajas de este tipo de productos sin caer en la competencia desleal. Se trata simplemente de evolucionar en el uso de este tipo de sistemas y de reemplazar los obsoletos, tal como ocurre hoy día con los televisores, si se observa detalladamente dentro de un centro comercial los televisores de pantalla plana LED, LCD o plasma se adquieren con mayor frecuencia que los televisores grandes y antiguos.

Ya se encuentran en el mercado, sanitarios que no requieren agua y son completamente inodoros y seguros para la salud. Su precio con respecto a los demás es un tanto elevado pero se dice que el periodo de retorno de la inversión esta cerca a los 2 años dependiendo de la tarifa de agua que se aplica en la zona en la que se desea instalarlos. A continuación veremos algunos de estos.

2.2.1 Sistema Dual Flush o Doble Botón

Figura 3. Sanitario con sistema de descarga Dual-Flush o doble botón



Fuente: Lamosa S.A. de C.V.

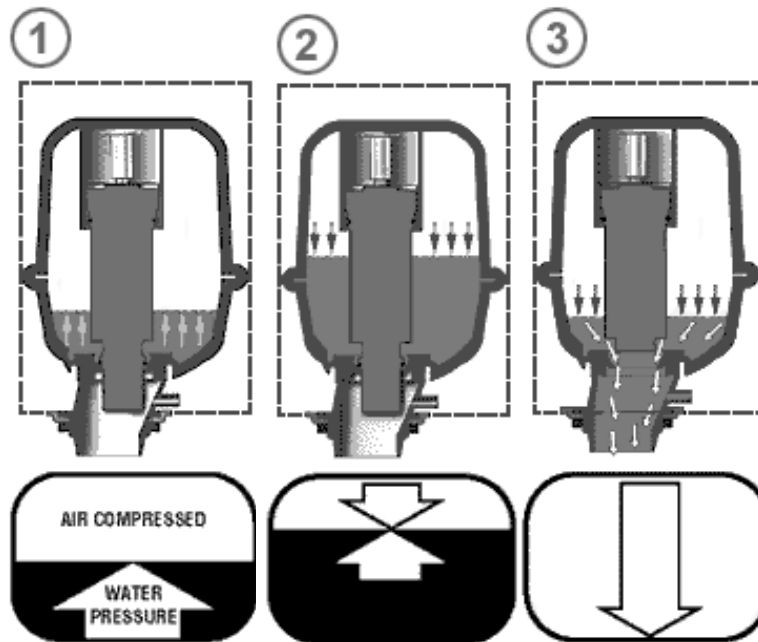
Este sanitario se desarrollo con el fin de discriminar el tipo de descarga a realizar entre líquidos y sólidos, descargando solamente 3 o 6 litros respectivamente, como se muestra en la figura 3. Esto implica un gran ahorro no solo en agua, sino también en electricidad al disminuir la cantidad de agua a bombear en los hogares, que debido a falta de presión requieren de un sistema de bombeo adicional para poder contar con el suministro las 24 horas del día. Este sistema se puede adaptar a sanitarios existentes con tecnologías convencionales de descarga.

Una desventaja consiste en que la capacidad de ahorro queda en manos del usuario, el cual es el responsable de accionar de manera discriminada el dispositivo. Este tipo de sanitarios se encuentra instalado en cadenas de restaurantes como Sanborns, pero la falta de orientación hacia los usuarios ha hecho que el sistema se vaya dañando, encontrando botones girados o averiados. Es por esto que es de gran importancia en materia de desarrollos habitacionales sustentables que se dé una adecuada orientación de uso a los compradores y si es posible un manual en el que se indique el uso correcto de este tipo de ecotecnologías.

2.2.2 Flushmate o Tornado

Este sanitario realiza sistemas de descarga de 4lt tanto para sólidos como para líquidos. El sistema atrapa aire y a medida que se llena con agua, utiliza la presión de la línea de agua de alimentación para comprimir el aire atrapado en el interior.

Figura 4. Esquema de funcionamiento del sistema de descarga Tornado



Fuente: www.flushmate.com abril de 2009

Como se observa en la figura 4, el aire comprimido es el que obliga al agua a ingresar a la taza, de manera que en vez de la acción de sifón o "descargar el agua" de la unidad por gravedad, la unidad asistida por presión "empuja" los desechos. Esta enérgica acción de descarga de agua limpia mejor la taza que las unidades por gravedad. Una de sus desventajas es que requiere una presión en la línea de suministro de agua de 25 a 125 lbs/pulg², por lo que conviene revisar la presión del sitio antes de tomar una decisión de compra.

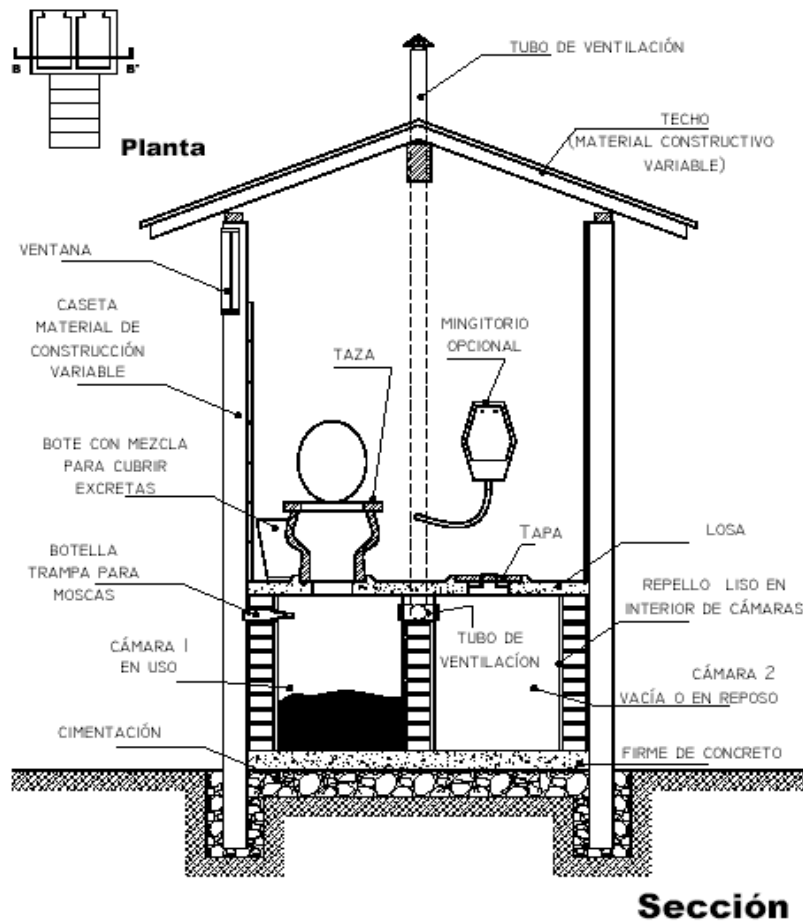
2.2.3 Sanitario en Seco para compostaje o SES Sanitario Ecológico Seco

Este sistema sanitario no utiliza agua, pero puede tener un sistema de drenaje integrado que separa los sólidos de los líquidos, o bien puede estar dotado de un mingitorio. Los desechos

sólidos pasan a un depósito en el que se pueden incluir lombrices para que realicen el compostaje. Cada vez que se depositen excretas se pueden cubrir con una mezcla.

Una familia de cinco miembros que usa excusado con agua contamina más de 150 mil litros de agua al transportar unos 250 litros de excremento en un año. Los SES producen unos 500 litros de abono y 5 mil litros de fertilizante, al transformar el excremento y la orina de una familia en un año.

Figura 5. Esquema de Sistema Sanitario Seco



Fuente: www.organi-k.org.mx, mayo de 2009.

El diseño de cada sanitario puede variar en algunos detalles, pero básicamente el SES funciona por deshidratación o compostaje. En la figura 5 se muestra un diseño que adapta los siguientes elementos:

El asiento o taza está especialmente diseñado para separar las heces de la orina. En este caso se requiere de dos tipos de contenedor, uno para almacenar y tratar a los sólidos y otro para



almacenar la orina. Generalmente la taza se coloca sobre la cámara en uso para que las heces caigan directamente a ella. Las excretas se van acumulando aquí hasta que el contenedor o cámara esté llena, entonces se deja de agregar excretas, pero se siguen tratando por 6 meses más para que terminen de deshidratarse y para que los microbios nocivos desaparezcan. Lo importante es tener siempre una cámara en uso mientras en otra se terminan de procesar las excretas. Se pueden tener dos cámaras de uso alterno de dimensiones suficientes para usar una durante medio año mientras la otra está en tratamiento. Para cuando la cámara en uso esté llena ya se puede vaciar la cámara en tratamiento y comenzar el ciclo de nuevo. O se puede tener una sola cámara con pequeños contenedores movibles que se llevan a otro sitio para terminar con el tratamiento. La orina es dirigida con tubería desde la taza hasta un bote o garrafón si se desea utilizar como fertilizante o se puede mandar un filtro o pozo en el suelo si no se desea aprovecharla como enriquecedor de suelo. El tercer elemento en un SES es como el polvo mágico que convierte las excretas en un material inofensivo a la salud y además evita olores desagradables en el sanitario. A este elemento se le llama mezcla o agregado y también depende del tipo de tratamiento. En un sanitario separador el objetivo es deshidratar las excretas, entonces se debe agregar una mezcla seca y de propiedades alcalinas. Puede ser tierra seca mezclada con un poco de cal o ceniza. Agregar esta mezcla secante cada vez que se usa el SES para cubrir el depósito es la clave para evitar olores desagradables mientras se transforman los sólidos.

Respecto a los sanitarios sin separación, el asiento o taza es muy parecido a un WC, pero con una diferencia importante: no tiene un tanque de agua. Es un asiento desde donde el usuario realiza su depósito. La orina y heces caen a un mismo contenedor o cámara. En este caso la cámara debe estar diseñada para tratar las excretas por oxidación, es decir, deben contar con buena ventilación para que la materia que contiene este constantemente oxigenada. Al igual que en un SES separador, pueden utilizarse dos cámaras alternas o pequeños contenedores intercambiables, pero probablemente deberán ser de mayor volumen porque ahí se tratan sólidos y líquidos, lo que implica agregar más cantidad de mezcla o agregado. En este caso el tratamiento es más parecido al proceso de hacer una composta (abono orgánico), donde el equilibrio y balance del material depositado en la cámara es clave para una transformación efectiva y sin olores. Se puede utilizar aserrín, hojas secas, etc. para cubrir las excretas cada



vez que se usa el SES, lo importante para lograr un buen balance es agregar un material rico en carbono.

En cualquier SES el sistema de ventilación es importante. Las cámaras o contenedores pueden ventilarse mediante un tubo que al calentarse con el sol succiona el aire dentro de ellas y permite una circulación constante de oxígeno. O puede contar con un ventilador eléctrico. Las cámaras son construidas sobre la superficie de la tierra para evitar filtraciones. Dos cámaras de 300 a 500 litros de capacidad pueden ser suficientes para una familia de 5 personas. Pero si se quiere hacer el cálculo se tiene como base que durante un periodo de 6 meses una persona llena aproximadamente un espacio de 60 lt.

Hay quienes prefieren el tratamiento por deshidratación porque consideran que al separar las excretas es más fácil evitar olores desagradables y les resulta más sencillo deshidratarlas que balancearlas y transformarlas por oxidación. Al usar la orina como fertilizante se aprovecha el valor nutritivo de las excretas, pues es la orina la que contiene la mayor cantidad de nitrógeno, fosfato y potasio. El valor nutritivo de los sólidos es casi nulo y además son las heces las que contienen microbios nocivos para la salud. Como la orina no contiene patógenos, se puede aplicar como fertilizante inmediatamente sin riesgo de transmitir enfermedades.

Si se elige el tratamiento por oxidación se obtendrá de las cámaras un abono rico en nutrientes gracias a la combinación balanceada de elementos ricos en carbono, nitrógeno, fosforo y potasio. Aunque se debe esperar para aplicar este enriquecedor de suelo, puede resultar atractivo porque no requiere de un mueble especial. Este método resulta más cómodo ya que se puede hacer el depósito sin poner atención a mecanismos de separación.

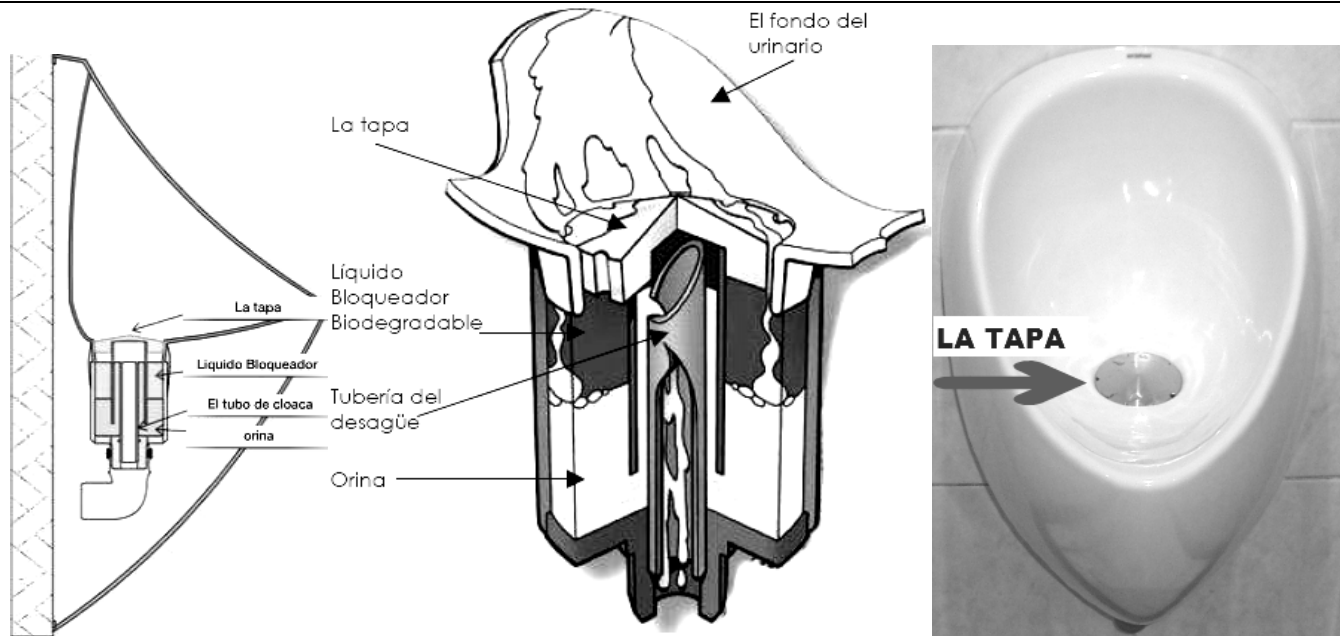
Este aparato parece no viable en zonas urbanas debido a que requiere de cierta capacidad de almacenamiento y en especial que el usuario adopte la cultura de realizar el tratamiento con la mezcla a cambio de la descarga del excusado. Sin embargo existen otros tipos de sanitarios sin agua más convencionales y adaptables para su uso en las ciudades como el que se verá a continuación.

2.2.4 Mingitorio sin agua

Este tipo de sanitarios es de origen danés y ya se encuentra en 24 países, su uso es más de carácter comercial, es decir se ha instalado con mayor frecuencia en lugares como centros

comerciales y oficinas. Este sistema no requiere de instalación de agua, es 100% libre de olores y químicos.

Figura 6. Sistema Uridan, urinario o mingitorio sin agua



Fuente: <http://www.uridan.es> mayo de 2009

En la figura 6, se muestra como en el fondo del mingitorio o urinario se encuentra un sifón patentado que contiene un líquido bloqueador biodegradable que es menos denso que la orina como se observa en la figura. Por esto la orina al tener mayor densidad pasa directamente a través del líquido bloqueador biodegradable al drenaje. El líquido se mantiene por encima y bloquea los malos olores, por esto no requiere de agua. Después de 7,000 utilizaciones el sistema indica que el líquido debe de ser reemplazado, esto ocurre cuando el líquido bloqueador biodegradable presiona hacia arriba y sale por entre los agujeros de la tapa del fondo. Esta tapa requiere de una llave especial para ser removida y tiene orificios pequeños, lo que garantiza que no se pueden tirar cosas de tamaño considerable al drenaje, impidiendo así que se obstruyan las tuberías y garantizando la seguridad de la pieza.

Adicionalmente solo requiere de 50 mm de diámetro de desagüe, este sistema es novedoso pero tiene que seguirse cierto tipo de lineamientos para garantizar su correcto funcionamiento, entre ellos:

- no verter el líquido bloqueador biodegradable antes de que se haya insertado la cubierta de acero inoxidable.
- en cuanto al mantenimiento, se requiere tener el líquido que funciona como sifón que es de propiedad intelectual de la compañía y no perder la llave de la tapa que se debe remover para hacer el mantenimiento.
- a diario se debe realizar una limpieza pulverizando el interior y el exterior con un spray que está igualmente patentado por la compañía. Lo que limita un poco al usuario e implica un cuidado especial, como se menciono anteriormente se debe dar una guía de manejo a los usuarios.
- no se debe utilizar cualquier tipo de limpiador, no se deben utilizar limpiadores convencionales, ni que contengan ácidos.

Actualmente en México ya se encuentra en el mercado un mingitorio ecológico cuyo costo es de \$2,800.00 IVA incluido, y el gel desodorante tiene un costo de \$166 por litro. Sin embargo, en lugares donde ya ha sido instalado los usuarios manifiestan inconformidad debido a los olores, esto puede ser por falta de información, de un correcto mantenimiento o de un sello adecuado de la pieza.

2.3 GRIFERÍAS Y DISPOSITIVOS AHORRADORES

Dentro de las medidas a implantar se pueden instalar griferías y accesorios que disminuyen el consumo de agua mediante el aumento de presión o velocidad de salida del agua, disminuyendo así la cantidad a utilizar. Dentro de estos dispositivos se encuentran los aireadores, perlizadores, llaves temporizadoras o con sensores infrarrojos, entre otros.

Figura 7. Aireador

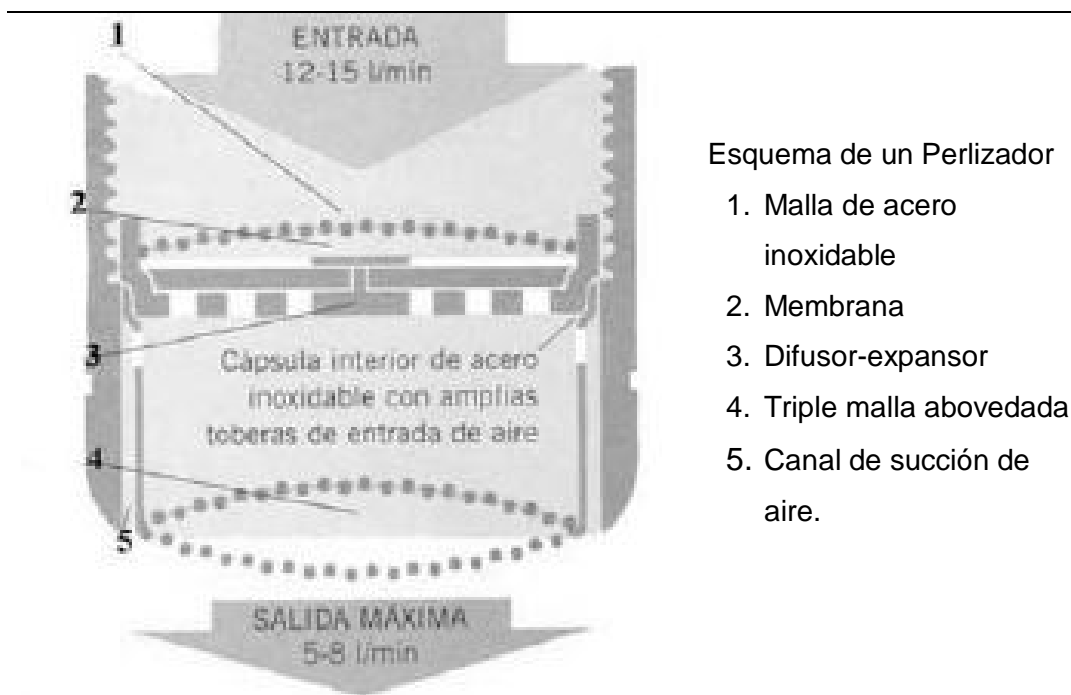


Fuente: www.micasaverde.es mayo de 2009

Los aireadores incorporan un filtro especial como se ve en la figura 7, cuya función radica en frenar el agua, reteniéndola en la grifería y mezclándola con aire. No existe incompatibilidad con instalaciones antiguas, ya que gracias a los diferentes pasos de rosca se puede adaptar a la gran mayoría de los modelos de griferías existentes en el mercado.

En las zonas donde el agua sea dura, con un alto contenido en cal, puede que con el paso del tiempo la cal se incruste en el filtro, limitando así sus funciones. Bastará con sumergir el aireador en agua hirviendo con un poco de vinagre, dejándolo actuar durante 2 horas, pero limita su funcionamiento al comportamiento del usuario. Los aireadores pulverizan el agua a presión continua a partir de 1 bar³ de presión y sin aumentar su caudal a presiones mayores. Consiguen aumentar la velocidad del agua, de forma que con menor caudal consiguen el mismo efecto. Sin embargo han demostrado ser más eficaces los perlizadores.

Figura 8. Esquema de Perlizador



Fuente: www.ayudasenergia.com/guiaAhorrarAgua.htm junio 2008

Un perlizador es un aireador normal de rosca con efecto venturi que garantiza un ahorro de agua del 30 al 40%, como se observa en la figura 8 consta de 5 pasos. El primero es una malla superfina de acero inoxidable, por la cual el agua es filtrada no dejando pasar partículas

³ 1bar de presión= 100,000 N/m²



mayores de 25 micras, que al rebotar contra la membrana retornan, evitando el embozamiento o taponamiento de la malla. Después de rebotar, el agua pasa a una membrana con venturi (5,6,7 ó 8 litros/minuto) que acelera el agua provocando dos efectos, succión de aire y limpieza del difusor. Como tercer paso se encuentra el Difusor-Expansor, el cual difumina el agua facilitando su mezcla con aire. Posteriormente, pasa por una triple malla abovedada, la cual como su nombre lo indica consta de tres mallas cóncavas en acero inoxidable que generan un abundante chorro de burbujas, la malla externa evita la formación de depósitos calcáreos. En el quinto lugar se encuentra un canal de succión de aire que permite que se genere el ahorro de agua. Una de las ventajas que ofrece radica en que se puede instalar en sistemas en uso y es una de las medidas más sencillas y económicas a tomar.

De acuerdo con la “guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México”⁴ se recomienda colocar en cada vivienda un juego de 6 perlizadores para obtener de esa manera un ahorro mensual de agua de 4.62 m³, equivalentes de acuerdo a la guía a \$13.91 al mes y a 0.001493 ton/mes de CO₂ por mes, para una vivienda en donde habitan de 4 a 5 personas.

En materia de griferías se encuentran las llaves ahorradoras, muy comunes en inmuebles de uso comercial o institucional, estos pueden combinarse con dispositivos eléctricos mediante sensores, y llegar a ofrecer hasta un 60% de ahorro en el consumo de agua. En el hogar no es muy común encontrar este tipo de dispositivos pero se pueden instalar y obtener grandes beneficios.

En cuanto al tema de las duchas, se encuentran en el mercado obturadores o cebolletas con obturador integrado a la regadera. En la guía o proyecto piloto desarrollado por el Infonavit se concluyó que al utilizar este tipo de cebolletas, el ahorro de agua para una vivienda en donde habitan de 4 a 5 personas, alcanza valores mensuales de 4.95 m³ y estiman que se evita 1.49 kg de CO₂ al mes. Sin embargo recomiendan que tenga cabeza giratoria para el ahorro de agua durante el enjabonado, flujo de 9 lt/min y debe cumplir con la norma NOM-008-CNA-1998.

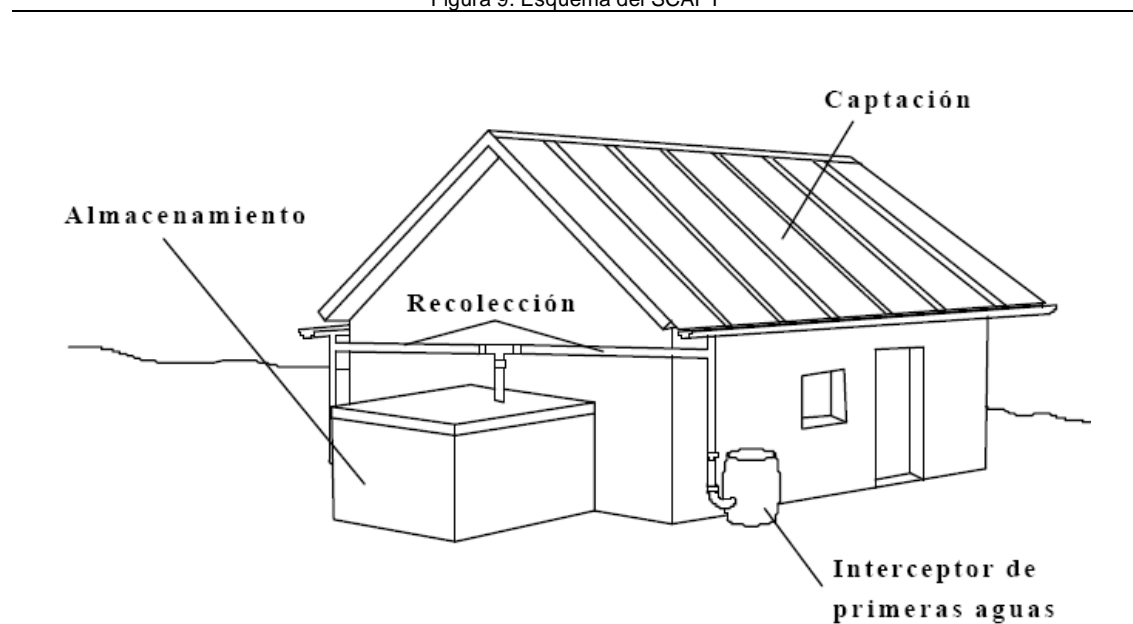
⁴ Fuente: Infonavit 2007.

2.4 USO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO EN LA VIVIENDA

La captación del agua de lluvia es un mecanismo fácil para obtener agua para consumo humano. En muchos lugares del mundo con precipitación alta o media y en donde el abastecimiento de agua potable de las redes públicas no es satisfactorio, se recurre al almacenamiento de agua de lluvia. Dicha agua es almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como área de captación, a los canales y bajantes como medios de conducción y finalmente se dispone en una cisterna o tanques para su almacenamiento y posterior distribución. Este modelo se conoce como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para riego y recarga de acuíferos.

Almacenar esta agua supone una gran ventaja, ya que es bastante limpia, es gratuita y no requiere de instalaciones complicadas para ello. Además el sistema es independiente y por lo tanto se puede usar en comunidades dispersas y es de fácil mantenimiento. Sin embargo, dentro de las desventajas, se cuenta que se requiere de un alto costo inicial y que la cantidad de agua a captar depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

Figura 9. Esquema del SCAPT



Fuente: <http://www.aguasinfronteras.org> mayo de 2009



El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto por 4 etapas importantes: captación, recolección y conducción, interceptor y almacenamiento, como se observa en la figura 9.

- a. Captación: La captación se realiza en el techo de la edificación. Debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo. En cuanto al material del techo no se recomienda la paja, ya que por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

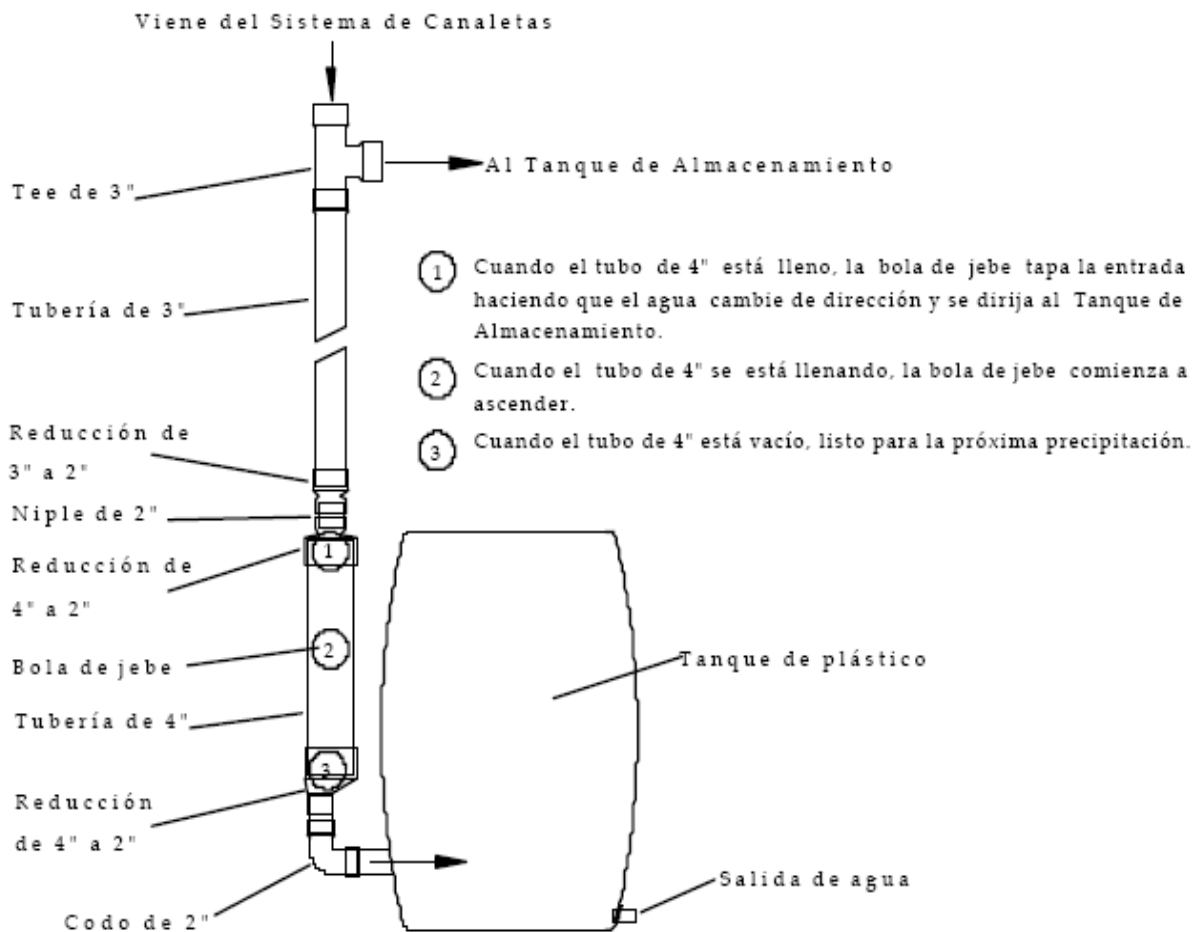
- b. Recolección y Conducción: Este componente es una parte esencial de los SCAPT ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Hoy día es muy común emplear materiales como el metal o PVC. Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son costosas. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. Éstas se fijan al techo con alambre, madera y clavos. Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc., el sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas.

- c. Interceptor: El punto crítico de este sistema se encuentra en el techo, ya que puede almacenar materiales indeseables que con la lluvia pueden ser arrastrados hasta el almacenamiento. Para evitar esto se coloca un interceptor o dispositivo de descarga de

las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente.

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo, este se estima en 1 litro por m² de techo. El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

Figura 10. Interceptor de las primeras aguas



Fuente: <http://www.aguasinfronteras.org> mayo de 2009



Como se indica en la figura 10, se debe realizar una limpieza de este tanque mediante la salida de agua al sistema de drenaje, así la bola de jebe descenderá y estará listo el interceptor para la próxima precipitación.

- d. Almacenamiento: Es la parte destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia, debe ser impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración, debe contar con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar. Así mismo debe tener un sistema de acceso que permita su mantenimiento y limpieza. En la entrada y salida de excesos debe contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales. Si el tanque de almacenamiento se proyecta enterrado, entonces es necesario colocar un sistema de bombeo adicional que permita la distribución del agua de lluvia a los puntos en los que se tiene planeado su uso. Existen en el mercado bombas de agua sustentables de una potencia aceptable y que no contaminan.

Cabe aclarar que el agua de lluvia sin aplicar ningún tratamiento, puede servir para el inodoro, lavadora, limpieza del hogar, y riego de jardines, entre otras actividades que no implican el consumo humano. En caso de querer ser usada para este fin, se requiere remover las partículas que no fueron retenidas en el interceptor mediante la colocación de un filtro francés o de grava-arena y posteriormente realizar un tratamiento de control bacteriológico con la ayuda de un dosificador de cloro.

Al igual que en el caso del calentador solar, este sistema no garantiza el abastecimiento en un 100% del tiempo, por lo cual se debe complementar con el agua que proviene de la red general de abastecimiento. Por ese motivo es preciso saber qué tamaño de depósito debemos utilizar en nuestra instalación y colocar un sistema en paralelo para no mezclar las 2 calidades de agua. O bien, si se va a aplicar el sistema de filtración y cloración, podría darse la mezcla en el almacenamiento y distribución posterior.

Para determinar el volumen del tanque de almacenamiento se puede hacer uso de los datos registrados en estaciones meteorológicas respectivos a los milímetros de lluvia de la zona en la que se vaya a desarrollar el proyecto en un intervalo de tiempo determinado, o de las isoyetas en las que se registra a manera de curvas de nivel la intensidad de lluvia y su periodo de



retorno en un mapa. Después de obtener la precipitación promedio mensual en lt/m^2 , conociendo el coeficiente de escorrentía del material del que está hecho el techo y el área en proyección horizontal del techo, se aplica la siguiente fórmula para calcular el abastecimiento de la tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente de escorrentía y fórmulas para el cálculo del volumen de captación

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Lámina metálica	0.9
Tejas de arcilla	0.8-0.9
Madera	0.8-0.9
Paja	0.6-0.7

$$A_i = \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

Pp_i : precipitación promedio mensual (litros/ m^2)

Ce : coeficiente de escorrentía

Ac : área de captación (m^2)

A_i : Abastecimiento correspondiente al mes "i" (m^3)

Nu : número de usuarios que se benefician del sistema

Nd : número de días del mes analizado

Dot : dotación (lt/persona.día)

D_i : demanda mensual (m^3)

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

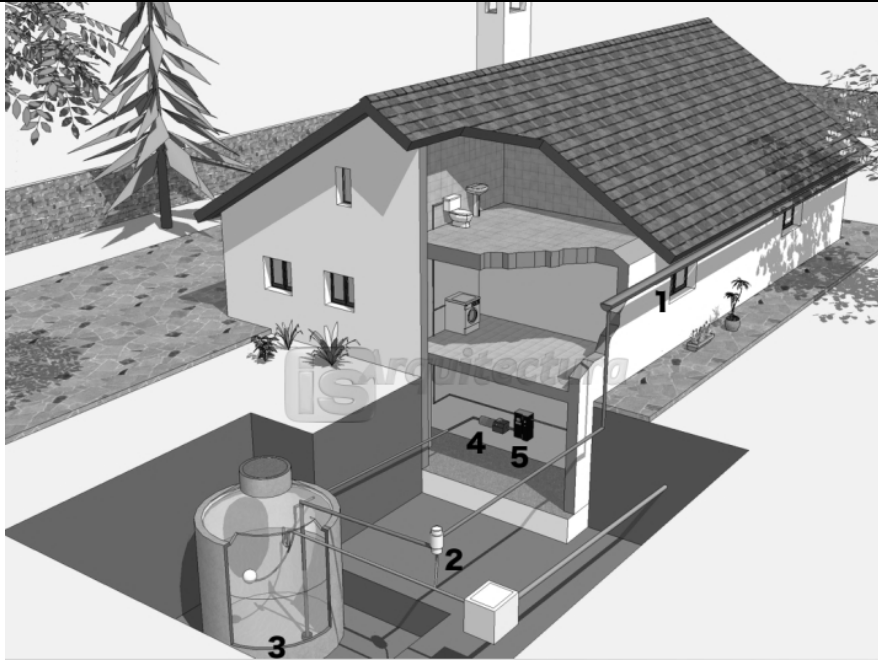
$$V_i (m^3) = A_i (m^3) - D_i (m^3)$$

Fuente: <http://www.aguasinfrenteras.org> mayo de 2009

Posteriormente se hace un acumulado de la oferta de lluvia para todos los meses del año y se saca un promedio, sin tener en cuenta los meses en que la oferta es nula. A este valor se le restará la demanda, cuya fórmula también se encuentra en la tabla 2. El volumen del tanque de almacenamiento se puede calcular entonces como la diferencia que existe entre el volumen del agua captada y el volumen de agua demandada por los usuarios.

Este sistema se está innovando constantemente, hasta hacerlo prácticamente automático. En España este sistema ya incluye en la instalación un sistema de control que indica en cada momento el agua almacenada y que da entrada a la de la red general cuando es necesario. En la figura 11 se muestra un esquema de sistema de captación de agua de lluvia por techo en España. Con este sistema se puede conseguir la captación del agua de lluvia con un aprovechamiento máximo, sin mezclar el agua de lluvia con el agua de la red pública.

Figura 11. SCAPT en España



Fuente: <http://is-arquitectura.es/nuevas-tecnologias-en-viviendas/reciclaje-de-agua/recogida-de-aguas-pluviales/> mayo de 2009

Este SCAPT consta de 5 partes principales:

1-La captación del agua de lluvia se realiza desde la cubierta. Se recoge con el canalón, el cual debe disponer de rejillas adecuadas para evitar que hojas y demás partículas medianas pasen a las bajantes.

2-Un filtro que elimine partículas de mayor tamaño para así evitar que éstas se depositen en la cisterna. Debe disponer de tapa de registro para su limpieza periódica y estar conectado a la red de desagüe, como se puede apreciar en la ilustración.

3-Depósito para almacenar el agua ya filtrada. Dependiendo de los requerimientos será un material u otro. Los más grandes son de concreto siendo además idóneo que vayan enterrados, para evitar la aparición de algas y bacterias. Algunos elementos importantes de la cisterna son los sensores de nivel, sistema de aspiración flotante que recoge el agua 15 cm por debajo de su nivel, el deflector de agua de entrada, y el sifón del rebosadero antiroedores.

4-Bomba de impulsión para la distribución del agua por la vivienda, de materiales adecuados al agua de lluvia, silenciosa y de alta eficiencia.

5-Sistema de gestión y control. Este aparato es imprescindible cuando se tienen dos tipos de agua. Brindará información de la reserva de agua de lluvia existente en el depósito y conmutará con el agua de la red cuando sea necesario.



Estas instalaciones además llevan incorporado antes del filtro un sistema que permite desechar lo primeros litros en las primeras lluvias de la temporada, es lo que se llama "lavado de cubiertas" o interceptor, como se mencionó anteriormente.

Actualmente, este tipo de sistemas se ha ido adoptando con mayor frecuencia y con diferentes tipos de fines. En México se creó el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI), el cual ha desarrollado una planta purificadora de agua lluvia en las instalaciones del Colegio de Postgraduados en Texcoco. El objetivo es que se pueda obtener agua totalmente purificada y apta para consumo humano y crear una patente bajo el nombre de "Lluviatl", la cual ya se encuentra en trámite ante la Secretaría de Salud. Estos son pasos contundentes en la búsqueda de la eficiencia del uso del agua pero se debe ir por más.

En Galicia, España, desde el 2008 se está aplicando una normatividad en la que se exige que todas las viviendas nuevas que se construyan deban contar con un sistema de captación, almacenaje y depuración del agua de lluvia para su reutilización doméstica. Estos depósitos también almacenarán el agua proveniente de los lavabos y duchas, una vez se hallan decantado o sedimentado y filtrado, usándolas para los sanitarios, lavadoras y sistemas de riego. Se estima que el costo de este equipo está alrededor de los €2,000, equivalentes a aproximadamente \$33,000 mexicanos, gasto que bien vale la pena realizar, ya que con el tiempo si la situación ecológica no mejora los precios por m³ de agua serán muy elevados y los beneficios que en materia medioambiental ofrece son incalculables por ser el agua un recurso irremplazable, visto de esta manera dicho gasto se debe tomar más como una inversión. Se estima que con este sistema se logrará un ahorro cercano al 50% del consumo habitual.

Uno de los SCAPT que se está instalando en España, es el que se muestra en la figura 12, el cual ya se encuentre totalmente automatizado. Cuando una toma de agua (inodoro, etc.) se abre, un conmutador activa uno de los dos sistemas de suministro, agua de lluvia en caso de haber disponibilidad, o agua potable, en el caso contrario. Después de una temporada prolongada de sequía, el tanque de almacenamiento de agua lluvia puede estar vacío, es entonces cuando un electronivel ubicado dentro de dicho tanque da la orden a una electroválvula de activar el suministro de agua potable, sin necesidad de que el agua potable



entrada del tanque para así contribuir a mejorar la calidad del agua. Este filtro debe limpiarse periódicamente para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y una calidad de agua aceptable. Adicionalmente, dentro del tanque de almacenamiento de agua de lluvia se deja un sifón de reboso para arrastrar las partículas flotantes.

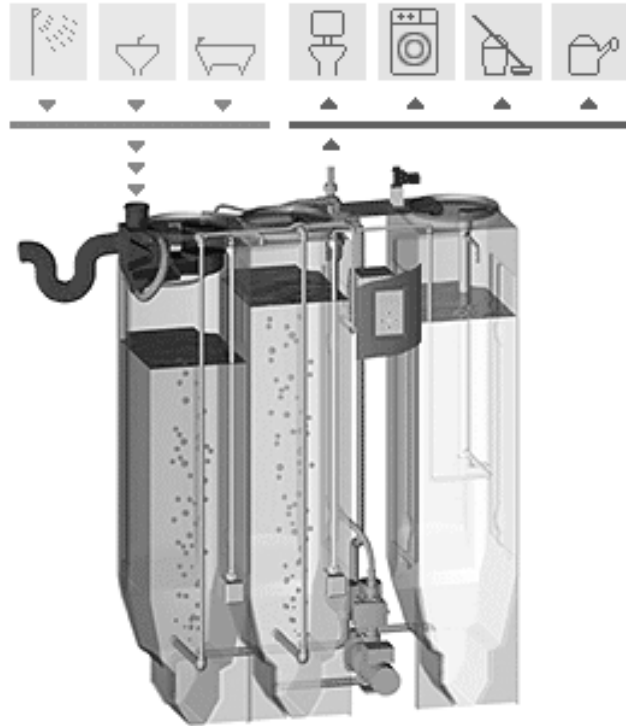
2.5 USO DE AGUAS GRISES PARA CONSUMOS NO POTABLES

En muchas partes del mundo, incluyendo México, la escasez de agua dulce amenaza la vida, salud y economía de muchas personas. En países como Jordania, donde la rápida urbanización expone a millones de personas a la escasez de agua y a los alimentos, una solución aplicada ha sido la agricultura urbana mediante el uso de aguas grises para riego. Esto es solo un ejemplo de cómo los sobrantes de duchas, bañeras y fregaderos constituyen un recurso hídrico infrautilizado pero potencialmente importante. Además de las aplicaciones en la agricultura, este tipo de agua puede ser usada a nivel residencial para muchos fines en los que hoy día aun se continúa haciendo uso del agua potable.

El agua gris, es el agua residual producida en lavabos, duchas, pilas y bañeras. Su característica principal es que contiene grandes cantidades de jabón. El agua resultante de la lavadora puede ser también reusada, pero por utilizar grandes cantidades de jabón y otros productos tiene una calidad menor, por lo que es conveniente no mezclarla con las anteriores para no disminuir su calidad, podría mezclarse siempre y cuando reciba un tratamiento previo o almacenarla en un sistema aparte.

El agua gris con un tratamiento primario, puede ser usada para la descarga de sanitarios, la limpieza de pisos, el riego y la lavadora. Los tratamientos que se le pueden dar para que el agua cumpla con un mínimo de calidad van desde la filtración, aireación hasta la esterilización mediante rayos ultravioleta o con hipoclorito de sodio (cloro), siendo este último el más común pero siempre y cuando no rebase los porcentajes permitidos, ya que en grandes concentraciones puede ser dañino para la salud. También se han construido viviendas acreedoras del premio nacional de vivienda desde el 2008, en las que este tipo de agua se reutiliza después de un tratamiento mediante ozonización. La empresa Soliclima, radicada en gran parte de Europa, Estados Unidos y Colombia ofrece un sistema de reciclaje de aguas grises llamado Aquacycle. En la figura 13, se muestra a manera esquemática como funciona.

Figura 13. Esquema de sistema de reciclaje de aguas grises Soliclima Aquacycle



Fuente: <http://www.solliclima.com/aguas-grises.html>, mayo de 2009

Este sistema es de tecnología alemana y su tamaño es similar al de un armario. Puede instalarse en sótanos o bodegas. Recicla el agua proveniente de duchas, lavabos y bañeras. Su funcionamiento se basa en una filtración biomecánica libre de elementos químicos, mediante la esterilización a través de una lámpara de rayos ultravioleta. La filtración se realiza en las primeras dos cámaras, las que aparecen a la izquierda del esquema. Las partículas de mayor tamaño son recogidas mecánicamente y expulsadas a la red de drenaje. Posteriormente se realiza la esterilización en la cámara de la derecha, mediante la lámpara de rayos ultravioleta que la desinfecta dando cumplimiento a la directiva europea 76/160 EWG de agua para uso doméstico. Si la cantidad de agua requerida es más elevada a la almacenada, se realiza la incorporación de agua de la red de agua potable para garantizar el suministro.

Este tipo de sistema es de gran utilidad y versatilidad en las viviendas y permite ahorros por encima de los 90 m³ al año para una vivienda de 4 a 5 personas, de acuerdo con estadísticas del fabricante.



Tabla 3. Distribución habitual del consumo interno en viviendas

USO	PORCENTAJE	
	INTERVALO	VALOR HABITUAL
Baño (bañera/ducha)	15-25	20
Lavaplatos	5-10	7
Lavado de ropa	15-25	20
Lavabo	8-12	10
Sanitarios	20-40	30
Otros (fugas en sanitarios)	8-12	10

Fuente: Ron Crites y George Tchobanoglous, "Tratamiento de aguas residuales", USA 2000.

La estadística para poblaciones que superan los 60.000 habitantes, indica que el consumo promedio es de 250 lt/hab/día⁵ y en el Distrito Federal, el Director del Sistema de Aguas de la ciudad de México afirma que es de 300 lt/hab/día. Si tomamos como referencia los porcentajes de la tabla 3, de esos 250 lt, 50 lt son consumidos en la bañera o ducha y 25 lt en el lavabo, que sumados sería 75 lt, que equivalen exactamente al consumo en la descarga de los sanitarios o bien se pueden reciclar para uso de la lavadora contando así con un remanente de 25 lt y la demanda del sanitario se podría cubrir con el agua saliente de la lavadora mediante un tratamiento previo. Existe entonces una gran posibilidad de reducir la demanda de agua potable en las viviendas al adoptar este tipo de mecanismos, ya que si instala un sistema como el descrito anteriormente, se estaría logrando un ahorro mínimo aproximado del 30%, equivalente a los 30 lt de descarga del sanitario o reciclaje del agua del baño y el lavaplatos. A continuación se describirá un método sencillo que se comercializa en España para reducir el consumo de agua en el sanitario mediante el uso de agua gris.

2.5.1 Suministro alterno de agua al sanitario

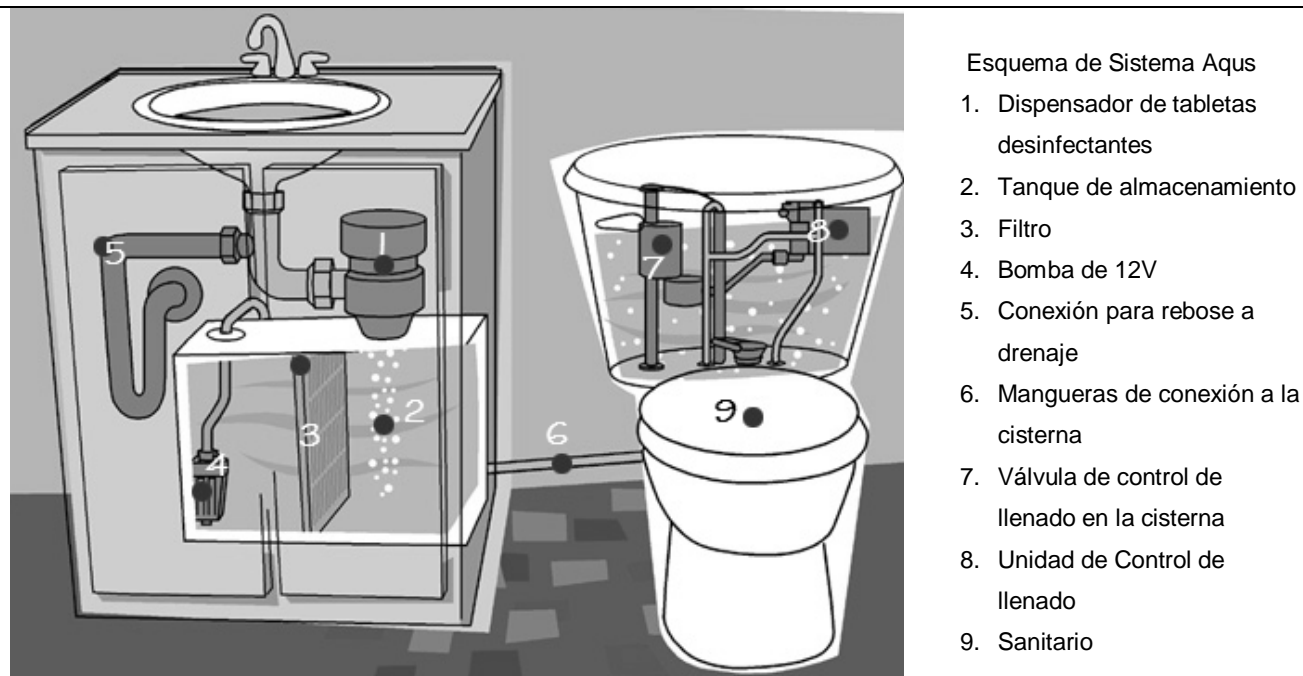
Como se mencionó anteriormente, el uso de agua potable para las descargas del sanitario tiene un gran peso en el consumo de agua dentro de las viviendas. Las tecnologías ecológicas explicadas anteriormente buscan la reducción del uso de agua en los sanitarios y algunos hasta la eliminan, sin embargo existe otro método de ahorro de agua que consiste en abastecimiento

⁵ MELGUIZO B., Samuel. Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de abasto en las edificaciones. Centro de Publicaciones Universidad Nacional Medellín 1994. Quinta edición, primera parte, pág. 165, 318-326.

alternativo mediante la reutilización de aguas grises. Esto se puede dar al reutilizar el agua que sale del lavabo, de la ducha o de la lavadora.

El agua que sale del lavaplatos por tener mayor posibilidad de acumular grasas y residuos no se considera apta para utilizar en la descarga de los sanitarios sin un tratamiento previo. Hoy en día existe un sistema denominado Aquus, el cual se encarga de abastecer de agua a la cisterna del excusado con el agua que sale del lavabo.

Figura 14. Esquema de funcionamiento del sistema Aquus



Fuente: <http://www.watersavertech.com/AQUS-Diagram.html> mayo de 2009

Como se observa en la figura 14, el agua del lavabo pasa por un dispensador de tabletas (1) en el que el agua a reutilizar es desinfectada mediante unas tabletas, haciendo que el agua reciclada sea segura para las personas y mascotas, sin embargo este tratamiento es primario y por ende el agua reciclada no es apta para el consumo humano. Posteriormente pasa a un tanque de almacenamiento (2) cuyo volumen permite almacenar 5.5 galones, en él se encuentra una pantalla tipo filtro (3) que permite filtrar partículas como cabellos, pasta dental, entre otros. Después pasa a una pequeña bomba (4) de 12 voltios de corriente continua y que tiene un flujo promedio de 1.6 galones en 1 minuto y 12 segundos. Del lavabo pasan al sanitario (6) cables y mangueras de polietileno que van debidamente recubiertas. La cisterna del

excusado cuenta con una válvula de control (7) de llenado que no cruza la conexión de agua potable ni interfiere con el sistema de drenaje de excesos. Posteriormente se encuentra la unidad de control de llenado (8) que entrega el agua tratada como fuente primaria de abasto para descarga del sanitario (9). Sin embargo se deja una conexión a la red de drenaje (5) para excesos o por si falla el sistema.

La figura 14 por ser esquemática no parece una realidad, sin embargo si observamos la figura 15, encontraremos que en este sistema las partes del sistema son muy convencionales, a excepción de las que se encuentran patentadas, que al parecer son partes comunes con ligeras variaciones.

Figura 15. Partes que integran el sistema Aquus.



1. Tanque de reserva y pantalla de filtro y bomba.
2. Dispensador de tabletas patentado
3. Te deflectora
4. conexiones de desagüe
5. Agarraderas, arandelas y tuercas
6. Unidad de control de llenado patentada.
7. Pernos huecos para tanque patentados.
8. Cubierta externa para cables
9. Tubería de suministro
10. Transformador de 12 voltios corriente continua
11. Tubería de polietileno.



Fuente: <http://www.watersavertech.com/AQUS-Diagram.html> mayo de 2009.

Este sistema a pesar de ser tan sencillo permite obtener grandes ahorros, de acuerdo a datos suministrados por el fabricante si se almacena 8 galones de agua al día, se estarían ahorrando



2,960 galones que equivalen a aproximadamente 11.2 m^3 de agua al año. Si tomamos la tarifa más baja y más alta en México, estaríamos ahorrando entre \$16 y \$112 al año, lo cual parecería insignificante, pero si hablamos de desarrollos habitacionales los valores en conjunto para las viviendas pueden ser mucho mayores, sin tener en cuenta la cantidad de sanitarios que se pueda tener por vivienda. La cantidad de agua ahorrada al día puede alcanzar el valor de 14 gal, dependiendo de la capacidad del tanque de reserva, con lo cual se llegaría a ahorrar 5,110 gal o 19.35 m^3 de agua. En el subcapítulo 6.1.1 se realizará un análisis económico de la inversión a realizar contra los ahorros y beneficios generados al instalar diferentes tipos de ecotecnias.

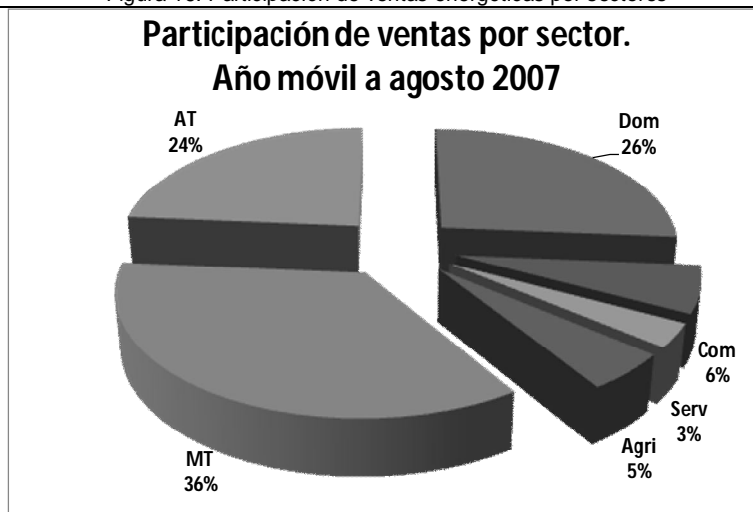
3. SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES PARA VIVIENDAS ECOLÓGICAS

3.1 EL PROBLEMA ENERGÉTICO EN MÉXICO

El calentamiento global es un problema que afecta diariamente al medio ambiente, a la naturaleza, la calidad de vida de las personas y de las generaciones futuras. A pesar de que son muchas las variables que lo ocasionan, son muy pocas las acciones aplicadas para evitarlo o mitigarlo, una de estas es la generación de electricidad mediante la quema de combustibles fósiles como el petróleo y gas licuado del petróleo (LP), entre otros, los cuales son fuentes de energías no renovables y contribuyen de manera importante a la generación de gases efecto invernadero (GEI).

La economía mexicana está muy ligada con la producción de petróleo, sin embargo, después del inicio de la crisis de este recurso alrededor de 1973, y el incremento constante de su precio y escasez, es de gran importancia que se fijen nuevas metas y sistemas de producción energéticos, no solo para solventar los problemas de abastecimiento domiciliario sino para crear nuevas alternativas de inversión y producción en la economía del país.

Figura 16. Participación de ventas energéticas por sectores



Fuente: Ing. Enrique Vargas Nieto, CFE.

De acuerdo con la figura 16, del total de la energía vendida en el mercado por la CFE, un 26% corresponde al sector doméstico, esto sin tener en cuenta las conexiones clandestinas que a diario sufren las redes. Adicional a esto se debe tener en cuenta los subsidios tarifarios en el sector domiciliario. Actualmente existen siete tarifas en el sector doméstico, las cuales a mayor



temperatura en verano es más grande el subsidio, pero es inversamente proporcional al consumo, ya que existen límites máximos de consumo que permiten subsidiar⁶.

Tabla 4. Estructura tarifaria de la CFE del 2007

Tarifa	Temperatura °C	Límites de Consumo Mensual (kWh)				Doméstica Alto Consumo (DAC)*
		Bajo		Moderado		
		Verano	Fuera Ver.	Verano	Fuera Ver.	
1	NA	≤140		>140		>250
1A	≥ 25	≤150		>150		>300
1B	≥ 28	≤225	≤175	>225	>175	>400
1C	≥ 30	≤300	≤175	>300	>175	>850
1D	≥ 31	≤400	≤200	>400	>200	>1,000
1E	≥ 32	≤750	≤250	>750	>250	>2,000
1F	≥ 33	≤1200	≤250	>1200	>250	>2,500

* Promedio de 12 meses

Fuente: Ing. Enrique Vargas Nieto, Coordinador Comercial de la Comisión Federal de Electricidad. *Powermex 2007*

Como se refleja en la tabla 4, la estructura tarifaria de la CFE contempla subsidios para las tarifas 1A hasta la 1F, lo cual refleja que más de la cuarta parte de la energía producida en México va dirigida hacia el sector doméstico y un gran porcentaje de esta es subsidiada por el Gobierno, por ende es un sector en el que conviene trabajar e invertir para disminuir su consumo y las emisiones de GEI que se generan en su producción.

En cuanto a los consumos de gas LP reflejados en la figura 17, México ocupa el primer lugar en consumo per cápita de kg/habitante en el mundo, llegando a ser insuficiente la producción nacional que está alrededor de 242 millones de barriles diarios (Mbd), puesto que el consumo alcanza valores de 308 Mbd, teniendo que importar el faltante de otros países y teniendo que desarrollar grandes infraestructuras y ductos que pueden ser afectados por fugas o robo de contrabandistas.

Si a esto se suman los subsidios que el Gobierno otorga a las empresas que lo distribuyen, generando un sobre costo nacional que actualmente le está costando a Pemex la cantidad de nueve mil millones de pesos al año⁷, puesto que compran a U\$13 el millón de BTU⁸ y lo venden

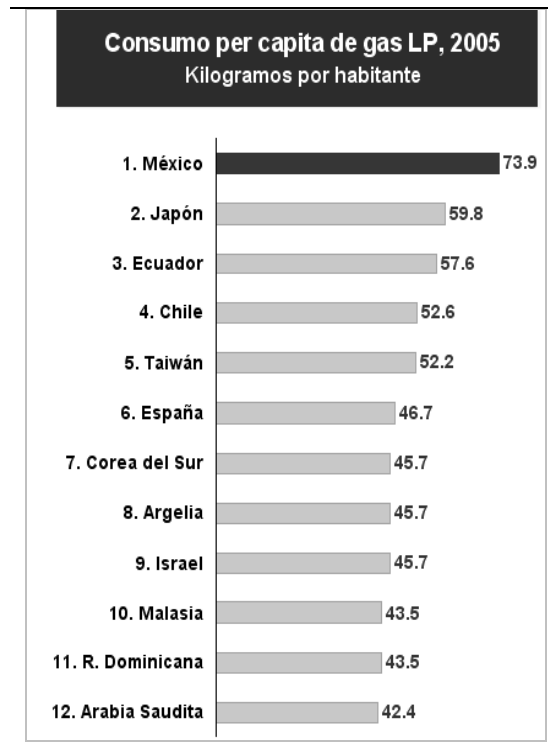
⁶ Fuente: Ing. Enrique Vargas Nieto, Coordinador Comercial de la Comisión Federal de Electricidad. Presentado en Powermex 2007.

⁷ Fuente: Periódico Reforma del 16 de octubre de 2007: Pierde Pemex 9 mil millones por gas LP

⁸ Btu: Unidad térmica británica, calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit

a las empresas en U\$7.65, surge como resultado la necesidad de hacer uso de otro tipo de fuente que no sea tan costosa e incierta para el consumidor final como para el País.

Figura 17. Consumo per cápita de Gas LP (kg/hab)



Fuente: Ing. Miguel Bueno Fernández. Pemex

Actualmente el panorama es sombrío, ya que a esto se suman las prácticas monopólicas que encarecen el valor de combustible al consumidor final, esto según artículo publicado por la Revista Fortuna, Negocios y Finanzas, en su edición N°48 de enero de 2007, en la que argumenta:

“...El director de Estudios Económicos de la Fundación “Rafael Preciado Hernández”, Francisco Calderón Quintero, define el negocio del gas licuado de petróleo en México como “un cártel del gas”, cuya existencia –solapada por la Secretaría de Energía– genera millonarias ganancias a los distribuidores, a costa del gasto de la población que consume el energético. El titular del área de investigaciones económicas de la Fundación explica: “un cártel es un acuerdo entre un pequeño grupo de productores que dominan el mercado, ya sea por cuota, ya sea por regiones”.



El periódico El Economista critica la existencia del monopolio en la distribución de gas LP en México, pues estima que el consumidor paga los altos costos por el hecho de que sólo cinco grupos empresariales distribuyen el energético. Aún con el subsidio de Pemex al gas LP, dice, *“el consumidor es quien absorbe los altos costos”* y continua diciendo “El Grupo Zeta, el Grupo Tomza, Gas Uribe, Vela Gas y Gas Nieto, durante décadas, han controlado el mercado de gas de consumo casero en todo el país, y ahora incluso en Centro y Sudamérica. Se trata de un cártel que por cada litro de venta al consumidor gana el doble del precio al que lo compra a Pemex y que entre algunas de sus prácticas ilícitas “ordeña” por lo menos un 10 por ciento de cada cilindro, delito que, de acuerdo con la Procuraduría Federal del Consumidor, genera ganancias ilegales cercanas a los 7 mil millones de pesos anuales...”

Sin embargo, el motivo de esta tesis no radica en fines políticos, simplemente pretende resaltar la problemática actual y plantear una opción de consumo económico y renovable a las familias mexicanas, aumentando su calidad de vida y la de generaciones futuras al reducir las emisiones de GEI.

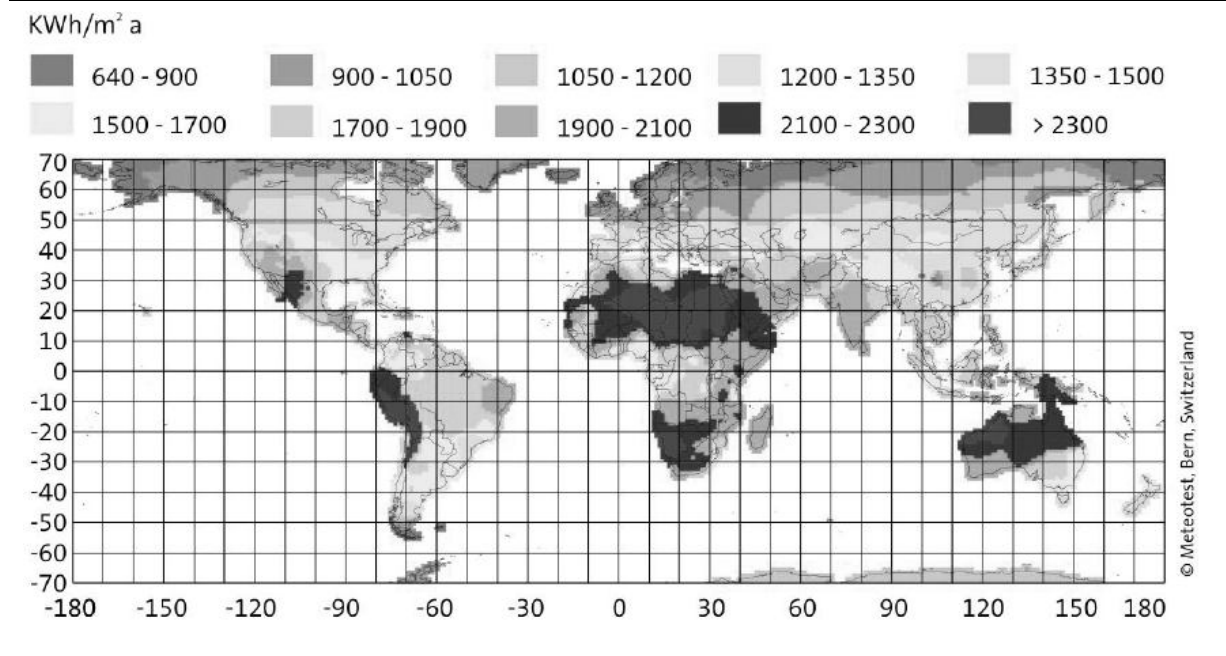
A continuación se presentarán diferentes alternativas a implementar para el consumo de energéticos en la vivienda, éstos se han desarrollado industrialmente en las últimas décadas y convendría que los desarrolladores de vivienda los conozcan y los implementen, dejando a un lado su descontento por desconocer las técnicas y el leve incremento en su precio de venta, desventaja que en realidad representa una ventaja al consumidor final ya que dejaría de depender un 100% de los suministros a través de los servicios públicos, ayudando a disminuir el costo nacional por subsidios, la necesidad de aire acondicionado futuro y la existente debido al incremento de la temperatura global, falta de recursos naturales como el agua y las condiciones climáticas adversas a las que nos enfrentamos en la actualidad como inundaciones, incendios forestales y otras que en el futuro pueden tener mayores magnitudes.

3.2 LA CAPACIDAD ENERGÉTICA SOLAR EN MÉXICO

El sol es una fuente de energía que desde muchos años ha permitido que exista vida en el planeta. Las emisiones de CO₂ son básicas para que exista vida en el planeta, ya que gracias a éstas la tierra no es un planeta congelado, el problema básicamente radica en que se han

producido grandes emisiones de gases efecto invernadero que hoy día no permiten la salida de la radiación de calor del sol de la tierra, produciendo lo que comúnmente conocemos como efecto invernadero. Pero el sol lejos de ser un enemigo, puede ser un gran aliado si se le sabe utilizar, ya que gracias a avances tecnológicos, hoy día se puede hacer uso del sol como fuente renovable, esto consiste en convertir la radiación solar en calor y en electricidad, llamadas conversión fototérmica y fotovoltaica, respectivamente.

Figura 18. Radiación solar mundial por metro cuadrado anual en (kwh/m² a)



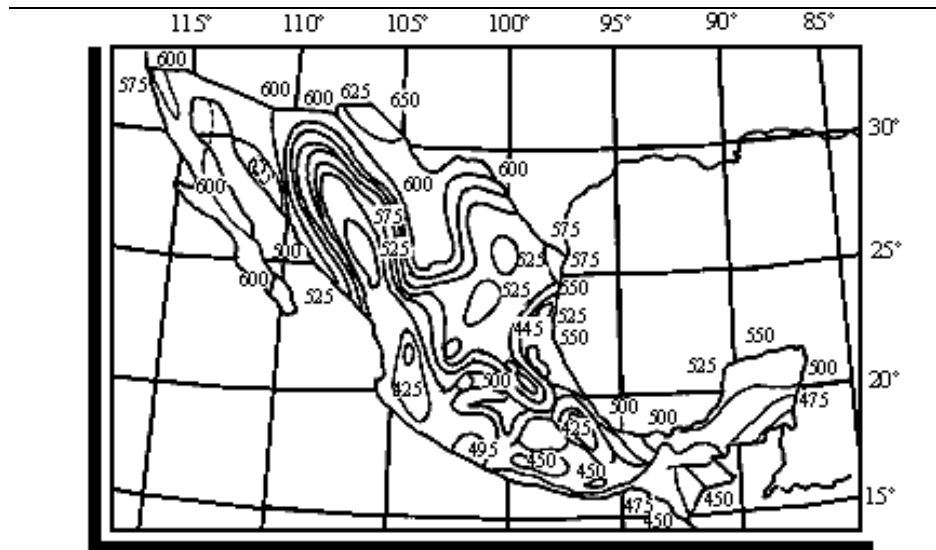
Fuente: Meteotest, Bern.

Como se observa en la figura 18, México está ubicado en una zona bastante estratégica que permite obtener la radiaciones de sol bastante importantes, las cuales oscilan entre 1,700 a 2,300 kwh/m² al año.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que los movimientos de rotación y traslación de la Tierra hacen que varíe la cantidad de radiación que recibe el planeta, al igual que las estaciones climáticas. En si existen otros factores que afectan la cantidad de radiación solar que puede recibir un área determinada, entre ellos se encuentran la latitud y la longitud geográfica, la altura sobre el nivel del mar, la concentración de vapor de agua y la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera, sin embargo no se desea entrar en detalles muy técnicos, por lo cual basándonos en un estudio realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, en el cual se

midieron estas variaciones se obtuvo el mapa de México con la radiación mensual que reciben diferentes lugares del País. Por ejemplo, la latitud y la longitud de Ciudad Universitaria en el Distrito Federal, es 19°20' Norte y 99°11' Oeste y el promedio de radiación anual por día en el año de 1966 fue de 5.278 kwh/ m². Esto quiere decir que en promedio cada m² de Ciudad Universitaria recibió ese año 5.278 kwh por día.

Figura 19. Radiación solar mensual en México por m²



Fuente: Juan Tonda, El oro solar y otras fuentes de energía.

En la figura 19 se muestra un mapa de radiación solar de México y cada una de las líneas corresponde a los lugares que reciben la misma cantidad de radiación. Como puede apreciarse, los estados de Sonora y Baja California son los que reciben anualmente mayor cantidad de radiación solar. Por otro lado, cabe señalar que la ciudad de México se encuentra entre las cinco grandes ciudades del mundo que reciben mayor cantidad de radiación solar, lo cual nos permitiría tomar ventaja para la implantación de sistemas energéticos solares.

Sin embargo, el problema de colocar sistemas fotovoltaicos en el Distrito Federal y otras grandes ciudades radica en las condiciones de sitio, ya que si se llega a construir un edificio más alto a un lado del sistema, es probable que su sombra se proyecte, disminuyendo considerablemente la efectividad del mismo, al punto de llegar a hacerse nula. Es por esto que se debe realizar un adecuado estudio de uso de suelo y sacar el mayor provecho de éste, ya sea implementando las condiciones de la Norma 26 del Distrito Federal, que se creó para facilitar la construcción de vivienda de interés social y popular, y permite realizar edificaciones



para este tipo de viviendas de hasta 6 niveles, dependiendo de la zona en que se encuentre el proyecto, o bien tener en cuenta la altura máxima permitida de las edificaciones en la zona.

Una vez que se han salvado este tipo de obstáculos, conviene revisar los sistemas fotovoltaicos actuales, la legislación para este tipo de proyectos, la capacidad, costos y beneficios que nos ofrecen.

3.3 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

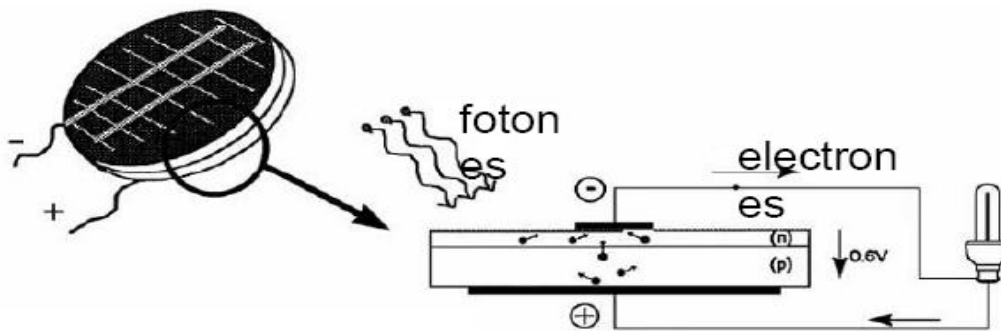
El sol arroja 4,000 veces más energía de la que se consume en todo el planeta, pero aún no se aprovecha éste recurso en los porcentajes que debiese. Alemania es un País que se encuentra en gran desventaja contra México en materia de radiación solar, sin embargo es el país con mayor cantidad de instalaciones solares en el mundo, alcanzando una potencia solar instalada equivalente al 62% de todo el continente europeo, lo cual nos invita a reflexionar y aprovechar el gran potencial que se puede generar en México. Se estima que la energía consumida en todo el mundo podría ser suplida con un campo de sistema fotovoltaico de 145,000 km², esto es aproximadamente un campo de 380 km * 380 km.

Una de las desventajas, es que actualmente los paneles solares no son capaces de transformar toda la irradiación solar en energía eléctrica, se debe tener especial cuidado en su orientación, y los precios de adquisición son elevados, pero en la medida en que se vaya incrementando la oferta se espera que este disminuya, tal como ha pasado con los teléfonos celulares, computadores, etc.

Los sistemas fotovoltaicos tienen un impacto sobre el medio ambiente, debido al consumo de energía y a la utilización de productos químicos durante la fase de fabricación de sus paneles. Sin embargo, en su funcionamiento y después de este, no tiene impacto sobre el medio ambiente, ya que una vez desmontado, los materiales de base (aluminio, vidrio, silicio, soportes y componentes electrónicos) pueden ser todos reutilizados o reciclados sin inconveniente. Una célula solar reembolsa la energía necesaria a su fabricación en 3 años, incluido los cuadros, soportes y cables necesarios a su uso. Las fábricas de componentes fotovoltaicos están comprometidas a recuperar y reciclar todos sus efluentes bajo severo control. Dentro de sus ventajas se tiene que es explotable casi en todas partes, porque la luz del sol está disponible en

el mundo entero, es totalmente modulable el tamaño de las instalaciones, puede ser fácilmente ajustado según las necesidades o los medios, además no produce ningún tipo de contaminación directa o indirecta (efluentes atmosféricos o líquidos, productos de limpieza, riesgo de accidentes físicos), ni ningún tipo de perturbación para el ambiente de proximidad, como lo hacen los transformadores de las redes eléctricas. Su mantenimiento y reparaciones son mínimos y puede adaptarse a la mayoría de los edificios, (habitaciones, edificios, empresas, centros comerciales).

Figura 20. Principios básicos de funcionamiento de una celda fotovoltaica



Fuente: (Tenesol y MC2, 2008)

El mecanismo de funcionamiento de un sistema fotovoltaico es muy sencillo. En la figura 20 se muestra como cada módulo o celda solar consta de varias células solares, las cuales están compuestas de obleas, que son discos finos de silicio de unos 0.2 a 0.3 mm de grosor, es en estas pequeñas unidades donde se realiza el efecto fotovoltaico. Las obleas son cubiertas mediante un tratamiento llamado dopaje, con átomos extraños, generalmente de boro y fósforo, los cuales generan en la célula 2 capas, positiva y negativa respectivamente, dejando entre ellas un campo eléctrico. Al incidir la luz sobre la célula, las cargas eléctricas fotogeneradas en dicha zona se separan, generando así en las conexiones eléctricas una tensión continua de aproximadamente 0.6 voltios. Para que esta potencia pueda ser aprovechada es necesario conectar estas células en serie y así mismo reducir las pérdidas por línea. Estas células conectadas en serie conforman lo que se conoce como módulo, celda o panel solar, y la conexión de estos en serie es lo que se denomina string o cadena. La suma de todas las cadenas interconectadas conforma el generador.



El generador al igual que las baterías produce corriente directa (CD), lo cual implica que debe transformarse a corriente alterna (CA) para que se pueda hacer uso de ella, esto implica que la dirección de flujo de corriente cambia de sentido muchas veces por segundo, entonces será de 60 veces por segundo o 60 Hz en América y 50 veces por segundo o 50 Hz en Europa. Dependiendo del país en el que nos encontremos y de las condiciones y requerimientos del lugar será necesario utilizar un inversor, el cual es capaz de convertir la energía de corriente directa a alterna con porcentajes de eficiencia muy altos, oscilando entre el 85% y el 92%. Esto debido a las condiciones que vimos anteriormente de corriente alterna y a que el voltaje disponible en los tomacorrientes de la mayoría de los países de América es de 120 v y en Europa y algunos restantes de América es de 230 v. Este inversor generalmente es de dos tipos, uno para los sistemas aislados y otro para los sistemas que pueden conectarse a la red, estos últimos son los que tendremos en cuenta para esta investigación, debido a que en la actualidad y desde mediados del 2007, la CFE estableció contratos de interconexión, los cuales veremos a detalle posteriormente.

En lo posible se debe procurar comprar el inversor y todos los demás sistemas de un mismo fabricante para así garantizar su compatibilidad y evitar sobrecargas o posibles averías. Se debe tener en cuenta a la hora de escoger el tipo de instalación, que los módulos pueden ir conectados en serie, en paralelo o combinando ambos tipos de circuitos, lo cual condiciona el voltaje y la intensidad de corriente de la instalación y el tipo de inversor. Existen varios modelos de inversor:

- Inversor central para todo el generador solar
- Inversor de cadena para la conexión en serie de varias hileras
- Inversor de módulo por cada módulo solar.

En la conexión en paralelo las intensidades de los respectivos módulos se suman, mientras que el voltaje permanece igual. En la conexión en serie los voltajes se suman, mientras que la intensidad de corriente a través de los módulos permanece constante.

En instalaciones sin sombra es preferible instalar los módulos en serie, ya que los altos voltajes permiten menores secciones de cable y en líneas de conducción largas a mayor voltaje menores intensidades de corriente y menores pérdidas por conducción. Esto debido a que la

electricidad funciona como el agua en la tubería, en este caso el generador funcionaría como la bomba de agua, la cual puede mover una cierta cantidad de moléculas de agua a una cierta presión. De la misma manera el generador está obligando a los electrones a fluir dentro del elemento conductor, esta cantidad de electrones o intensidad de corriente eléctrica se mide en amperios y la presión o voltaje se mide en voltios y el producto de estos dos de acuerdo al aparato de consumo dará como resultado la cantidad de vatios que se consumen. Por ende es mejor distribuir poca intensidad o agua a una gran potencia o presión que una gran intensidad o agua a poca potencia o presión por un gran diámetro de cable o tubo de agua.

En cambio se deben conectar los módulos en paralelo cuando partes de la instalación queden bajo sombra y deban montarse módulos con bajas tolerancias de potencia para evitar las pérdidas por desajuste, de lo contrario es posible que se excedan los voltajes admisibles de entrada en el inversor. Más adelante se hará un ejemplo de sistema de instalación FV para vivienda.

Figura 21. Eficiencia de los paneles solares con respecto a la temperatura

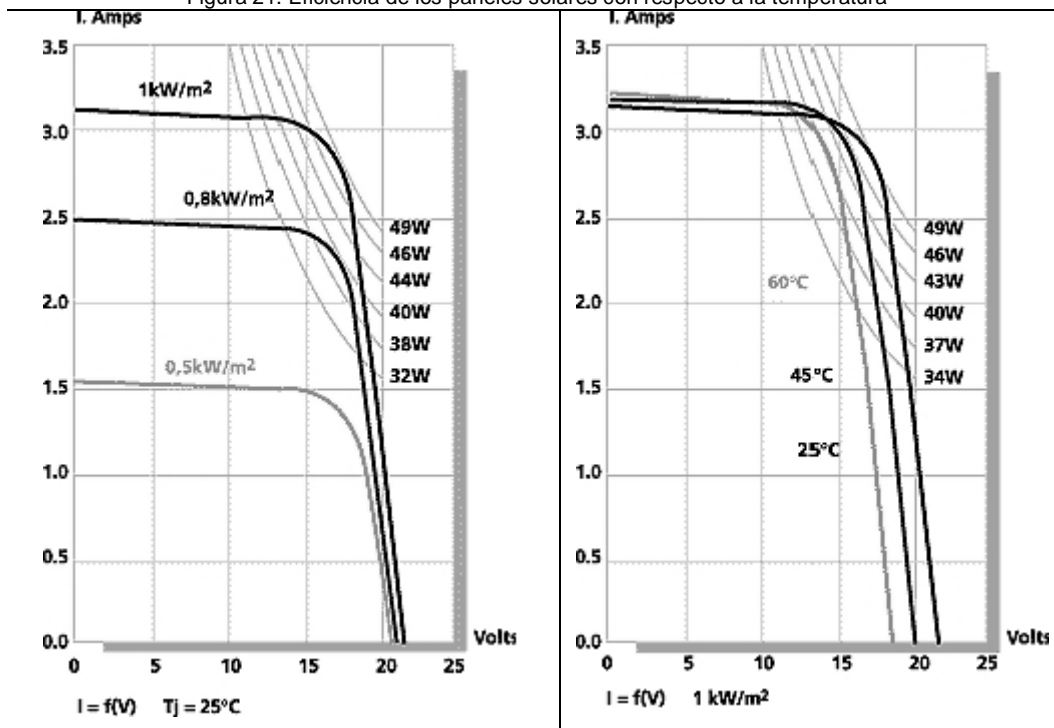


Gráfico 1. Variación de la intensidad de corriente y voltaje según la radiación a temperatura constante de 25°C Fuente: www.solartronic.com

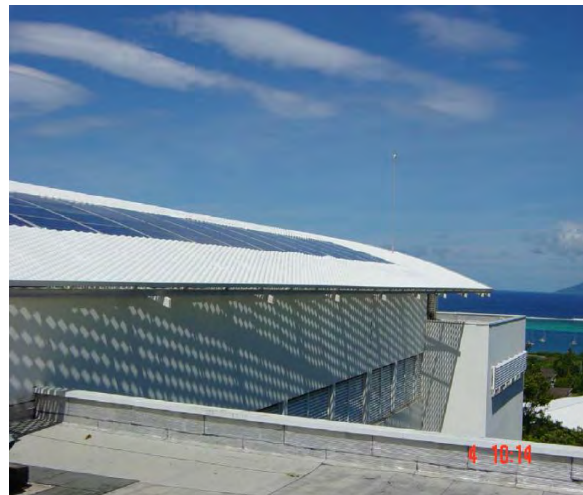
Gráfico 2. Variación de la intensidad de corriente y voltaje según la temperatura a intensidad de radiación constante de 1 kW/m². Fuente: www.solartronic.com

Es importante aclarar que la máxima potencia de una célula solar se determina con una intensidad de irradiación de 1 kw/m^2 , con una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ en la célula, esta condición se conoce como potencia pico y su unidad de medida será wp (vatios pico). Así pues, la potencia es directamente proporcional al tamaño de la célula y a mayor temperatura su eficiencia empezará a disminuir, esto a una razón aproximada de 0.5% por grado centígrado de aumento después de los $25 \text{ }^\circ\text{C}$, esto puede hacer que en días despejados de invierno se tenga un mayor rendimiento que en días despejados de verano, como se observa en el comparativo de gráficas de eficiencia de la figura 21.

Figura 22. Ejemplos de módulos solares instalados



Módulos con marco independiente del tejado.



Módulos sin marco e integrado al tejado





Para evitar que la temperatura en la célula aumente significativamente existen técnicas sencillas que pueden implantarse, tal es el caso de refrigeración por viento y emplazamiento, esto tiene que ver precisamente con el tipo de instalación de los módulos, ya que estos pueden ir integrados al tejado, convirtiéndose en parte de la arquitectura de la edificación, pero sacrificarán así la posibilidad de ventilarse y en caso de requerir un mantenimiento o cambio por avería de algún módulo su desmontaje y montaje representarán un gran obstáculo y complejidad. Si se ubican en la terraza estos módulos, en cierto modo no serán muy estéticos y habrá que ubicarlos de tal modo que la sombra de los antepechos no los cubra parcial o totalmente. Esto sumado a las características del módulo en cuanto a dimensiones, peso y



manejabilidad hace parecer que la instalación de los paneles integrados al tejado es obsoleto, sin embargo, tienen una ventaja en cuanto al mantenimiento por limpieza, ya que por no poseer marco de aluminio el polvo, nieve y demás obstrucciones pueden ser fácilmente arrastradas por la lluvia, adicionalmente al no generará reflexiones molestas. De este modo cualquiera de las 2 alternativas es viable, pero se deben tener en cuenta los requerimientos de mantenimiento y limpieza para cada uno de ellos a la hora de instalarse, como en la figura 22, en la que se encuentran paneles solares instalados de manera integrada con el techo o de manera independiente.

Existe cierto escepticismo en general con respecto al funcionamiento de estos sistemas en condiciones de nubosidad parcial o sombreado parcial, por lo cual es importante saber que cada cadena está protegida mediante un diodo bypass para evitar, en caso de sombreado de células individuales, daños por calentamiento excesivo y mitigar así la reducción de la eficiencia del módulo. También se debe tener en cuenta que existen 4 tipos de células solares: monocristalinas, policristalinas, de capa fina y de silicio amorfo. Entre éstas, las células de capa fina tienen la ventaja de que poseen una mayor tolerancia al sombreado y un menor descenso de eficiencia a altas temperaturas por ser de diseleniuro de cobre e indio o telurio de cadmio, pero esta ventaja representa a su vez una desventaja, ya que su eficiencia equivale a la mitad de las monocristalinas y requiere por ende de mayor área de instalación para generar la misma electricidad, cómo se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5. Células solares, eficiencia de módulo y superficie necesaria para generar 1 kwp

TIPO DE CÉLULA	EFICIENCIA DEL MÓDULO	SUPERFICIE NECESARIA PARA 1 kwp	
Monocristalinas	11-16%	7-9 m ²	
Policristalinas	8-14%	8-11 m ²	
Capa fina de diseleniuro de cobre e indio	6-8%	11-13 m ²	
Amorfa	4-7%	16-20 m ²	

Fuente: Guía del Instalador de energías renovables. Perales, Tomas.

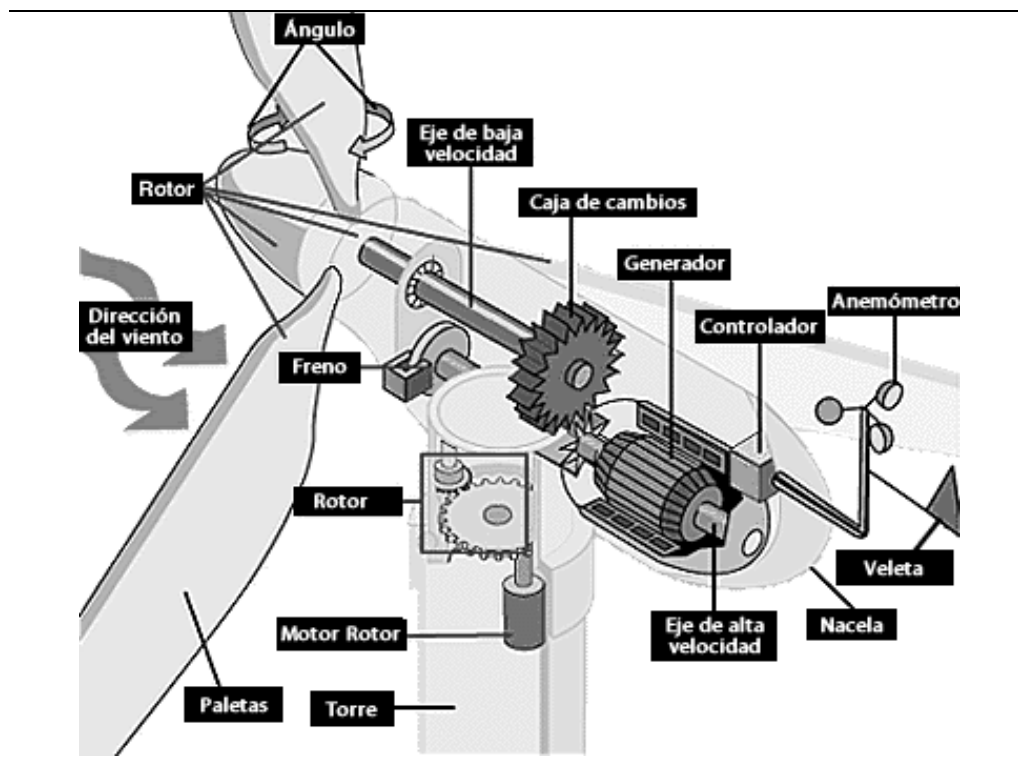
En general las células monocristalinas son más eficientes pero su gran desventaja es el precio, es por esto que en el mercado tienen mayor salida los módulos de células policristalinas,

ofreciendo una eficiencia bastante aprovechable y un área razonable. Hoy día se están desarrollando células con mayor eficiencia a través de técnicas como minimización de la reflexión, logrando eficiencias de hasta el 24% ó, con células de varias capas superpuestas de arseniuro de galio y antimoniuro de galio, alcanzando eficiencias de hasta un 31%. Los módulos convencionales en el mercado generan una potencia de 80 a 300 w.

3.4 SISTEMAS DE ENERGÍA EÓLICA

Otro tipo de sistemas que se encuentran en auge tecnológico lo constituyen los sistemas eólicos, que al igual que los solares también requieren de un estudio previo de las condiciones del lugar para determinar su efectividad. La energía se produce nuevamente gracias al sol, ya que este calienta la superficie de la tierra y genera el movimiento de masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia las zonas cercanas de baja presión.

Figura 23. Partes que integran un Aerogenerador



Fuente: <http://www.energy-spain.com/energia-eolica> agosto de 2010

La parte mecánica principal para la producción de la energía eólica la constituyen los aerogeneradores o turbinas eólicas, las cuales incorporan alabes con diseños aerodinámicos que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, ya que una turbina eólica



funciona al contrario que un ventilador, en lugar de utilizar electricidad para producir viento, las turbinas eólicas utilizan el viento para producir electricidad. El viento da vueltas a las láminas o álabes, que hacen girar un eje, que conecta con un generador y produce energía eléctrica, tal como se muestra en la figura 23.

El uso de esta energía es por lo general el más económico en zonas aisladas y dispersas, siempre y cuando se cuente con el recurso eólico apropiado. Para determinar si se cuenta o no con éste, se deben tener en cuenta la velocidad del viento y las características topográficas locales, así como sombras de viento en la dirección del viento predominante. Se debe tener en cuenta que la superficie terrestre influye de manera significativa en los vientos. Objetos como flora, fauna y edificios o estructuras creadas por el hombre pueden crear sombras de viento y por ende turbulencias que reducen la eficiencia de cualquier turbina, por ello se recomienda instalar las turbinas en el lugar más despejado posible. Esto representa un obstáculo a la hora de querer aplicar la energía eólica en las urbes, ya que por desgracia la evolución y ampliación de la mancha urbana es continúa y a menos que se cuente con una zona en la que el uso de suelo sea aplicado estrictamente, se podría hacer uso de esta energía con la confianza de que no se verá afectada por futuras construcciones vecinas. Sin embargo, hoy día se puede predecir si un objeto molestará el flujo de viento. Dicho elemento, debería estar ubicado al menos a 3 veces la altura del elemento más lejos que su edificio, por ejemplo: si el objeto es de 100 metros de altura, debería estar al menos a 300 metros de distancia de su edificio para que no influya negativamente en el rendimiento.

Tabla 6. Escala de medición de viento Beaufort

Fuerza	Descripción	kts	m/s	km/h	mph
0	Calmado	0	0	0	0
1	Aire suave/ligero	1	0.5	1.8	1.1
2	Brisa ligera	4	2.1	7.4	4.6
3	Brisa suave	7	3.6	13.0	8.1
4	Brisa moderada	11	5.7	20.4	12.7
5	Brisa Fresca	17	8.8	31.5	19.6
6	Brisa fuerte	22	11.3	40.8	25.4
7	Casi un vendaval	28	14.4	51.8	32.3
8	Vendaval	34	17.5	63.0	39.2
9	Ventarrón fuerte	41	21.1	75.9	47.2
10	Tormenta	48	24.7	88.9	55.3
11	Tormenta fuerte	56	28.8	103.7	64.5
12	Huracán	64	32.9	118.5	73.7

Fuente: http://www.casaclima.com/archivos/42.6000_s-1.pdf agosto de 2010



Para poder aprovechar la energía del viento es recomendable que este alcance una velocidad mínima de 3.5 m/s y que no supere los 25 m/s. Existe otra unidad de medida del viento y es el Beaufort (bft), el cual se visualiza en barras gráficas (0-12). Éste es un sistema usado para estimar la fuerza del viento sin el uso de otros instrumentos, basado solamente en los efectos visibles del viento en el ambiente físico. Las equivalencias se muestran en la tabla 6. Actualmente la mayoría de los aerogeneradores pueden entrar en funcionamiento a partir de los 3.5 a 5 m/s, pero existen otros de vanguardia en España que pueden producir energía a partir de 2 Bft.

La energía eólica tiene grandes ventajas y a su vez desventajas con respecto a otro tipo de energías. Dentro de sus ventajas encontramos que al igual que la energía solar, al evitar un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica, son procedimientos ambientalmente favorables por ser limpios y sus emisiones de GEI son casi nulas. Además, evitan la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles como gas, petróleo, carbón, entre otros. Si tenemos en cuenta los grandes daños al medio ambiente ocasionados por derrames de petróleo como el que sucedió en el Golfo de México o los ocasionados por el uso de la energía nuclear como fue el accidente de la planta de Chernóbil, la instalación de sistemas de energías renovables no debería siquiera ponerse en duda, ya que al hacer uso de ellas se suprime incluso los riesgos en el transporte de residuos nucleares o de combustibles, además de que no requiere líneas de abastecimiento como canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas. Teniendo lo anterior en mente cabe entonces comparar esta energía con otro tipo de energías renovables como la solar, encontrando así que una de sus ventajas es la posibilidad de producción durante las 24 horas del día, mientras que la solar como vimos anteriormente, solo hace efectiva su producción alrededor de 5 a 8 horas dependiendo de las condiciones del clima. Sin embargo dentro de esta comparación encontramos desventajas como el ruido que hacen los generadores y a gran escala si se ubican en corredores migratorios puede llegar a afectar a especies como aves y murciélagos, entre otros.

Este tipo de sistemas es más común verlos a gran escala y en zonas cerca del mar, llegando a encontrar parques eólicos de capacidades energéticas enormes, por ejemplo un parque cuya capacidad energética sea de 10 MW evita cerca de 28,480.00 ton de CO₂ al año y generar



energía eléctrica para 11,000 familias⁹, además por cada kwh que se genere con este tipo de tecnología se estará evitando 0.60 kg de CO₂, 1.33 gr de SO₂ y 1.67 gr de NOx.

A pequeña escala existen empresas que ya lo están promoviendo como un sistema de energía alternativo y limpio. Pero con las limitantes que se mencionaban anteriormente en cuanto a recurso eólico disponible y las condiciones de cada zona.

Tabla 7. Potencia por velocidad del viento del sistema DonQi

Velocidad del viento (m/s)	Energía eléctrica (KWh/año)
1	20
2	140
3	435
4	985
4.5	1380
5	1850
5.5	2380
6	2970
6.5	3580
7	4210
7.5	4820
8	5410
9	6470
10	7310
11	7920
12	8310
13	8500
14	8530

Fuente: <http://www.donqi.eu> agosto de 2010

En Navarra, España, el gobierno ya está promoviendo la instalación de este tipo de sistemas y el más promovido es el aerogenerador urbano DonQi, específicamente diseñado para entornos urbanos, donde el viento es más bajo y turbulento que en las zonas abiertas y rurales. El rendimiento es maximizado ya que se produce una aceleración del viento debido a sus características, haciendo posible generar electricidad desde vientos de fuerza 2 Bft y hasta 11 Bft y soportar vientos de más de 200 km/h. Adicionalmente estos aerogeneradores urbanos cuentan con un silenciador incorporado haciéndolo totalmente silenciosos. La vida útil del DonQi es de 20 años y se espera que no requiera reparaciones hasta los 15 años de uso. Se estima que un solo aerogenerador de este tipo puede producir 2,400.00 kwh al año con una

⁹ Fuente: <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/AGRICOLA/ler/investigacion.htm> agosto de 2010



velocidad de viento de 5.5 m/s y reducir 680 kg de CO₂. En la tabla 7 se observa la potencia eléctrica del sistema DonQi para un Aerogenerador donQi de 1.75 kw con respecto a la velocidad del viento, teniendo como mínimo una velocidad de 1 m/s y una máxima de 14 m/s.

En la tabla 8, se muestran los datos técnicos del aerogenerador, y se observa que tanto su peso como su diámetro son manejables para su instalación en la vivienda.

Tabla 8. Ficha técnica del aerogenerador donQi de 1.75 kw

POTENCIAL	Unidades	
1) Potencia Nominal	1750	W
2) Velocidad del viento (para Pnominal)	14	m/s
3) Velocidad de puesta en marcha	2,5	m/s
4) Velocidad de paro	30	m/s
5) Velocidad máxima suportada	51	m/s
DIMENSIONES		
6) Peso total (rotor + palas)	110	Kg
7) Diámetro de la turbina	2	m
8) Largo de la turbina	1	m
9) Area del rotor	1,77	m ²
10) Altura del mástil estándar (Acero inoxidable RVS 304, diám. 114 x 6 mm)	1 a 5m	m
INFORMACIÓN ADICIONAL		
11) Máximo rpm	2500	rpm
12) Sistema de bloqueo (v > 51 m/s)	Regulación de sobrecarga por el generador - frenado automático del rotor	
13) Numero de palas	3	
14) Material de las palas	Fibra de vidrio reforzada	
15) Turbina	Diseño en <i>venturi</i> , eje horizontal, ABS inoxidable	
16) Inversor (incluye cables de conexión CC y CA)	<i>Betronic Winverter</i> (IP44, Conformidad CE)	
17) Tensión de salida del Generador	400	V (CC)
18) Tensión de salida del inversor (monofásica)	230	V (AC)
19) Min. temperatura de operación	- 20	° C
20) Máx. temperatura de operación	+ 75	° C
21) Nivel de ruido a una distancia de 3m de la turbina (velocidad viento = 5 m/s)	< 40	DB
22) Autonomía en arranque	Si	
23) Adaptación a la dirección del viento	Aleta incorporada gestiona giro hacia 360°	
24) Tiempo de vida	20	años
25) Garantía	Inversor – 5 Turbina – 2	años

Fuente: <http://www.donqi.eu/> agosto de 2010

Como se observa en la figura 24, la proporción del aerogenerador no es aparatosa y solo requiere de una base, anclaje o peso muerto. En la foto inferior derecha se observa como indica la foto, un anclaje en concreto, mientras que en otros casos trae una estructura hueca que se puede rellenar en el sitio con baldosas para repartir el peso.

Figura 24. Instalación del Sistema Donqi en Europa



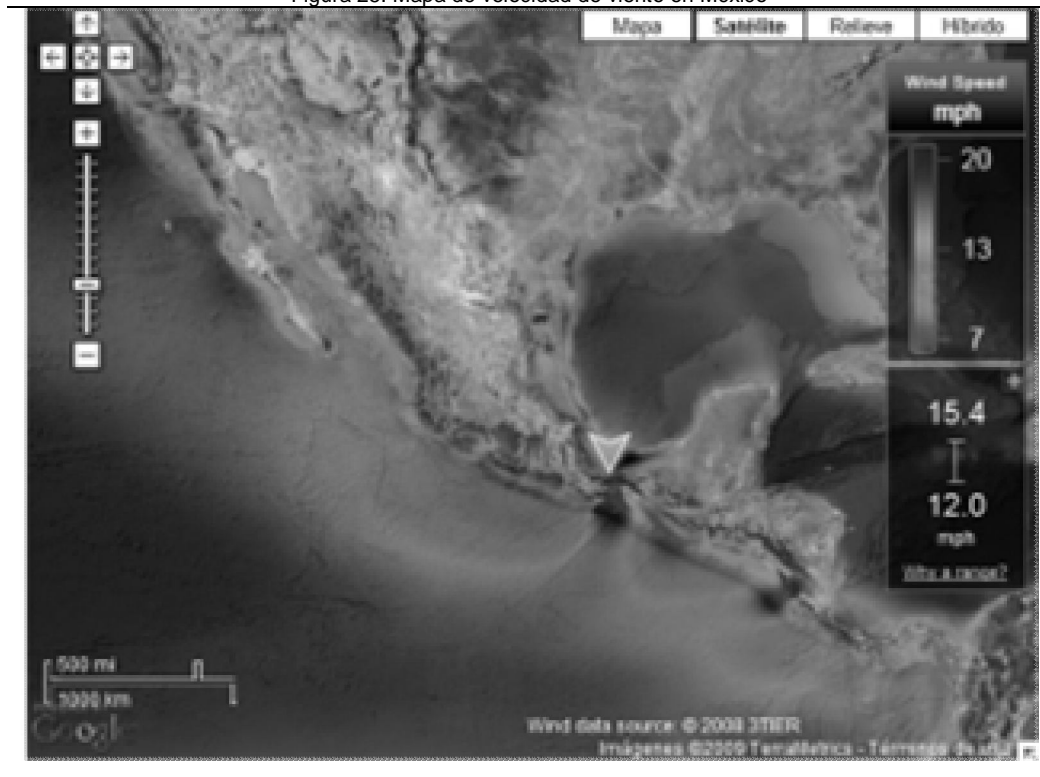
Fuente: <http://www.donqi.eu> agosto de 2010

Según datos del fabricante el periodo de retorno de la inversión dependiendo de las condiciones locales puede ser menor a 11 años en España. Una de las ventajas de este sistema es que no requiere inversor adicional, ya que éste está incluido con el aerogenerador a diferencia de los sistemas fotovoltaicos.

La energía eólica en México es una fuente poco aprovechada, aunque a nivel mundial ésta se ha desarrollado con pasos agigantados durante los últimos años. En el año 2008, la capacidad

instalada mundial llegó a los 120,800 MW. Aunque el potencial eólico del país no ha sido estudiado con profundidad, sí hay ciertas evaluaciones del recurso en regiones específicas. En particular el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos ha coordinado la realización de mapas eólicos para Oaxaca, Baja California Sur, las costas de Yucatán y de Quintana Roo y las franjas fronterizas de los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua. En la figura 25 se observa la velocidad del viento en México y una flecha que indica la zona cuya velocidad de viento es mayor, que corresponde al Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.

Figura 25. Mapa de velocidad de viento en México

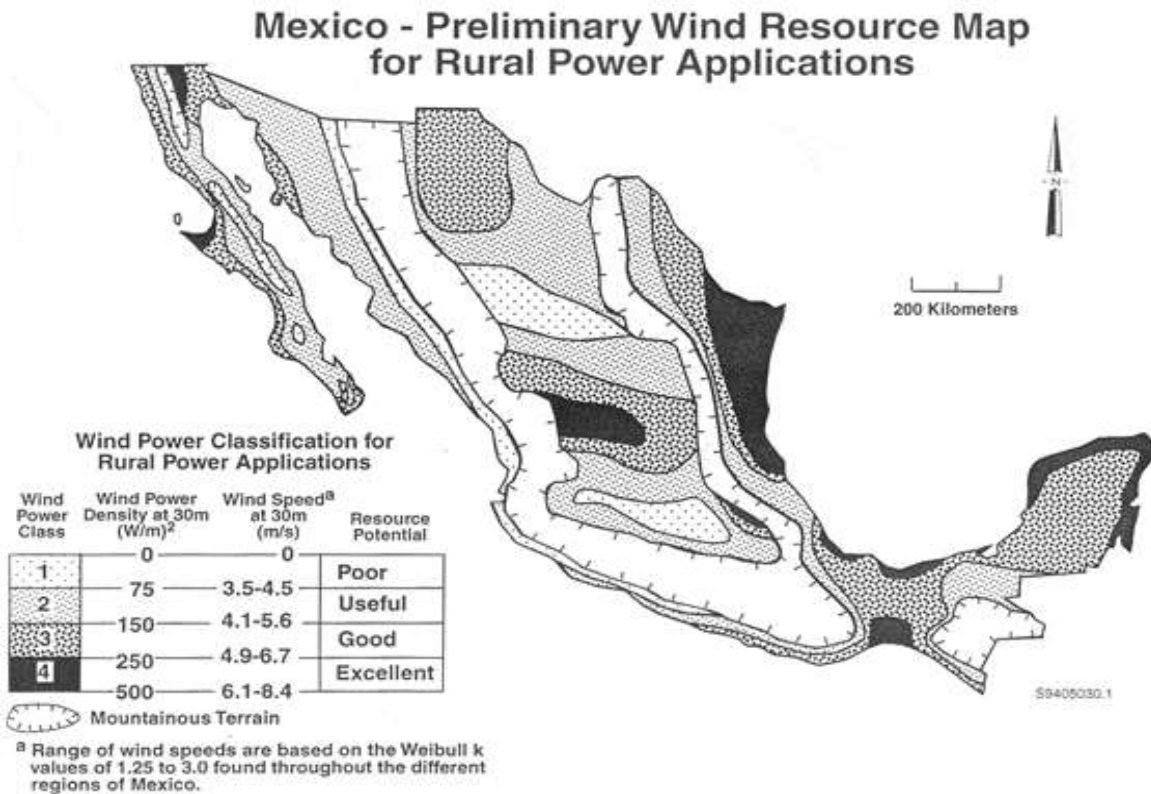


Fuente: <http://ingenet.com.mx> agosto de 2010

Se puede observar como las zonas marítimas cuentan con mayor capacidad eólica y además de las mencionadas anteriormente, se observa un gran potencial en las zonas de Tamaulipas y Nuevo León. Esto se refuerza con lo indicado en la figura No 26, que muestra un mapa preliminar del recurso eólico en México para energía rural. Esta figura, más explícita que la anterior respalda lo mencionado y muestra como las zonas correspondientes al norte de Durango, parte de Michoacán, Guanajuato, Estado de México y Distrito Federal tienen una capacidad eólica pobre, así mismo para las zonas de terreno montañoso que corresponde a la zona de las sierras. Sin embargo, existe una gran área del territorio que cuenta con un

potencial eólico aprovechable para este tipo de tecnologías, contando con una velocidad de viento mínima de 3.5 m/s hasta los 8.4 m/s.

Figura 26. Mapa Preliminar de Recurso Eólico en México para Energía Rural



Fuente: <http://www.inovatek-er.com> agosto de 2010

Desafortunadamente aunque se cuenta con un buen potencial aún faltan muchos pasos por dar hacia el auge de este tipo de tecnologías debido principalmente a su costo y falta de información. En países como España, Alemania, Francia y Holanda los gobiernos ya manejan incentivos como la compra de energía excedente a los propietarios de este tipo de sistemas, incentivando así a su proliferación. En México ya existe la modalidad de contrato de interconexión, que desde el 2001 se ha ido modificando en pro de estas tecnologías, ofreciendo compensación por inyección a la red de la energía producida para autoconsumo. Esto se verá a detalle en lo referente a contratos de interconexión.



4. SISTEMAS RENOVABLES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA

4.1 EL USO DEL GAS LP Y SU CONTAMINACIÓN EN MÉXICO

Los gases efecto invernadero GEI que causan el calentamiento global se generan de distintas manera, una de ellas es el consumo de gases, ya que algunos al quemarse generan CO₂ que es el GEI más abundante, pero existen otro tipo de gases que si no se queman pueden generar un efecto más devastador que el del CO₂, tal es el caso del gas metano.

En las viviendas mexicanas de zona urbana, se consumen gases licuados de petróleo y gas natural comprimido, los cuales de acuerdo con un estudio realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo generan CO₂, tal y como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Factor de emisión de CO₂ en México

Factor de emisión de bióxido de carbono	
Combustible	Factor de emisión de CO ₂ Gg / PJ
Gasolina	69.3
Diesel	74.1
Gas Licuado de Petróleo	63.1
Gas Natural Comprimido	56.1

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo.

De acuerdo con esto, se observa como al consumir gasolina, cada petajoule¹⁰ de trabajo genera 69.3 Gg de CO₂ y 63.1 Gg de CO₂ al generar 1 PJ con gas licuado de petróleo. Entonces al utilizar gas LP o natural para cocción o para calentamiento de agua se están produciendo gases efecto invernadero. Si se considera que 3.6 mj equivale a 1 kw/s, entonces se obtiene que para producir 277.78 Gw/h se generan 63.1 Gg/CO₂, lo que de manera simplificada equivaldría a que por cada kw/h producido se generan cerca de 0.227 gr de CO₂, lo cual a gran escala representa una gran contaminación que se puede mitigar.

Adicionalmente si tenemos en cuenta que al usar gas LP no estacionario se genera una contaminación adicional debido al transporte del mismo en camiones desde la planta hasta los

¹⁰ Petajoules, 1 petajoule = 10¹⁵ joule. Un joule es igual al trabajo realizado por una fuerza de un newton al mover un objeto a través de una distancia paralela de un metro. En el Sistema Internacional la potencia se expresa en joules por segundo, unidad a la que se le da el nombre watt (w), 1 w = 1 j/s. El kilowatt-hora, por su parte, es una unidad de energía y corresponde con 3600 kilojoules (3.6 mj).



distintos destinos, encontramos una mayor justificación para reducir el consumo del mismo con sistemas renovables y sencillos como la implantación de calentadores solares.

El reto hoy día es frenar estas emisiones adaptando nuevas técnicas que reemplacen parcial o totalmente los consumos de combustibles fósiles. Uno de los avances que se tiene en esta materia es el calentador solar, el cual no es un descubrimiento de los últimos años, sino que ha venido desarrollándose durante décadas, alcanzando un mayor perfeccionamiento y brindando mayor satisfacción a los usuarios.

4.2 EL CALENTADOR SOLAR

Debido a que en ciertas épocas del año los calentadores solares no son capaces de calentar el agua a la temperatura deseada, se requiere seguir utilizando un sistema alternativo o híbrido para garantizar a los usuarios que durante el 100% del tiempo podrán contar con agua caliente.

El problema de seguir consumiendo gas LP para calentar el agua, ya no solo radica en la contaminación ambiental sino que ha llegado al bolsillo de los consumidores. Del año 2005 al 2006, el costo del litro se incrementó en promedio 13% en las principales ciudades del País, del 2006 al 2007 un 3.5%, del 2007 al 2008 un promedio del 5.50%, del 2008 al 2009 un 8%, encontrando una rebaja del 2009 a 2010 y se espera que este 2010 vuelva a incrementarse un promedio de 5%, esto teniendo en cuenta las gráficas de precios referentes al gas LP de la SENER¹¹.

Un calentador solar ahorra en promedio 30 litros de gas al mes, lo cual equivale a aproximadamente \$160 al mes con tarifa promedio de 2010, es decir, cerca de \$1,920 al año¹².

En un ejemplo difundido por el Infonavit se tienen los siguientes datos:

Habitantes por casa	4.7
Consumo de gas	50 lt/mes
Contaminación producida	0.068 ton de carbono/mes

¹¹ Fuente: www.sener.gob.mx agosto de 2007

¹² Fuente: HELIOL.



Esto llevado a gran escala equivale a que 10,000 casas al año contaminan 6,122 ton de CO₂ en consumo de gas para calentamiento de agua. Esto nos lleva a analizar la eminente necesidad de cambiar el sistema de calentamiento de agua.

De acuerdo con datos suministrados por la compañía Heliocol, la figura 21 referente a los ahorros a escala y tiempo con el uso de calentadores solares, muestra cómo influye el hecho de instalar un calentador solar a uno convencional con consumo de gas LP.

Tabla 10. Ahorros a escala y tiempo con el uso de calentadores solares

Número de Casas	Ahorro de Combustible Mensual [lt]	Ahorro de Combustible Anual [lt]	Ahorro de Combustible En 5 años [lt]	Ahorro de Combustible En 10 años [lt]	Ahorro CO ₂ en 10 años [ton]	Ahorro Económico en 10 años [\$]
1	30	360	1,800	3,600	6	34,469
100	3,000	36,000	180,000	360,000	612	3,446,880
10,000	300,000	3,600,000	18,000,000	36,000,000	61,216	344,688,000
35,000	1,050,000	12,600,000	63,000,000	126,000,000	214,257	1,206,408,000

Fuente: Heliocol 2007

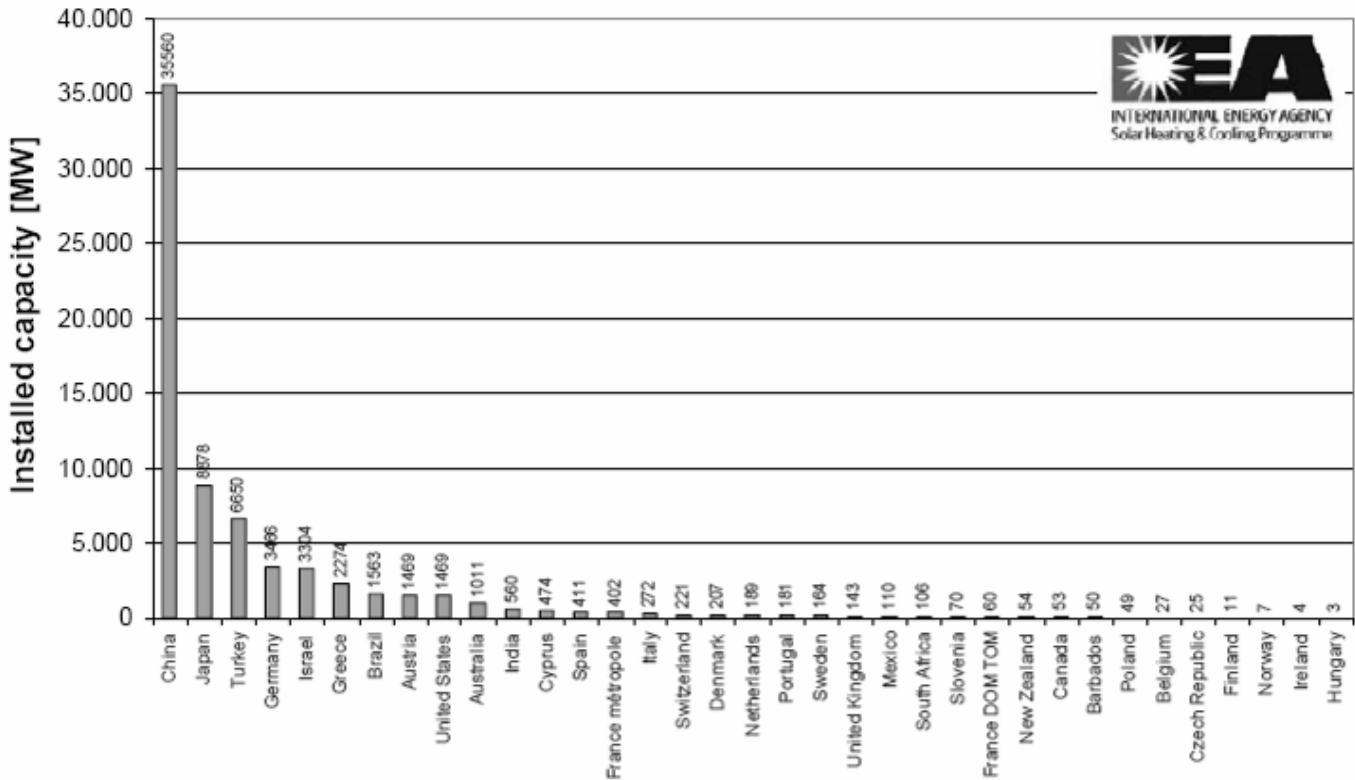
Una de las ventajas que ofrecen estos tipos de calentadores es su vida útil, la cual es alrededor de 25 años. Además los accidentes con gas también se verán reducidos, al igual que las cuentas por consumo del mismo.

En la figura 27 podemos observar que a nivel mundial encontramos que China es uno de los países que más se ha apegado a este tipo de sistemas, mientras que México se encuentra en el puesto N° 22, por delante de países como Canadá y Bélgica y muy atrás de Alemania, quien ocupa el puesto número cuatro.

Desde el punto de vista financiero, la instalación de calentadores solares tiene una tasa positiva de retorno. Se pueden ahorrar en tan solo 10 años \$34,469 pesos por unidad instalada. El tiempo de recuperación con los ahorros generados según datos de los distribuidores oscila entre los 3 y 4 años, además el precio del gas sigue en aumento. Desde el punto de vista

ambiental, la instalación de un calentador solar evitaría el consumo de 3,600 litros de gas equivalentes a 6 ton de CO₂ en los mismos 10 años.

Figura 27. Capacidad instalada en MW en diferentes Países



Fuente: International Energy Agency.

Cabe anotar que una de las entidades en la materia es la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), la cual tiene una serie de lineamientos que regulan este tipo de equipos y considera como calentador solar a los que cuentan con los siguientes accesorios:

- Colector solar: compuesto por placa absorbente que llevara tubos y aletas de cobre (no aletas galvanizadas ni de aluminio), gabinete de aluminio o acero inoxidable, cubierta transparente de vidrio de 4 mm o vidrio templado de 3.2 mm y aislante término posterior de fibra de vidrio o poliuretano (no poliestireno o unicel).
- Termotanque: el material del tanque debe ser de acero al carbón con ánodo de sacrificio para evitar su corrosión, acero con recubrimiento porcelanizado, acero galvanizado con ánodo de sacrificio, acero al carbón con recubrimiento epóxico y acero inoxidable.



- Aislante térmico: aislante térmico de poliuretano o fibra de vidrio y su espesor debe ser mínimo de 5 cm.
- Lámina exterior: Lámina galvanizada pintada con anticorrosivo y lámina de aluminio o acero inoxidable para zonas con ambiente salino.

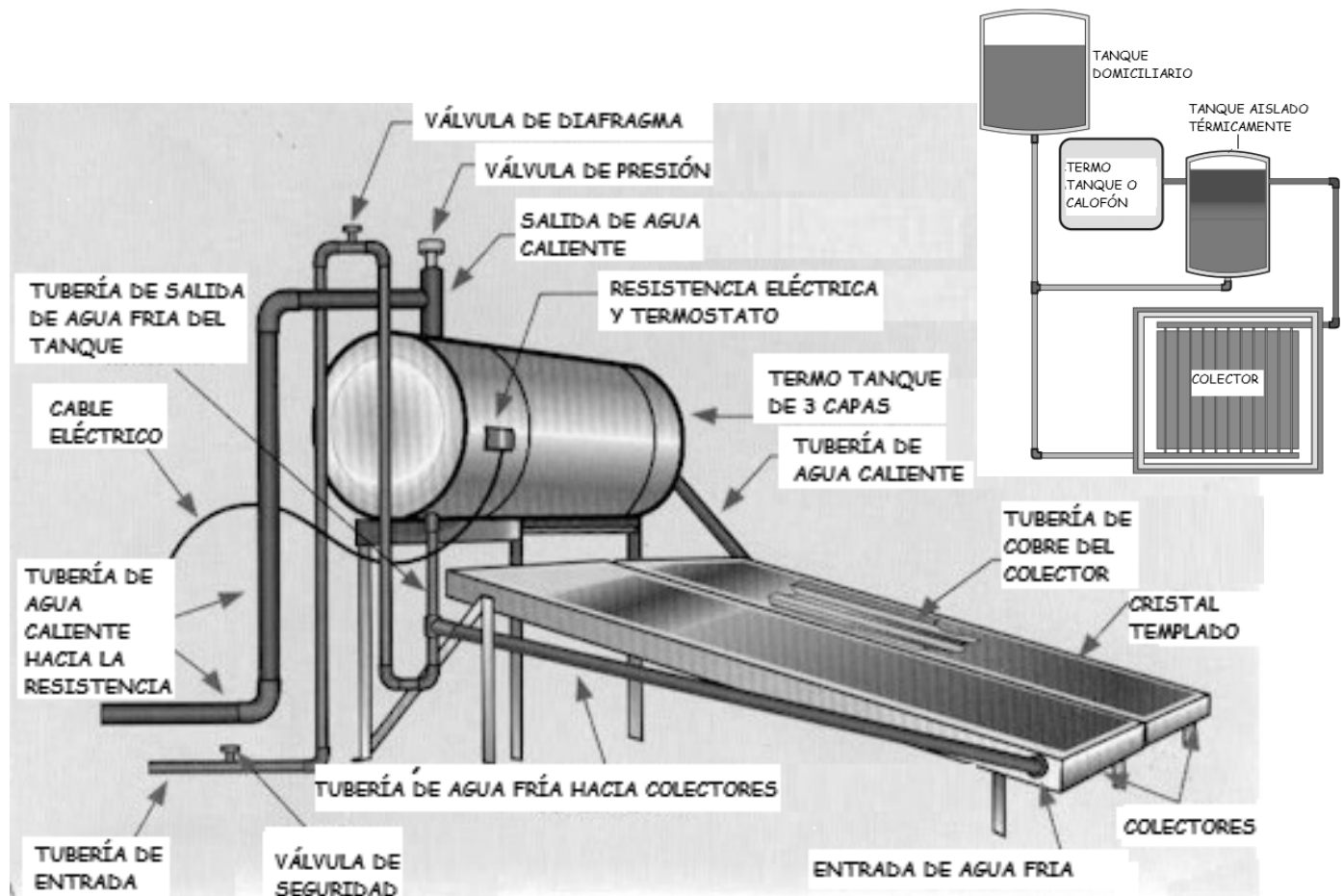
La presión máxima de operación para abastecimiento de agua fría mediante tinaco a una altura máxima de 3 m es de 1 kg/cm² y con equipo hidroneumático máximo debe ser de 3.5 kg/cm². Adicionalmente el calentador solar debe tener una válvula anticongelante y las tuberías de agua caliente deben aislarse térmicamente con elastómero y protegido con lámina de aluminio.

El funcionamiento de este tipo de calentadores se da mediante un sistema termosifónico, en el cual el agua fría del termotanque sale por la parte inferior de éste hacia el colector, por donde pasa lentamente a través del circuito interior del mismo hasta llegar a su extremo superior, desde donde penetra, ya caliente, directamente al termotanque. Las aportaciones de agua caliente en el termotanque se sitúan en la parte superior del mismo desde donde sale hacia servicios como se indica en la figura 28.

Es importante que el tanque que almacenará el agua caliente tenga un aislamiento térmico adecuado, lo que permitirá contar con agua caliente en horas de la noche. En caso de que se presente un aumento en la temperatura excesivo, existen válvulas de seguridad dentro del sistema que permitirán alcanzar un alivio dentro del mismo.

Existen en el mercado muchas variantes del calentador solar, las cuales ofrecen diferentes tipos de eficiencia basándose en la misma tecnología, sin embargo ningún calentador solar por si solo puede garantizar la disponibilidad de agua caliente para el 100% del tiempo, es por eso que este tipo de calentador solar combinado con un calentador de paso o instantáneo de gas LP o natural es una gran solución a la demanda de sistemas de calentamiento de agua para viviendas ecológicas.

Figura 28. Esquema de distribución de un calentador solar y detalle de un calentador solar

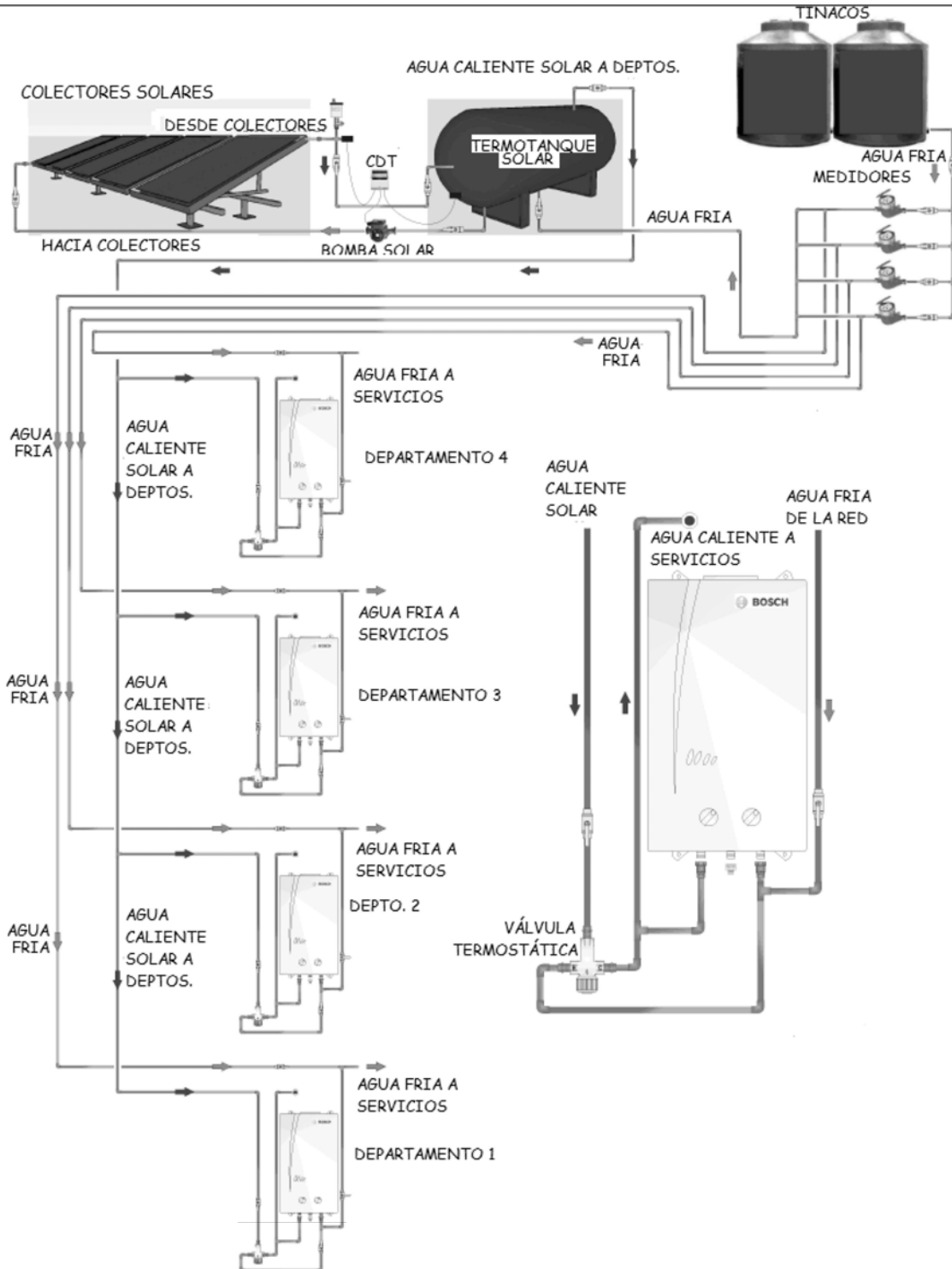


Fuente: Heliocol.

Adicionalmente existen calentadores híbridos, los cuales combinan las dos tecnologías, es decir, un calentador solar y uno de paso de gas LP o natural, este último entra en funcionamiento mediante la implantación de un termostato, el cual detecta si el agua cuenta con la temperatura adecuada para su uso, de no ser así el calentador entrará en funcionamiento consumiendo el gas necesario para regular la temperatura del agua, sin embargo este consumo es menor que el que se realizaría con una tecnología convencional.

Cada distribuidor maneja diversas clases de calentadores solares, pero con respecto al híbrido se han desarrollado diferentes esquemas o formas de distribución del agua caliente en desarrollos urbanísticos, encontrando que con una sola red de colectores y solo un termotanque se puede suministrar agua caliente como se indica en la figura 29.

Figura 29. Instalación tipo sistema central de calentamiento solar para edificio de departamentos

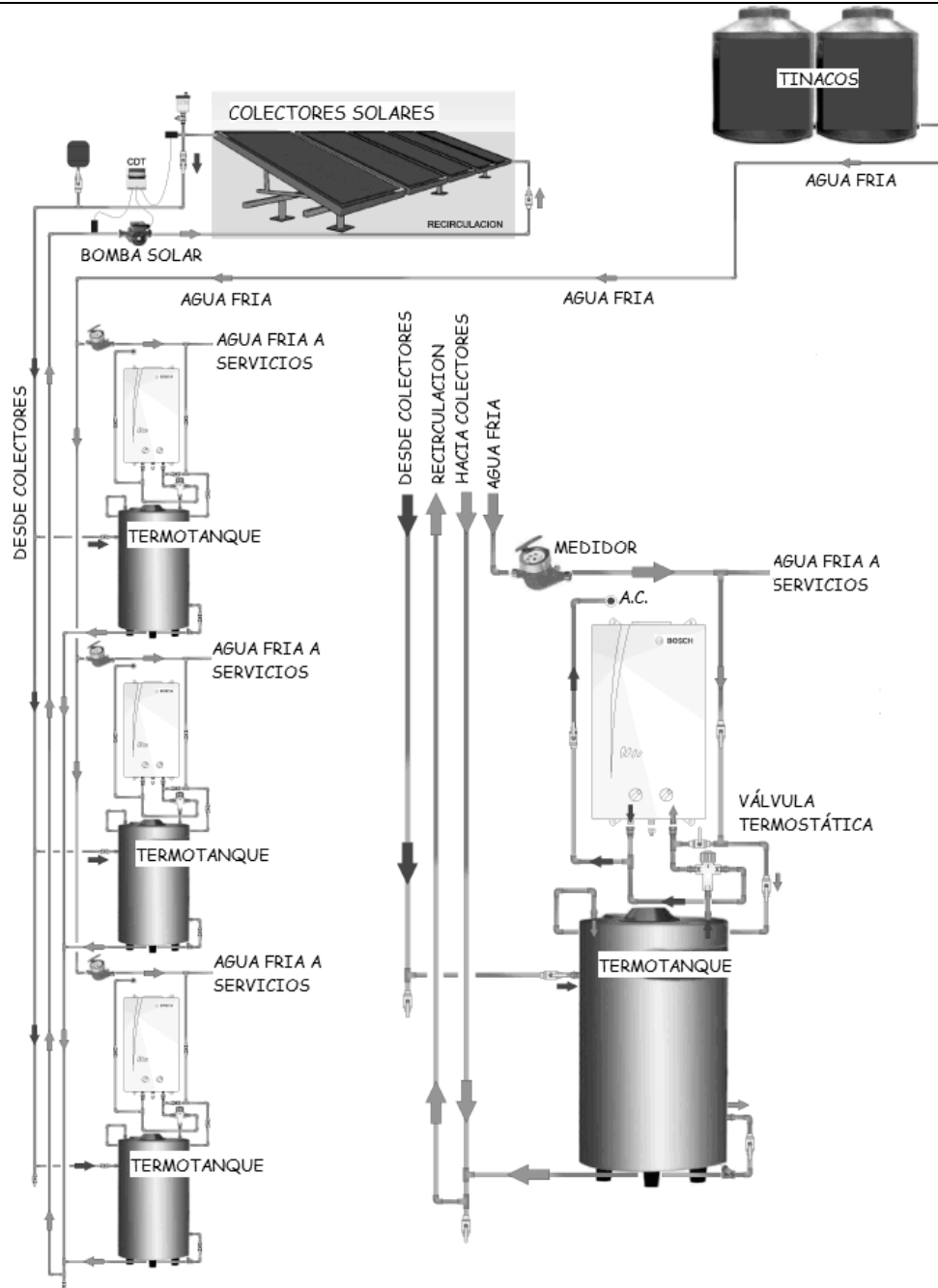


Fuente: www.heliocol.com.mx agosto de 2010.

Este tipo de instalación resulta favorable económicamente, ya que con un termotanque se abastecería a todo el edificio, sin embargo el tramo de tubería que sale del termotanque hacia

el departamento 1 es más largo que todos los anteriores e implicaría mayor pérdida de calor y quizá un mayor consumo de gas en el calentador de paso. Existe otro tipo de instalación en edificio de departamentos que puede solventar este problema, tal como se ve en la figura 30.

Figura 30. Instalación tipo sistema central de calentamiento solar para edificio de departamentos con Termotanque independiente

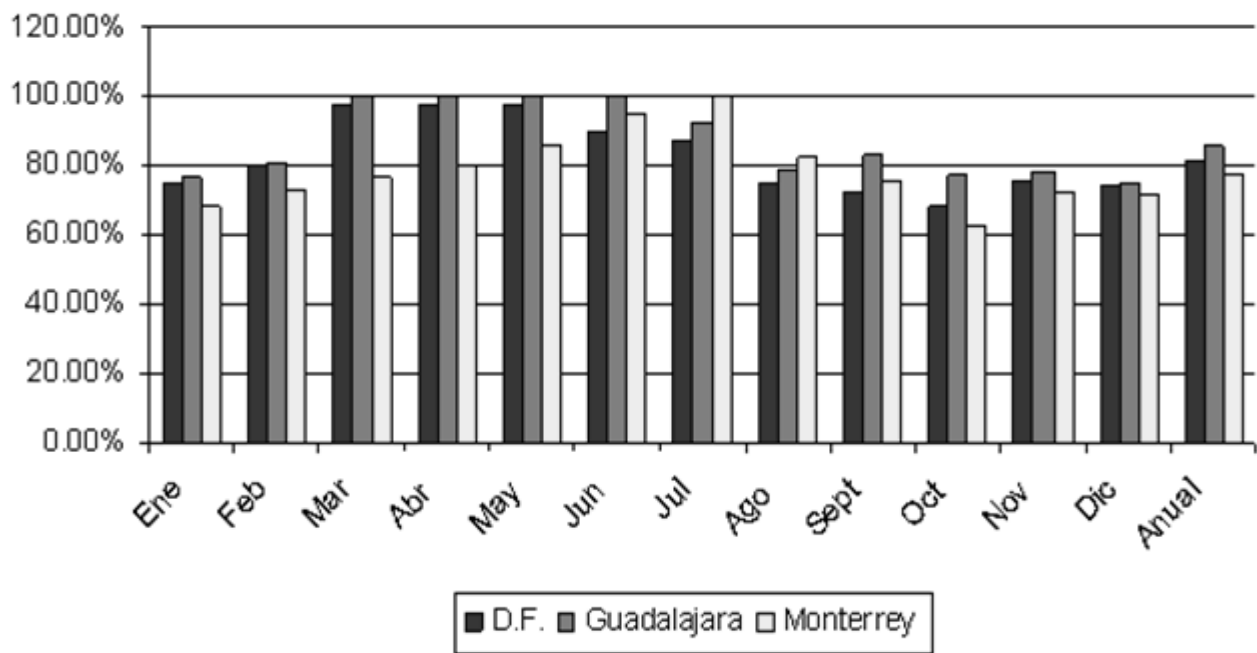


Fuente: www.heliocol.com.mx agosto de 2010.

De esta manera el sistema se hace más independiente y garantiza agua caliente el 100% del tiempo al incluir un calentador de paso y el costo de los colectores solares se vería amortizado más rápidamente al dividirse entre el número de departamentos en los que se recircula el agua.

Se han realizado pruebas en algunos proyectos por parte de la compañía Solei y se han encontrado los siguientes porcentajes de eficiencia importantes que demuestran la efectividad de los calentadores híbridos como se observa en la figura 31.

Figura 31. Porcentajes de eficiencia de calentadores solares híbridos. Solei.



Fuente: Calentadores Solei.

Los datos de la figura 31 fueron suministrados por la compañía de calentadores solares Solei, y se obtuvieron considerando una demanda continua de 3 duchas, que el flujo de la regadera es de 7 lt/min, una duración del baño de 12 min y una temperatura del agua de 38 °C.



5. SISTEMAS PASIVOS PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA

En materia de ahorro de energía existen diferentes opciones a aplicar, como el cambio de focos incandescentes por ahorradores o leds, cambio de sistemas de refrigeración, entre otros. En materia de desarrollo inmobiliario es importante considerar las condiciones del lugar en donde se va a desarrollar el proyecto y en especial las condiciones climatológicas. En México hay zonas donde el clima es extremo y requiere de mayor consumo de energía para cubrir demandas de climatización, esto debido a sistemas de refrigeración ineficientes, diseños arquitectónicos inadecuados, uso de materiales ineficientes, que no tienen en cuenta las condiciones del sitio, entre otras variables.

Desde hace varios años se ha desarrollado la arquitectura bioclimática, la cual toma en cuenta variables como el clima y los vientos de la zona (microclimática), uso de materiales aislantes y enfriamiento pasivo. Esto sumado a cambios en el tipo de aparatos utilizados para iluminación, aire acondicionado y refrigeración contribuyen sustancialmente a la disminución del consumo de energía en las viviendas.

Existen muchas variables a aplicar, las cuales por falta de recursos o de conocimiento por parte de los desarrolladores o de los propietarios de las viviendas no se emplean. Muchas de estas están fundamentadas en la arquitectura bioclimática y las técnicas a aplicar pueden ser muy simples cómo colocar vegetación y árboles que ofrezcan sombra a la edificación o utilizar colores claros en las fachadas, ya que este tipo de colores refleja más la irradiación en lugar de absorberla como los colores oscuros. Un ejemplo de esto se encuentra en los techos, por lo general el techo se impermeabiliza y se deja de color negro por el asfalto utilizado, con lo cual se está permitiendo ganancias de calor hacia el interior de la vivienda, lo cual no conviene en el caso de climas extremos.

Una de las prácticas que ha dado mejor resultado es la de mantener una envolvente térmica o dotar de aislamiento térmico, lo cual como su nombre lo dice, consiste en aislar al máximo el clima interno de la vivienda del clima exterior, reduciendo así los consumos de energía eléctrica para calefacción o refrigeración, y en la gran mayoría de los casos también sirven como aislante acústico.



5.1 ENVOLVENTE TÉRMICA

La envolvente térmica consiste en dotar a la edificación de materiales con alta capacidad de aislamiento térmico para evitar las fugas de calor en invierno e ingreso de calor en verano, evitando los puentes térmicos, estos materiales se colocan en las zonas expuestas a la intemperie.

Para escoger los materiales adecuados se deben tener en cuenta las características de los mismos, concentrándonos especialmente en su capacidad de transmitir el calor de lado externo al lado interno o alta resistencia térmica. España ha avanzado mucho en este aspecto y ya existen normas como la UNE-EN 6946 sobre “Elementos y componentes de edificación- resistencia y transmitancia térmica” y la UNE-EN 1745 de “Fábrica de albañilería y componentes para fábrica- métodos para determinar los valores térmicos de proyecto”, entre otras.

En México ya existen las normas NOM-018-ENER-1997 y la NMX-C-460-ONNCCE-2009 sobre aislantes térmicos y ya se han desarrollado proyectos por parte de la iniciativa privada y con apoyo de entidades federales como el FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica), que contemplan el uso de materiales como poliestireno extruido y poliuretano esparcido. Sin embargo, existen materiales más comunes en la construcción que funcionan también para construir envolventes térmicas como el concreto celular y el ladrillo hueco. En la NMX-C-460 el aislamiento térmico se define como la capacidad de los materiales para oponerse al paso de calor por conducción y se evalúan por la resistencia térmica que tienen. Como característica principal, los aislantes térmicos en su mayor parte están constituidos por aire, en algunos casos más del 90% de su volumen es aire. El aire está confinado por sólidos que forman pequeños espacios y le impiden su movimiento.

Según la Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación A.C. la instalación de aislamiento en techos y muros reduce la necesidad de refrigeración entre 27 y 38%. Según datos del FIDE, el ahorro promedio con un sistema de aislamiento térmico es del 25% de energía eléctrica sobre el consumo del aire acondicionado, lo cual representa un ahorro económico para los ocupantes que puede amortiguar el sobre costo de adquisición.



Este valor es comparable al obtenido en un estudio realizado por la CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) de España, en su informe concluye que un aislamiento térmico óptimo (de hasta 12 cm en fachadas y 15 cm en cubiertas), buenas ventanas y la ausencia de brechas y fugas, contribuyen a mejorar el diseño de los edificios, reduciendo significativamente el consumo energético, y al incrementar el espesor del aislamiento entre 5 y 13 cm, sobre lo requerido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), el ahorro energético será de una media del 25% para las nuevas viviendas construidas en España en el periodo 2005-2012. Las simulaciones realizadas para elaborar el informe muestran el importante potencial de ahorro energético disponible para los edificios resultantes de incrementar los espesores de aislamiento previstos en el CTE, con el añadido del correspondiente incremento de reducción de emisiones de CO₂, de esta manera se obtuvo en dicho estudio que el “espesor matemáticamente óptimo” de aislamiento adecuado para cada modelo de edificio y zona climática de referencia se estima en 12.25 cm en fachadas y 15.5 cm en cubiertas, lo que supone el ahorro energético de 25%. A manera más profunda se obtuvo que con estos espesores se puede obtener un ahorro energético medio de 12.7 kwh/m² por año en viviendas individuales y 10.6 kwh/m² por año en bloques de viviendas, este último es menor debido a que la superficie expuesta es menor y por tanto por si solo el sistema de viviendas en bloque esta menos expuesto a la intemperie, mientras que una vivienda individual por tener mayor área expuesta tendrá mayores ganancias de calor o frio. En cuanto al ahorro energético en cifras de consumo, el estudio demuestra que si se duplica o triplica el aislamiento de los edificios, España podrá ahorrar 1,000 millones de euros en la compra de derechos de emisiones o bonos de carbono y 50 millones de toneladas emitidas de CO₂ durante el período 2005-2050. Las viviendas construidas bajo este tipo de criterios técnicos entre 2005- 2012 tienen un potencial para ahorrar más de 88,000 GWh hasta el año 2050 y reducir las emisiones de CO₂ en más de 17 millones de ton¹³.

El ahorro dependerá de la zona térmica donde se ubique la vivienda, pero en general, entre más extremo sea el clima los beneficios económicos de la envolvente térmica serán mayores.

¹³ Fuente: Tecnipublicaciones de España, 2005.



5.1.1 Poliestireno Expandido

Es uno de los materiales más usados desde su creación para aislamiento térmico, desde los empaques para comida o vasos para café hasta lo que hoy día se busca en materia de ahorro de energía en la vivienda. Es de gran versatilidad y fácil manejo. Su uso consiste en la colocación de planchas de poliestireno en paredes, fachadas, cubiertas y suelos de las edificaciones, además tiene muy poco peso a comparación con otros materiales de construcción y es de fácil manejo. Adicionalmente, tiene gran durabilidad, no contribuye a la formación de hongos y en caso de incendio es auto-extinguible.

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno), siendo el aire en reposo un excelente aislante térmico.

El poliestireno expandido se caracteriza por ser extraordinariamente ligero aunque resistente. En función de la aplicación las densidades se sitúa en el intervalo que va desde los 10 kg/m^3 hasta los 35 kg/m^3 .

Los productos de este material son reconocidos por las siglas EPS. Este material al igual que la gran mayoría de los materiales, está sometido a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica, las cuales pueden variar entre 0.05 y 0.07 mm por metro de longitud y grado Kelvin. A modo de ejemplo una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 metros de longitud y sometida a un salto térmico de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ experimentará una variación en su longitud de 2 a 2.8 mm.

Una de sus desventajas es que ante el contacto directo con los rayos UV después de cierto tiempo se empieza a tornar amarillento y se convierte en una estructura frágil y fácilmente erosionable, pero esto se puede evitar con un recubrimiento sencillo.

Hoy día se encuentran en el mercado muros prefabricados hechos de láminas de poliestireno expandido, empacadas dentro de mallas electrosoldadas o de alambre galvanizado, más conocidos como muros Covintec o Panelco, dependiendo del País.

Figura 32. Construcciones con muros de poliestireno expandido o muros Covintec



Fuente: www.covintec.com agosto de 2010

Para la unión de los paneles se utilizan grafiles de unión, los cuales se amarran con alambre negro por ambas caras de los paneles. En el caso de esquinas se requerirán grafiles en L como se observa en la figura 32, esta quedara amarrada con alambre negro. En esta etapa se debe verificar la verticalidad de los muros.

Figura 33. Losas a bases de poliestireno expandido



Fuente: www.covintec.com agosto de 2010



Para las instalaciones se marcan las trazas donde se van a alojar las tuberías y se remueve con calor el poliestireno, generalmente con soplete, y donde se requiera cortar la malla para la colocación de las cajas se coloca malla unión. Para el recubrimiento, se aplica una primera capa de mortero que cubra la malla del panel y una vez que este haya fraguado se aplica una segunda capa hasta lograr el espesor deseado.

También se pueden construir losas, con lo cual se disminuye el uso de cimbras, pero requieren mayor refuerzo como se observa en la figura 33, sin embargo, no se recomienda para estructuras mayores de dos pisos.

5.1.2 Poliuretano

El poliuretano es otro material altamente utilizado para aislamiento térmico, está compuesto por polioli e isocianato, que se procesan mediante equipos especiales y una vez mezclados se convierten en un líquido que al ser esreado como se observa en la figura 34, se pulveriza a alta presión sobre la superficie a tratar, eliminando así la necesidad de utilizar algún otro adherente entre el material aislante y la estructura a aislar. La espuma rígida obtenida, está formada por celdas cerradas en un 98% a las que debe su alta eficacia como aislante térmico y su capacidad para evitar humedades e infiltraciones.

Se puede aplicar sobre o bajo el techo o en las paredes. El proceso de aplicación de la espuma de poliuretano es por aspersion y como se mencionó anteriormente es autoadherente, pero para que esta característica sea efectiva, se debe tener en cuenta que la superficie a aplicar debe estar limpia, seca y a una temperatura mayor a los 10 °C. Es de gran facilidad de manejo debido a que no requiere grandes espacios para transportarse ni de almacenaje en obra debido a que la espuma se forma en el momento de la aspersion y por ende también ofrece una gran versatilidad para aplicar en espacios de difícil acceso o con dimensiones o formas irregulares. También ofrece una reducción de la expansión y contracción de los materiales por temperatura, lo cual en algunos casos puede llegar a reducir la cantidad de refuerzo a utilizar. Al igual que el poliestireno, ofrece gran durabilidad ya que tampoco permite la formación de hongos. Adicionalmente es químicamente inerte a la acción de casi cualquier compuesto químico.

Figura 34. Aplicación de poliuretano esreado en muros.



Fuente: www.velis.com.mx agosto de 2010.

La espuma rígida de poliuretano aplicada por aspersión puede ser empleada para aislamiento térmico en construcción dentro del rango de temperatura entre $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los principales campos de aplicación de la espuma rígida de poliuretano son los siguientes:

- Aislamiento térmico de superficies en la construcción como: suelos, paredes, techos, perfiles de acero, interior o exterior.
- Aislamiento térmico e impermeabilización de cubiertas. Aislamiento térmico de instalaciones de climatización.
- Aislamiento térmico de cámaras frigoríficas de conservación y congelación. También se usa en las paredes de los furgones que realizan el acarreo de alimentos perecederos a temperaturas bajas.

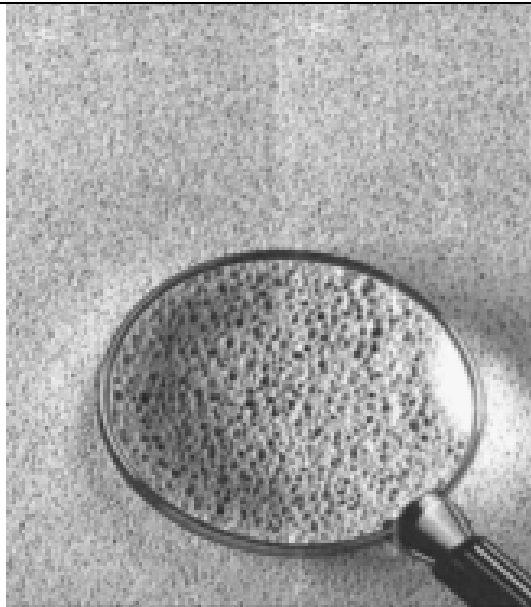
Se debe tener en cuenta que también puede sufrir daños por acción de los rayos UV por lo cual se requiere colocar un recubrimiento adecuado. Su mayor desventaja consiste en que es combustible, produce humos tóxicos debido a los poli-isocianuratos, que en la combustión pueden formar ácido cianhídrico o cianuros, lo que puede ocasionar la muerte de personas por envenenamiento o asfixia. Esto se puede mitigar con la colocación de una barrera anti-incendio, pero no deja de representar un riesgo, además se requiere de muchas precauciones a la hora de su aplicación y en su almacenaje en obra.

5.1.3 Concreto Celular

El concreto es uno de los materiales de construcción que ofrece peor resistencia a la transmisión de calor ya que su coeficiente de conductividad térmica es de $1.7 \text{ watt/m}^\circ\text{K}$, después del acero que tiene un coeficiente de conductividad térmica que oscila entre 47 y $58 \text{ watt/m}^\circ\text{K}$.

Dentro de los diferentes tipos de concreto encontramos el concreto ligero, el cual se subdivide en 3 tipos: concreto sin finos, concreto con agregados de peso ligero y el concreto celular. Este último es también conocido como concreto con aire incluido. Si revisamos los materiales vistos anteriormente, la mayor parte de su volumen lo componen el aire o gas encapsulado dentro de sus celdas que es lo que le da la propiedad de alta resistencia térmica, por lo que este concreto celular se genera adquiriendo esta misma característica. El método consiste en producir burbujas de aire en una lechada de cemento, de tal manera que al fraguar esta quede con una estructura celular como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Textura del concreto celular.



Fuente: www.concretoscelulares.com agosto de 2010

Dentro de sus productos se pueden encontrar 3 clases: mortero celular, concreto aligerado celular y concreto aligerado estructurado celular. Los dos primeros compuestos por cemento, arena, agua y espuma usados en mampostería, prefabricados y colados en sitio, y el último con adición de grava se puede utilizar para la construcción de estructuras de carga.



Existen dos formas de producir el concreto celular: con el método químico y el método espumado. Dentro de los métodos químicos se encuentran la elaboración de concreto celular con peróxido de hidrógeno y cloruro de cal, o con polvo de aluminio. El método de peróxido de hidrógeno y cloruro de cal ya no es muy usado, debido a su costo elevado y a que ocasiona grandes contracciones por secado. En el método de polvo de aluminio, también llamado concreto aireado, el polvo de aluminio se agrega en una proporción del orden del 0.2% del peso del cemento y consiste en lograr una reacción química que genere hidrógeno, el cual forma las burbujas y es más estable al elaborarlo en autoclaves en fábrica para prefabricados, de lo contrario sus contracciones son muy grandes, por ende su costo es más elevado.

En los métodos espumados se encuentran la producción con espuma preformada y el de espuma producida por inclusión de aire. En el método de espuma producida por inclusión de aire se agrega jabón de resina o una proteína hidrolizada durante el mezclado a alta velocidad, la cual al contacto con el agua genera espuma que encapsula el aire, a mayor tiempo de mezcla se obtiene una menor densidad, lo cual puede representar una gran desventaja sino se tiene un estricto control de calidad. El método de espuma preformada consiste en adicionar a la mezcla una espuma preformada que no se disuelve después de incorporarla. Esta espuma se hace a base de emulsiones de jabón neutro y albúmina, derivados del ácido naftaleno – sulfónico que utilizan como estabilizador de la espuma el silicato de sodio, emulsiones a base de jabones de resina y silicato sódico, etc.¹⁴. Tiene muchas ventajas como que al no usarse la espuma ésta se hace líquida, reduciendo así sobrecostos por desperdicio. A medida que disminuye la densidad, sus propiedades térmicas e impermeables aumentan. Además el peso de este tipo de concreto es menor con respecto al convencional, lo cual permite que al momento del diseño estructural las cargas muertas disminuyan y por ende las dimensiones requeridas para los elementos estructurales. Por ser este un concreto más liviano es de mayor manejabilidad en la remoción de escombros, transporte e izaje de piezas prefabricadas. Debido a su porosidad, este tipo de concretos debe llevar un recubrimiento que evite la absorción del agua o preferiblemente se debe realizar un tratamiento hidrófugo y así poder usarlo en zonas externas expuestas a la intemperie. Dentro de sus desventajas se encuentra que puede sufrir daños mecánicos por abrasión, impacto, cargas excesivas en miembros sujetos a condiciones

¹⁴ Elizondo Fócil, Adolfo. Tesis: Caracterización del concreto celular elaborado con espuma Preformada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Febrero de 2006.

de esfuerzo, sin embargo, se puede llegar a reducir utilizando agregados como fibras de propileno especiales para concreto celular y el acero a utilizar debe ser remojado con líquido anticorrosivo para que no sufra corrosión y no genere descascaramiento en el concreto.

El concreto celular con espuma preformada presenta mayores ventajas en los colados en sitio, ya que se mezcla al igual que un concreto convencional, pero la cantidad de agregados requerida disminuye al añadir la espuma. Esto hace que el concreto sea más manejable en obra, dándole un efecto fluidificante que hace que su revenimiento sea mayor. En cuanto a su curado puede realizarse al aire libre, procurando no exponerlo a temperaturas demasiado altas o bajas.

La comercialización y versatilidad de este producto ha llevado a que en la actualidad se fabriquen bloques de concreto celular como si se tratara de ladrillos, las cuales pueden poseer oquedades para paso de tuberías o para refuerzo estructural, como se muestra en la figura 36, correspondiente a proyectos de vivienda, ofreciendo aislamiento térmico y acústico. En la figura 36 se observa la versatilidad de este concreto.

Figura 36. Construcción de vivienda con bloques de concreto celular



Fuente: Concreto celular Ltda.

5.1.4 Mampostería con Ladrillo

Debido al fenómeno del calentamiento global, la mayoría de países desarrollados o industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera mediante la firma del Protocolo de Kyoto, mediante el cual se fijaron unas metas en



porcentaje de reducción de estos gases. Durante los primeros años España no tomó muchas medidas para cumplir con lo estipulado pero hoy día se encuentra dentro de los primeros países que ha tomado medidas para mitigar el cambio climático. Dentro de las medidas adoptadas por este país encontramos las referentes a materiales de construcción, especialmente dirigidas hacia la aplicación de la mampostería.

El dimensionado de los muros en España obedece a cuestiones térmicas y acústicas, requisitos normativos que limitan el espesor y tipología de los muros. La finalidad de la normativa es reducir el gasto energético tanto de calefacción como de refrigeración. Como se mencionó anteriormente, la conductividad térmica es uno de los principales factores a tener en cuenta en materia de aislamiento térmico. En un muro de ladrillo se calcula la conductividad térmica equivalente puesto que se trata de un material heterogéneo compuesto por arcilla, aire y mortero.

Debido a que el concreto es un material que ofrece muy poca resistencia a la transmisión de calor, en la mampostería el punto débil es el mortero, considerado como el material con peor resistencia térmica en un muro de ladrillo. Existen formas de mejorar su incidencia, una de ellas consiste en emplear morteros de baja densidad con lo que la conductividad es menor pero afecta a la resistencia a compresión, perjudicando entonces su empleo en muros de carga, pero como se mencionó anteriormente, el mortero celular podría ofrecer una solución a este problema.

Otra alternativa para mitigar sus desfavorables características térmicas consiste en disminuir la presencia de mortero por m^2 superficial, esto se consigue disminuyendo el número de juntas de mortero empleando formatos de ladrillo más grandes e incluso eliminar la junta vertical de mortero usando piezas machihembradas, sin embargo se debe realizar una revisión estructural para verificar que este tipo de uniones garantice la estabilidad estructural requerida. En Chile, la desventaja térmica del mortero se está puede equilibrar si la junta entre ladrillos se deja una porción hueca central, la cual garantice la continuidad de los vacíos de los ladrillos, creando así una cámara de aire interna como se observa en la figura 37.

Figura 37. Mampostería con continuidad entre cámaras de aire



Fuente: Miguel Araneda Reyes, Albañilería en Chile. 5° Simposio Nacional de Ingeniería Estructural en la Vivienda. Qro(Qro) 2007

En Chile esta práctica se ha ido recuperando, ya que en tiempos remotos, la junta de mortero en la mampostería se aplicaba con llana metálica en los extremos de los bloques, permitiendo continuidad entre las cámaras de aire internas de los ladrillos¹⁵, lo que mejora su inercia térmica y por ende su comportamiento como aislante térmico. Estas soluciones se pueden combinar hasta el punto en que los requerimientos estructurales, normatividad, especificaciones y condiciones técnicas y económicas así lo permitan.

Un aspecto a considerar en muros cerámicos es su inercia térmica. Se trata de la capacidad de almacenar calor y transferirlo al medio de una forma lenta. Con ello se consigue suavizar los cambios de temperaturas máximas y mínimas en la vivienda, almacenando calor en las horas de temperaturas máximas ambientales y liberarlo al medio en horas de temperaturas mínimas ambientales, consiguiendo así regular la temperatura interior de la vivienda. Si en un muro de fachada existe un castillo de concreto sin ningún tipo de recubrimiento, al tener una conductividad térmica elevada generará un puente térmico que puede ocasionar

¹⁵ Augusto Holmberg Fuenzalida y Miguel Araneda Reyes, Albañilería en Chile. 5° Simposio Nacional de Ingeniería Estructural en la Vivienda, Qro. (Qro) 2007.

condensaciones superficiales y proliferación de hongos en el interior de la vivienda. Para ello estos elementos de alta conductividad se recubren con materiales cerámicos u otros que disminuyan la conductividad térmica equivalente del conjunto.

Otro tipo de construcción realizado en España con mampostería que permite aislar térmica y acústicamente a la vivienda, consiste en la construcción de fachadas con muro doble o muros de doble hoja, con cámara de aire y un material aislante. La cámara de aire no es más que una separación entre las 2 hojas de muro y el aislante ubicado en la parte interna puede ser poliestireno expandido u otro material que aporte al conjunto mayor resistencia térmica como se muestra en la figura 38.

Figura 38. Muros de doble hoja, aislamiento con poliestireno y cámara de aire.



Fuente: Olivares, Mariano. La Mampostería en España. 5° Simposio Nacional de Ingeniería Estructural en la Vivienda. Qro (Qro)2007.

A raíz de las modificaciones en las normas de construcción en España, los bloques de ladrillo ya se hacen con diferentes características que las estándar, y se encuentran en el mercado bloques con gran cantidad de oquedades para que funcionen como cámaras de aire y las dimensiones de dichos bloques son mayores para disminuir el uso del mortero en los muros, logrando así mejorar la resistencia térmica de este tipo de muros.



5.1.5 Método de Cálculo Envoltente Térmica

En materia de diseños bioclimáticos lo que se busca es utilizar materiales cuyo coeficiente de conductividad térmica sea muy bajo y eliminar fugas térmicas. La conductancia o transmitancia de los materiales está definido en las fórmulas como U. El valor de U, es un término usado para describir la cantidad de frío o calor que pasa a través de un cuerpo o elemento constructivo como muro o techo. Cuanto menor sea el valor de U menos energía se pierde y el mejor con estas características es el aislamiento térmico. Así entonces, un muro cuyo valor de U sea de $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ es dos veces mejor aislamiento que un muro con un valor de $U=0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

En cuanto a la resistencia térmica la NMX-C-460-ONNCCE-2009, que entro en vigencia a partir de agosto de 2009, tiene como objetivo establecer las especificaciones de resistencia térmica total que deben cumplir las viviendas a través de su envoltente para mejorar las condiciones de habitabilidad y disminuir la demanda de energía utilizada para acondicionar térmicamente su interior.

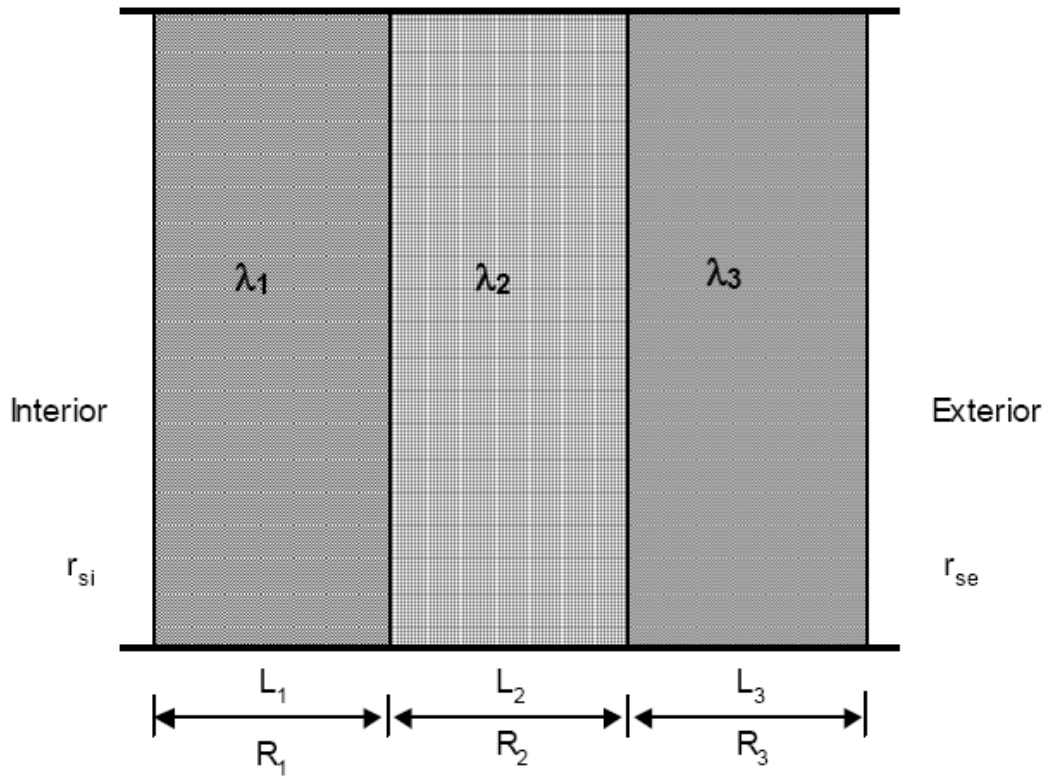
Cuando se habla de resistencia térmica, se está hablando del valor de R, y es la capacidad para retardar el flujo de calor. Su valor es el reciproco del valor de U y su fórmula es:

$$R = \frac{l}{U} = \frac{\text{espesor}}{\text{conductividad}} \quad \left[\frac{m}{\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})} \right] = [(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$$

donde:
W= vatios
K= grados Kelvin

De acuerdo con la fórmula, el valor de R dependerá del espesor del material y la conductividad del mismo, pero es muy común que tanto techos y muros estén compuestos por diferentes tipos de materiales, por lo que se debe tener en cuenta la figura 39, en la que se puede observar como mediante la suma de cada una de las resistencias se obtiene la resistencia total del elemento.

Figura 39. Representación esquemática de resistencias parciales



$$R_T = r_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + r_{se} = \frac{1}{hi} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_n}{\lambda_n} + \frac{1}{he} \quad \text{m}^2 \text{ K/W}$$

- Donde:
- L= Espesor de la capa del material en el componente (m)
 - λ = Conductividad térmica de diseño del material (W/mK)
 - hi= Conductancia superficial interior (W/m²K)
 - he= Conductancia superficial exterior (W/m²K)
 - n= Número de capas que forman la porción
 - Rt= Resistencia térmica total del elemento, de superficie a superficie (m²K/W)

Fuente: Taller "La Envoltura Térmica y el Ahorro de Energía en la Vivienda", CMIC febrero de 2009

Como primera medida se puede describir la envoltura del prototipo de vivienda a construir, definir un espesor a aplicar e identificar las conductividades térmicas para cada componente tal como se observa en la tabla 11.

Una vez obtenidos los valores anteriores se procede a determinar las resistencias totales de cada componente de la envoltura mediante el uso de la fórmula descrita en la figura 39. En donde hi es la conductancia superficial interior en W/m²K y su valor para muros es de 8.1 y para



techos es de 6.6, mientras que h_e es la conductancia superficial exterior y su valor es de 13 W/m^2K , según la NOM-018-ENER.

Tabla 11. Datos para ejemplo de muros y techos a construir en una vivienda

1. MATERIAL MUROS	ESPESOR (m)	W/mK
APLANADO DE MORTERO DE CAL AL EXTERIOR	0.01	0.872
TABIQUE ROJO RECOCIDO COMÚN AL INTERIOR	0.15	0.698
APLANADO DE YESO	0.01	0.372
2. MATERIAL TECHO	ESPESOR (m)	W/mK
ASFALTO IMPERMEABILIZANTE BITUMINOSO O BETÚN	0.006	0.17
MORTERO CEMENTO ARENA	0.05	0.17
RELLENOS DE TEZONTLE	0.15	0.12
LOSA DE CONCRETO (CONCRETO ARMADO)	0.1	2

Datos Obtenidos de NMX-C-460-ONNCCE-2009

Sustituyendo los valores en la ecuación tenemos que para muros R es igual a:

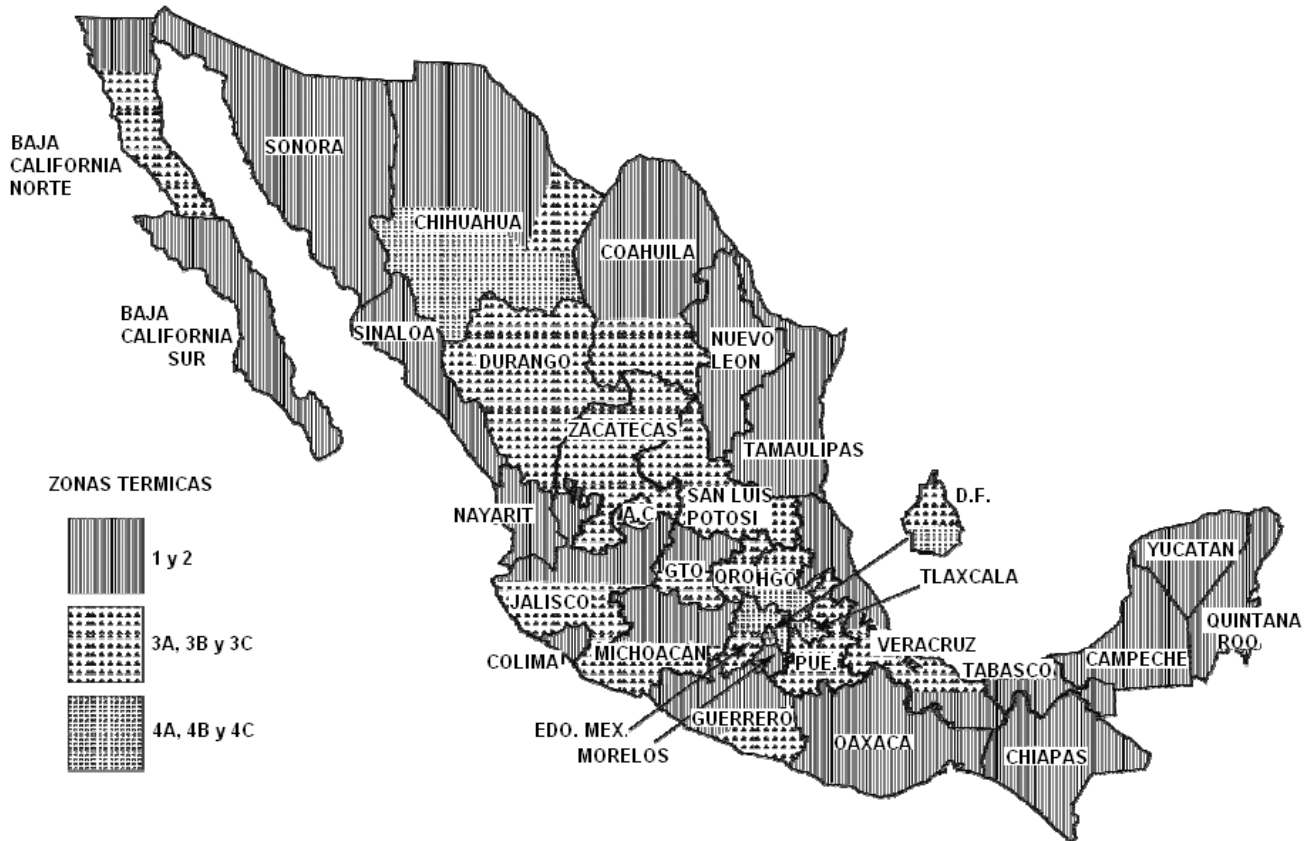
$$R = \frac{1}{8,1} + \frac{1}{13} + \frac{0,010}{0,872} + \frac{0,150}{0,698} + \frac{0,010}{0,372} = 0,453m^2 K / W$$

Y para el techo el valor de R es:

$$R = \frac{1}{8,1} + \frac{1}{6,6} + \frac{0,006}{0,170} + \frac{0,050}{0,170} + \frac{0,150}{0,120} + \frac{0,100}{2,000} = 1,9061m^2 K / W$$

Una vez obtenidos los valores R, se procede a estudiar los requerimientos de la zona en la que se va a desarrollar el proyecto. Para esto la NMX-C-460-ONNCCE-2009 ha dividido la República Mexicana en 4 zonas térmicas principalmente, para identificar la zona se puede hacer uso del mapa esquemático de la figura 40 o bien, dentro de la misma norma se encuentra un listado que contempla las localidades por Estado y zona térmica a la que corresponden. Esta clasificación se hizo a manera de ponderación de otras clasificaciones como la Köppen, CONAVI 2008, CONAFOVI 2005 y la clasificación en base a Grados-día (GD).

Figura 40. Esquema de zonas térmicas de la República Mexicana



Fuente: NMX-C-460-ONNCE-2009

Una vez identificada la zona térmica de cada localidad en donde se van a construir las viviendas, se procede a estudiar el requerimiento exigido por la norma para el valor de R de acuerdo con lo establecido por la tabla 2 de la norma. Los resultados figuran en la tabla 12 de este documento y establecen 3 niveles para el valor de R en techos, muros y entrepisos ventilados, estos rangos son de resistencia térmica mínima, para habitabilidad y ahorro de energía.

Si se comparan los resultados obtenidos con las resistencias exigidas en la tabla 2 de la norma, observamos que el valor obtenido de R para el techo cumple con las condiciones exigidas en las 4 zonas para requerimientos mínimos de resistencia térmica. Sin embargo, para los casos en que se requiera dotar al proyecto de una envolvente que garantice la habitabilidad o el ahorro de energía, los materiales a escoger deberán ser de preferencia con características de aislantes térmicos.



Tabla 12. Resistencia térmica Total (Valor "R") de un elemento de la envolvente

Zona Térmica No.	Techos m ² K / W (ft ² h °F / BTU)			Muros m ² K / W (ft ² h °F / BTU)			Entrepisos Ventilados m ² K / W (ft ² h °F / BTU)		
	Mínim a	Habitabilida d	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilida d	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilida d	Ahorro de Energía
1	1,40 (8,00)	2,10 (12,00)	2,65 (15,00)	1,00 (5,70)	1,20 (7,00)	1,40 (8,00)	NA	NA	NA
2	1,40 (8,00)	2,10 (12,00)	2,65 (15,00)	1,00 (5,70)	1,20 (7,00)	1,40 (8,00)	0,70 (4,00)	1,10 (6,00)	1,20 (7,00)
3A, 3B y 3C	1,40 (8,00)	2,30 (13,00)	2,80 (16,00)	1,00 (5,70)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)	0,90 (5,00)	1,40 (8,00)	1,60 (9,00)
4A, 4B y 4C	1,40 (8,00)	2,65 (15,00)	3,20 (18,00)	1,00 (5,70)	2,10 (12,00)	2,30 (13,00)	1,10 (6,00)	1,80 (10,00)	1,90 (11,00)

Nota 5: 1 m²K / W = 1 m² °C / W = 5,68 ft²h °F / BTU

Fuente: Tabla No. 2 de la NMX-C-460-ONNCCE-2009

Si en lugar de la losa de concreto se colocara una losa de concreto celular cuya conductividad térmica es de 0.18 W/mK, y otra capa de mortero cemento arena para sellar las superficies quedaría así:

$$R = \frac{1}{8,1} + \frac{1}{6,6} + \frac{0,006}{0,170} + \frac{0,050}{0,170} + \frac{0,150}{0,120} + \frac{0,100}{0,180} + \frac{0,050}{0,170} = 2,7041m^2 K / W$$

Este valor de R de 2.70 es ideal para techos en prácticamente todas las zonas, a excepción de las zonas 3 y 4 con requerimientos de ahorro de energía, para lo cual se pueden buscar otro tipo de materiales y/o espesores a usar.

En cuanto al valor obtenido de R para el muro, no cumple con el valor de R mínimo requerido en ninguna de las zonas, por lo que se debe, al igual que en el caso del techo, buscar otro tipo de alternativas como materiales aislantes o jugar con los espesores, siempre respetando el aspecto económico del proyecto.

Otros aspectos a tener en cuenta al establecer el valor de R para el proyecto son los vanos. El área ocupada por vanos vidriados, como ventanas, puertas que tengan vidrio en más de la mitad de su superficie, incluyendo los marcos, muros acristalados o cualquier hueco que permita el paso de la luz solar debe ser menor al 20% del área total del muro envolvente de cada local habitable o de servicio, en caso de que este porcentaje sea mayor, se debe



considerar en la memoria de cálculo del aislamiento las propiedades térmicas de los materiales elegidos para cubrir estos vanos. El área ocupada por vanos en techos cubiertos por domos, tragaluces, láminas traslúcidas y similares, incluyendo los marcos o cualquier hueco que permita el paso de la luz solar, debe ser menor al 5.0 % del área total del techo envolvente de cada local habitable o de servicio, en caso de que este porcentaje sea mayor, se debe considerar en la memoria de cálculo del aislamiento las propiedades térmicas de los materiales elegidos para cubrir estos vanos. Sin embargo, hoy día ya existen en el mercado ventanas con diseñadas especialmente para aislar térmicamente las edificaciones, están se basan en el mismo sistema que utilizan los materiales con características de aislantes, incluyen un volumen de aire en su interior, se producen por lo general con doble acristalamiento y en lugar de aire también pueden tener un gas que es más estable ante condiciones de alta temperatura, no queda atrás la posibilidad de incluir soleras en el diseño arquitectónico que impidan la radiación directa del sol sobre las ventanas o vanos en cuestión.

A continuación se presentan las tablas 13 y 14, en las que se reflejan valores de conductividad térmica cuyos datos resultarán de gran utilidad a la hora de realizar el diseño de la envolvente térmica para las viviendas. Si se comparan los datos contenidos en ambas tablas, se concluye que son complementarios y una no invalida a la otra, ya que ninguno de los valores de la segunda tabla rebasa los $0.05 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Además se puede concluir que uno de los aislantes más efectivos es el poliuretano, ya sea conformado o in situ pues su conductividad térmica de diseño es de 0.025 y 0.026, seguidos por el poliestireno extruido con una conductividad térmica de 0.029.

Por último cabe aclarar que uno de los grandes problemas a resolver en el aislamiento térmico es la humedad, condensación de la misma y formación de hongos dentro de las cámaras de aire. Para esto es muy importante realizar una adecuada instalación de las capas que componen los elementos y de los tratamientos impermeabilizantes a aplicar, y así garantizar el correcto funcionamiento de la envolvente.



Tabla 13. Conductividad térmica de algunos materiales de construcción en España

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD [W/(m·K)]	TÉRMICA
Metales	35 (plomo)-384 (cobre)	
Hormigón	1.63-2.74	
	<i>Agua</i>	<i>0.60 (liquida)-2.50 (hielo)</i>
Mortero de cemento	0.35-1.40	
Ladrillo macizo	0.72-0.90	
Bloques de hormigón	0.35-0.79	
Ladrillo hueco	0.49-0.76	
Enlucidos de yeso	0.26-0.30	
Ladrillo multialveolar	0.20-0.30	
Maderas, tableros	0.10-0.21	
Hormigón celular	0.09-0.18	
Aislamientos	0.026-0.050	
	<i>Aire (sin convección)</i>	<i>0.026</i>

Fuente: http://www.aipex.es/empresas/aipex/faqs/aipex1_fqas.pdf. septiembre de 2010

Tabla 14. Tipos de aislantes térmicos en México

Aislamiento	Densidad Aparente		Conductividad Térmica a 25° C de temperatura media		Resistencia Térmica a 2.5 cm (1") de espesor	
			λ	k	RSI	R
Tipo	Kg/m ³	lb/ft ³	W / m °C	BTU in / ft ² h °F	m ² K / W	ft ² 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

RSI = Resistencia térmica en sistema Internacional 1 m² K / W = 5.68 ft² h°F / BTU

R = Resistencia térmica en sistema Ingles 1 W / m K = 6.935 BTU in / ft² h °F

Fuente: Taller "La Envoltura Térmica y el Ahorro de Energía en la Vivienda", CMIC febrero de 2009



5.2 OTROS APORTES DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Existen métodos pasivos adicionales a la envolvente térmica que pueden mejorar en gran parte el confort de las viviendas y por ende disminuir los requerimientos en materia de aire acondicionado o calefacción. Para esto la bioclimática contempla variables como la ubicación, condiciones de la zona, la forma de las viviendas y los métodos pasivos internos dentro de la vivienda, como un todo a considerar a la hora de diseñar. A continuación veremos a gran detalle estos métodos.

5.2.1 Ubicación y Orientación de la Vivienda

Dentro de los principales aspectos que se contemplan en el diseño bioclimático se tienen la ubicación de la construcción, orientación y materiales aislantes. La ubicación de la construcción nos dará como referencias el tipo de clima al que estará sometida debido a la latitud y la región en la que se desarrollará, tomando como principales referencias las temperaturas máxima, media y mínima anual, la radiación solar incidente, dirección del viento dominante y pluviometría del lugar. Estos factores determinarán a la hora de realizar el diseño, el tipo de energías alternas renovables a instalar y adicionalmente, el tipo de material aislante térmico a instalar. Es importante analizar también las posibles interrupciones en la radiación y ventilación del lugar, tales como: edificios cercanos, masas boscosas, relieves orográficos, entre otros.

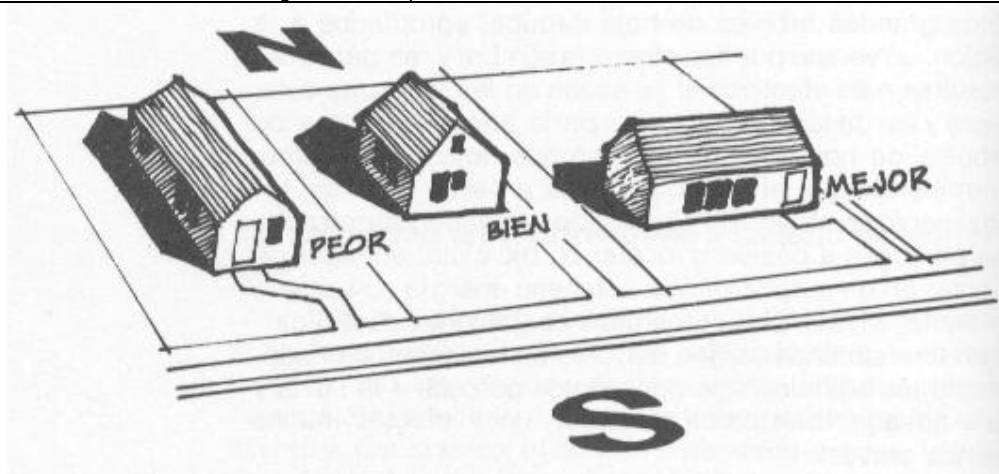
En materia de orientación se debe tener en cuenta que uno de los puntos críticos donde la vivienda puede tener ganancias importantes de calor, son las ventanas. El vidrio por ser un material traslucido, permite el paso de la luz, lo cual es bastante deseable al interior de la vivienda, pero con ella también permite el paso del calor hacia su interior, ya sea por radiación directa o por conducción. Esto, dependiendo del clima en el que esté ubicada la vivienda puede ser bastante indeseable, ya que conlleva a un aumento en la temperatura interior y por ende una mayor necesidad de refrigeración. Aproximadamente 40% de la ganancia de calor en la vivienda proviene de las ventanas; por ello, se recomienda una buena orientación y la selección de elementos de sombreado o aplicación de técnicas de aislamiento o bloqueo que permitan mitigar este impacto¹⁶.

¹⁶ CONAFOVI, Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda. Mayo, 2006.

Existen dos maneras de mitigar el calor que irradia en las fachadas, bien sea con una adecuada orientación o por sombreado. En cuanto al sombreado, la bioclimática contempla la posibilidad de sembrar árboles o arbustos que ofrezcan sombra hacia la fachada, lo cual puede llegar a generar un microclima cuya temperatura este por debajo de la global hasta 5 °C; por otro lado, se pueden instalar soleras o toldos que proyecten sombra a las ventanas en épocas de verano y que se puedan retirar en las épocas de invierno, en las que las demandas de calor aumentan.

En la guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda, elaborada por CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda) se establecieron 9 tipos de climas en la República mexicana: Cálido seco, cálido semi-húmedo, cálido húmedo, templado húmedo, templado, templado seco, semi-frío seco, semi-frío y semi-frío húmedo. Para cada tipo de clima existen diferentes tipos de orientaciones de las fachadas principales, en el caso del clima cálido húmedo, la fachada principal debe ir orientada hacia el sureste.

Figura 41. Comparativo de Orientación de fachadas



Fuente: <http://www.casasconfortables.net> . septiembre de 2010

Generalmente interesa captar la mayor cantidad de energía como fuente de climatización en invierno, en verano se pueden utilizar sombreadamientos y otras técnicas para evitar la radiación. En las latitudes en que nos encontramos, conviene orientar siempre la superficie de captación (acristalado) hacia el sur. La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular, cuyo lado mayor va de este a oeste, y en el cual se encontrarán la mayor parte de los dispositivos de captación (fachada sur), y cuyo lado menor va de norte a sur, tal como se



observa en la figura 41. Hay que reducir la existencia de ventanas en las fachadas norte, este y oeste, puesto que no son muy útiles para la captación solar en invierno (aunque pueden serlo para ventilación e iluminación) y, sin embargo, se producen muchas pérdidas de calor a través de ellas.

Para las orientaciones de las viviendas en México, la guía para el ahorro de energía en la vivienda de la CONAFOVI, incluye una serie de recomendaciones en este aspecto que dependen del tipo de Bioclima en el que se ubique la zona. Además incluye una serie de parámetros a aplicar para mantener la humedad y ventilación adecuadas para las viviendas, como materiales porosos en bioclimas secos que retengan la humedad y arbustos en las fachadas norte para desviar los vientos fríos que llegan por el norte, entre otros.

5.2.2 Forma y Ventilación de la Vivienda

Los vientos de la zona pueden colaborar a la circulación del aire al interior de la vivienda. Esto se puede lograr teniendo en cuenta que el aire caliente siempre sube, mientras que el frío se encuentra en la parte baja de las edificaciones, es por esto que es tan común encontrar techos elevados en climas cálidos; a manera de ejemplo podemos convertir las escaleras en una chimenea de ventilación, para lo cual se pueden colocar franjas abiertas o ventanas tipo persianas que permitan el acceso al aire frío y vientos por la parte de abajo, dotando el extremo superior del ducto de las escaleras con unas rendijas o aberturas pequeñas que permitan la salida del aire caliente, las cuales se pueden cerrar en épocas de invierno y evitar pérdidas de calor.

La forma de la casa también influye sobre la superficie de contacto entre la vivienda y el exterior, y en las pérdidas o ganancias caloríficas. Normalmente se desea un buen aislamiento, para lo cual, además de utilizar los materiales adecuados, la superficie de contacto tiene que ser lo más pequeña posible. Para un determinado volumen interior, una forma compacta (como el cubo), sin entrantes ni salientes, es la que determina la superficie de contacto más pequeña. La existencia de patios, alas, etc. incrementan esta superficie.

En cuanto a la resistencia frente al viento se debe establecer una altura ideal, por ejemplo, una casa alta siempre ofrece mayor resistencia que una casa baja. Esto es bueno en verano, puesto



que con una adecuada ubicación de las ventanas de acuerdo a la dirección del viento predominante se incrementa la ventilación, pero puede ser malo en invierno, puesto que incrementa las infiltraciones. La forma del tejado y la existencia de salientes diversos, por ejemplo, también influye en conseguir una casa más o menos "aerodinámica". Teniendo en cuenta las direcciones de los vientos predominantes, tanto en invierno como en verano es posible llegar a una situación de compromiso que disminuya las infiltraciones en invierno e incremente la ventilación en verano.

La forma del edificio tiene gran incidencia en los consumos de combustible para calefacción y refrigeración, que dependerán de la rigurosidad del clima en el cual está localizada la vivienda, pero en general las formas posibles pueden relacionarse con las ganancias y pérdidas de calor. De los diseños posibles, la forma cuadrada es la menos eficiente. Se ha comprobado que el mejor edificio para evitar el consumo de energía es él de forma rectangular, con el eje mayor en dirección este – oeste. La forma rectangular alargada expone en invierno su cara norte. Al recibir los rayos solares en su parte más alargada, obtendrá también mayor cantidad de energía. En verano, esta fachada recibirá menor cantidad de energía solar que el techo y las caras este y oeste, puesto que el sol estará más alto.

Esta superficie de alargamiento, estará relacionada con el clima. Cuanto más frío, menos alargamiento. Habrá que conservarlo compacto y con bajas pérdidas. En climas cálidos, el concepto es el inverso; alargar las viviendas y permitir a través de las ventanas un amplio barrido de la ventilación en las habitaciones. La forma alargada este – oeste permitirá una buena iluminación, para lo cual las ventanas deberán estar relacionadas con el tamaño de la habitación. Como el sol penetrará por éstas en invierno, para que llegue al fondo del local su profundidad no deberá ser mayor de 2 a 2 ½ veces la altura de la ventana medida desde el piso.



6. AMORTIZACIÓN, FINANCIAMIENTO Y VENTAJAS ECONÓMICAS DE LOS DESARROLLOS URBANÍSTICOS ECOLÓGICOS EN MÉXICO

Una de las aparentes grandes desventajas para lograr el auge de las viviendas ecológicas en México, es la necesidad de aumentar el capital de inversión por parte de los constructores sin que se vean beneficiados por ello. Esto es lamentable desde el punto de vista ecológico, ya que mientras una actividad de este tipo no de resultados tangibles económicamente o se apliquen sanciones por no ejercerlas, será muy difícil lograr su expansión.

El gobierno federal a través del programa nacional de vivienda 2007-2012 hacia un desarrollo habitacional sustentable, ha abierto las puertas para que este tipo de desarrollos habitacionales proliferen en beneficio de toda la población, pero en especial de aquella de menores ingresos al ofrecerle fuentes de financiamiento, fomentando a su vez este tipo de desarrollos.

Dentro de los apoyos del gobierno federal, existen siete estrategias que contempla el programa en materia de financiamiento, de entre estas observaremos a profundidad las siguientes tres, debido a que su aplicación interviene directamente con el objetivo de esta tesis:

1. Consolidar el Programa de Subsidios Federales para el financiamiento de vivienda y los demás programas de apoyo federal en el sector.
2. Fortalecer el ahorro y la capacidad de compra de la población de menores ingresos, para la adquisición de vivienda nueva, seminueva o usada, y estimular el desarrollo de una oferta de vivienda a precios accesibles.
3. Estimular la construcción de desarrollos habitacionales con características de sustentabilidad.

Estas 3 estrategias se han hecho aplicables a lo largo de este Gobierno mediante instituciones gubernamentales. Desde hace unos pocos años atrás el gobierno ha lanzado esquemas como la hipoteca verde del Infonavit, el subsidio federal de la CONAVI, estímulos fiscales por parte de la SHCP y contratos de interconexión de la CFE, que ofrecen grandes ventajas a este tipo de desarrollos. Esto sin incluir los que por iniciativa privada se puedan adoptar, como es el caso de la venta de bonos de carbono a través del Protocolo de Kyoto. La suma de estos y otros incentivos bien manejados podría ayudar al auge de este tipo de viviendas.



Adicionalmente la amortización por ahorro que pueden ofrecer las viviendas ecológicas y las ventajas que ofrecen, conforman un mercado exclusivo y atractivo en el que se pueden desarrollar y encontrar otras ventajas financieras tanto para constructores como para compradores de este tipo de viviendas. La suma de todos estos factores es lo que se verá a detalle a continuación.

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES MEDIANTE AMORTIZACIÓN POR AHORRO

De todas las variables y técnicas que se observaron anteriormente resulta importante determinar el tipo de ahorro en los servicios públicos que generarían al usarse en la vivienda, así como el período de amortización de las mismas con el fin de establecer la viabilidad económica de su inversión.

Los análisis económicos que se verán a continuación son referentes a básicamente 3 líneas, la primera tiene que ver con la adquisición de dispositivos y sistemas ahorradores de agua en la vivienda. La segunda hace referencia al tipo de sistemas fotovoltaicos y eólicos para la generación y ahorro de energía en la vivienda. El tercer análisis es referente a la adquisición del calentador solar en la vivienda, esto solo para el caso de adquisición de sistemas individuales, es decir, no se considerará la inversión para la adquisición de un sistema central para edificios, ya que al demostrar la factibilidad para un sistema individual, sobra decir que el sistema central también sería viable.

En materia de aislantes térmicos, por poseer tantas variables en cuanto a tipo de materiales, espesor de los mismos y condiciones del lugar, resulta muy amplio el acervo a combinar, por lo que se hará un análisis somero y se compararán precios de fabricación del concreto celular, ya que esta es una de las tecnologías que se encuentra en auge.

6.1.1 Análisis Económico Para Dispositivos Y Sistemas Ahorradores De Agua

Aunque el agua es un recurso irremplazable vale la pena evaluar los tipos de beneficios económicos que puede brindar a los usuarios el instalar los sistemas mencionados anteriormente, con respecto a la inversión que se debe realizar.



Las tarifas por m³ de agua en México varían en cada Estado y dependiendo de la cantidad de agua que se consume en el período, ya que después de que el consumo rebasa cierto límite, el m³ adicional tiene otro precio. En Oaxaca el m³ de agua es el más barato del país con un precio de \$0.60, pero lamentablemente ese precio cuenta con un subsidio del 95% en su tarifa debido a la precaria calidad de la misma y a que en las zonas altas no es posible abastecer a la comunidad, por lo que deben adquirir el agua mediante pipas, llegando a pagar hasta \$50/m³.

De acuerdo con el periódico la Jornada Aguas Calientes¹⁷, el agua más cara en México la tiene Morelia con un precio de \$16.59/m³ en consumos menores a 30 m³ al mes, mientras que en el Distrito Federal con la mayor demanda del país, las tarifas de agua apenas se han modificado para disminuir los subsidios otorgados por el Gobierno, dejando atrás los \$1.43/m³. La tarifa actual esta discriminada en 4 niveles¹⁸, popular, baja, media y alta, cuyos pagos respectivos para consumos bimestrales de 15 m³ o menos son de \$30, \$34, \$112.50 y \$135 respectivamente. Esto equivaldría a un valor por m³ de \$2.00, \$2.27, \$7.50 y \$9.00. Sin embargo, mientras que en Morelia el límite mensual es de 30 m³, que equivaldrían a un límite bimestral de 60 m³, en el Distrito federal el límite equivale a la cuarta parte del límite de consumo en Morelia. Si se tiene en cuenta que el consumo promedio es de aproximadamente 300 lt/hab/día como se mencionó anteriormente, una vivienda para 4 personas al mes consumiría 36 m³/mes o 72 m³ bimestrales, por lo que la tarifa a aplicar en el Distrito Federal quedaría así:

Tabla 15. Tarifas a aplicar en el D.F. para consumo bimestral de 72 m³ de agua

MANZANA TIPO	CUOTA MIN. CONSUMO 70-90 m ³ INCLUYE SUBSIDIO	COSTO DE m ³ ADICIONAL	CONSUMO BIMESTRAL (m ³)	TOTAL A PAGAR BIMESTRE	COSTO TOTAL POR m ³ (\$/m ³)
POPULAR	\$ 657.10	\$ 23.00	72.00	\$ 703.10	9.77
BAJA	\$ 765.00	\$ 23.00	72.00	\$ 811.00	11.26
MEDIA	\$ 1,075.00	\$ 30.00	72.00	\$ 1,135.00	15.76
ALTA	\$ 1,132.00	\$ 30.00	72.00	\$ 1,192.00	16.56
Σ					53.35
Costo \$/m ³ promedio					13.34

Datos tomados de <http://www.finanzas.df.gob.mx/IDS/tablasValores.pdf>

¹⁷ Periódico la Jornada Aguas Calientes del 6 de abril del 2010

(http://www.lajornadaaguascalientes.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12170:aguascalientes-la-segunda-ciudad-con-el-servicio-mas-carro-de-agua-potable-&catid=5:sociedad-y-justicia&Itemid=11)

¹⁸ <http://www.finanzas.df.gob.mx/IDS/tablasValores.pdf> 30 de julio de 2010



Lo anterior tomando en cuenta la tabla de valores de pago de derechos por la prestación del servicio de suministro de agua en el Distrito Federal¹⁹. El valor por m³ más caro, que es el de la manzana tipo alta, que se encuentra muy cerca al precio por m³ de agua en Morelia hasta 30 m³. El agua en Monterrey según el SADM para tarifa doméstica con drenaje esta en \$8.63/ m³ para un consumo mensual de 30 m³, mientras que la SIAPA en Guadalajara maneja una tarifa promedio de \$9/m³. Convendría realizar este estudio económico teniendo en cuenta las tarifas de cada uno de los Estados, pero para fines prácticos se hará el ejercicio considerando un valor promedio de \$11.9/m³ de agua, que es aproximadamente el promedio resultante de la tarifa del Distrito Federal, Morelia, Monterrey y Guadalajara.

El Infonavit con el apoyo del Instituto Nacional de Ecología (INE), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), el Consejo Nacional de Ecología (CONAE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) desarrollaron un proyecto piloto de vivienda de interés social sustentable para 4 a 5 ocupantes, en el que se obtuvieron valores promedio de ahorros en cuanto a agua y electricidad mediante el uso de ecotecnologías. De este proyecto surgió como resultado la “Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México” elaborada en el 2007 y obteniendo los siguientes resultados en materia de ahorro de agua:

Tabla 16. Ahorros mensuales de consumo de agua con ecotecnologías

TECNOLOGÍA	PRECIO	AHORRO MENSUAL VIVIENDA 4 PERSONAS	
		EN m ³	EN \$
Válvula para WC Dual Flush	\$ 220.00	10.56	125.664
Cebolleta con obturador	\$ 150.00	4.95	58.905
juego de 6 perlizadores	\$ 480.00	4.62	54.978
TOTALES	\$ 850.00	20.13	239.547

Nota: Los datos de ahorro mensual en m³ fueron tomados de la “Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México” Infonavit 2007 y los precios de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro <http://www.ceaqueretaro.gob.mx/index/ahorra> agosto de 2010.

Este total de 20.13 m³/mes, con la tarifa promedio obtenida anteriormente, equivale a un ahorro mensual aproximado a \$239.55, lo que para una inversión a realizar de \$850, permite amortizar la inversión en aproximadamente 4 meses, por lo que bien vale la pena adoptar este tipo de

¹⁹ <http://www.finanzas.df.gob.mx/IDS/tablasValores.pdf> 30 de julio de 2010



tecnologías. Los precios son los que se manejan en el mercado actualmente, pero básicamente fueron tomados de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro, entidad que actualmente está promoviendo la adquisición de estos y otros tipos de sistemas de ahorro de agua, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de financiamiento mediante cargo al recibo de agua en 5 parcialidades.

En cuanto a la inversión para el reciclaje de aguas grises, es importante conocer el dato del consumo y ahorro por persona, para esto la compañía Organi-K A.C. tiene como dato que para una comunidad cuya dotación es de 150 lt/ha/día el consumo de agua sin este sistema de reutilización de aguas grises en un año es de 54,750 litros por persona y el consumo de agua con un sistema de reutilización de aguas grises en un año es de 30,112 litros, obteniendo un ahorro de 24,630 litros, lo que equivale a aproximadamente 24.63m³ por persona al año. En el caso de una dotación de 250 lt/hab/día, equivalentes a 91,250 lt/hab/año o 365 m³/año para una vivienda de 4 personas, al aplicar el mismo porcentaje obtendríamos un ahorro de 200.75 m³ al año en la vivienda, que en pesos mexicanos equivale a un ahorro de \$2399.93 al año o aproximadamente \$200 al mes con la tarifa de \$11.90/ m³. Sin embargo el ahorro en realidad sería un poco mayor debido a que la tarifa a aplicar disminuiría porque de consumir 60.84 m³ bimestrales o 30.42 m³ al mes, pasaríamos a consumir 27.38 m³/bimestre a 13.70 m³/mes; esto puede variar dependiendo de la región en la que se encuentre y de la entidad que se encargue de manejar el servicio. En el caso de una vivienda en Monterrey el SADM pasaría de cobrar \$259.01/mes a cobrar \$73.64/mes, lo que equivale a un ahorro de \$185.37, mientras que el pago para el Distrito Federal quedaría así:

Tabla 17. Tarifa a aplicar en el D.F. utilizando sistema de reciclaje de aguas grises

Manzana Tipo	Cuota Fija Consumo de 30-40 m ³ /bim	Costo m ³ Excedente de limite inferior	Pago 32.4 m ³ /bim.	Pago consumo 72 m ³ (sin ahorro)	Ahorro Total Mensual
Popular	\$ 83.00	\$ 7.80	\$ 101.72	\$ 703.10	\$ 300.69
Baja	\$ 133.00	\$ 7.01	\$ 149.82	\$ 811.00	\$ 330.59
Media	\$ 330.10	\$ 14.52	\$ 364.95	\$ 1,135.00	\$ 385.03
Alta	\$ 363.10	\$ 15.22	\$ 399.63	\$ 1,192.00	\$ 396.19

Datos tomados de <http://www.finanzas.df.gob.mx/IDS/tablasValores.pdf>

El ahorro que se genera con este tipo de sistemas es importante tanto para los consumidores como para el gobierno, ya que lograría disminuir la demanda de agua en las ciudades y con ello



los costos en cuanto a explotación de acuíferos, tratamiento y bombeo, por lo que se propone exista algún tipo de incentivo o financiamiento para la adquisición de este tipo de sistemas.

A continuación se realiza una simulación para la adquisición del sistema dando origen a la tabla 18, y teniendo en cuenta los siguientes datos:

Ciudad	México D.F.
Tipo de Manzana	Popular
Ahorro mensual= mensualidad	\$300.69
Incremento Anual Tarifario	10%
Tasa anual de financiamiento	5.0 %
Tasa mensual equivalente	0.4075%
Costo de adquisición Sistema Soliclíma (Datos suministrados por proveedor)	\$28,000.00

Dentro de la tabla 18 podemos observar que entre el mes 82 y 83 se estaría amortizando el total de la inversión realizada, que equivale aproximadamente a 7 años. Cabe anotar que si la tasa de interés anual pasara de 5% a 10% con los mismos datos tenidos en cuenta para el ejercicio anterior, el plazo de amortización sería de 8.08 años. El período de vida útil de este tipo de sistemas depende del tratamiento que se le dé y es de 25 años, por lo que conviene invertir en este tipo de sistemas. Sin embargo, cabe mencionar que si la zona en la que se quiere construir las viviendas tiene una tarifa muy por debajo de lo estimado, probablemente el ahorro mensual a demostrar sea tal que no permita amortizar la inversión en un tiempo razonable.

En cuanto al sistema Aqus, desarrollado en los Estados Unidos de América, su costo de adquisición es de aproximadamente \$4,000.00, pero su ahorro se ve limitado al uso que se le dé al lavabo, la capacidad de almacenaje del sistema y el uso del sanitario, sin embargo su costo es menor que el del sistemas de reciclaje de aguas grises. De acuerdo con los datos del proveedor su capacidad de almacenaje diaria es de 8-14 gal, y puede llegar a ahorrar 22 m³ al año para un cuarto de baño utilizado por 2 personas o 44 m³ para 4 personas, es decir cerca de 3.67 m³/mes, que para la tarifa de los ejemplos anteriores equivaldría a \$43.67/mes. Aplicando una tasa de interés del 10% anual, la amortización total se estaría logrando en el mes 96, es decir a los 8 años, mientras que con una tasa de interés del 5% anual se estaría logrando en la mensualidad 82, es decir a los 6.83 años.



Tabla 18. Amortización de adquisición de sistema de reciclaje de aguas grises Soliclima

MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERESES	DEVOL. PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERESES	DEVOL. PRAL	SALDO INSOLUTO
1	\$28,000.00	\$300.69	\$114.09	\$186.60	\$27,813.40	42	\$17,896.96	\$400.22	\$72.92	\$327.30	\$17,569.66
2	\$27,813.40	\$300.69	\$113.33	\$187.36	\$27,626.03	43	\$17,569.66	\$400.22	\$71.59	\$328.64	\$17,241.02
3	\$27,626.03	\$300.69	\$112.56	\$188.13	\$27,437.90	44	\$17,241.02	\$400.22	\$70.25	\$329.98	\$16,911.05
4	\$27,437.90	\$300.69	\$111.80	\$188.89	\$27,249.01	45	\$16,911.05	\$400.22	\$68.90	\$331.32	\$16,579.73
5	\$27,249.01	\$300.69	\$111.03	\$189.66	\$27,059.35	46	\$16,579.73	\$400.22	\$67.55	\$332.67	\$16,247.06
6	\$27,059.35	\$300.69	\$110.25	\$190.44	\$26,868.91	47	\$16,247.06	\$400.22	\$66.20	\$334.03	\$15,913.03
7	\$26,868.91	\$300.69	\$109.48	\$191.21	\$26,677.70	48	\$15,913.03	\$440.24	\$64.84	\$375.40	\$15,537.63
8	\$26,677.70	\$300.69	\$108.70	\$191.99	\$26,485.70	49	\$15,537.63	\$440.24	\$63.31	\$376.93	\$15,160.69
9	\$26,485.70	\$300.69	\$107.92	\$192.77	\$26,292.93	50	\$15,160.69	\$440.24	\$61.77	\$378.47	\$14,782.22
10	\$26,292.93	\$300.69	\$107.13	\$193.56	\$26,099.37	51	\$14,782.22	\$440.24	\$60.23	\$380.01	\$14,402.21
11	\$26,099.37	\$300.69	\$106.34	\$194.35	\$25,905.02	52	\$14,402.21	\$440.24	\$58.68	\$381.56	\$14,020.65
12	\$25,905.02	\$330.76	\$105.55	\$225.21	\$25,679.81	53	\$14,020.65	\$440.24	\$57.13	\$383.11	\$13,637.54
13	\$25,679.81	\$330.76	\$104.63	\$226.13	\$25,453.69	54	\$13,637.54	\$440.24	\$55.57	\$384.68	\$13,252.86
14	\$25,453.69	\$330.76	\$103.71	\$227.05	\$25,226.64	55	\$13,252.86	\$440.24	\$54.00	\$386.24	\$12,866.62
15	\$25,226.64	\$330.76	\$102.79	\$227.97	\$24,998.67	56	\$12,866.62	\$440.24	\$52.43	\$387.82	\$12,478.80
16	\$24,998.67	\$330.76	\$101.86	\$228.90	\$24,769.76	57	\$12,478.80	\$440.24	\$50.84	\$389.40	\$12,089.40
17	\$24,769.76	\$330.76	\$100.92	\$229.83	\$24,539.93	58	\$12,089.40	\$440.24	\$49.26	\$390.98	\$11,698.42
18	\$24,539.93	\$330.76	\$99.99	\$230.77	\$24,309.16	59	\$11,698.42	\$440.24	\$47.67	\$392.58	\$11,305.84
19	\$24,309.16	\$330.76	\$99.05	\$231.71	\$24,077.45	60	\$11,305.84	\$484.26	\$46.07	\$438.20	\$10,867.64
20	\$24,077.45	\$330.76	\$98.10	\$232.66	\$23,844.79	61	\$10,867.64	\$484.26	\$44.28	\$439.98	\$10,427.66
21	\$23,844.79	\$330.76	\$97.16	\$233.60	\$23,611.19	62	\$10,427.66	\$484.26	\$42.49	\$441.78	\$9,985.88
22	\$23,611.19	\$330.76	\$96.20	\$234.56	\$23,376.63	63	\$9,985.88	\$484.26	\$40.69	\$443.58	\$9,542.31
23	\$23,376.63	\$330.76	\$95.25	\$235.51	\$23,141.12	64	\$9,542.31	\$484.26	\$38.88	\$445.38	\$9,096.92
24	\$23,141.12	\$363.84	\$94.29	\$269.55	\$22,871.58	65	\$9,096.92	\$484.26	\$37.07	\$447.20	\$8,649.72
25	\$22,871.58	\$363.84	\$93.19	\$270.65	\$22,600.93	66	\$8,649.72	\$484.26	\$35.24	\$449.02	\$8,200.70
26	\$22,600.93	\$363.84	\$92.09	\$271.75	\$22,329.18	67	\$8,200.70	\$484.26	\$33.41	\$450.85	\$7,749.85
27	\$22,329.18	\$363.84	\$90.98	\$272.86	\$22,056.33	68	\$7,749.85	\$484.26	\$31.58	\$452.69	\$7,297.17
28	\$22,056.33	\$363.84	\$89.87	\$273.97	\$21,782.36	69	\$7,297.17	\$484.26	\$29.73	\$454.53	\$6,842.63
29	\$21,782.36	\$363.84	\$88.75	\$275.08	\$21,507.27	70	\$6,842.63	\$484.26	\$27.88	\$456.38	\$6,386.25
30	\$21,507.27	\$363.84	\$87.63	\$276.20	\$21,231.07	71	\$6,386.25	\$484.26	\$26.02	\$458.24	\$5,928.01
31	\$21,231.07	\$363.84	\$86.51	\$277.33	\$20,953.74	72	\$5,928.01	\$532.69	\$24.15	\$508.53	\$5,419.47
32	\$20,953.74	\$363.84	\$85.38	\$278.46	\$20,675.28	73	\$5,419.47	\$532.69	\$22.08	\$510.60	\$4,908.87
33	\$20,675.28	\$363.84	\$84.24	\$279.59	\$20,395.68	74	\$4,908.87	\$532.69	\$20.00	\$512.68	\$4,396.19
34	\$20,395.68	\$363.84	\$83.10	\$280.73	\$20,114.95	75	\$4,396.19	\$532.69	\$17.91	\$514.77	\$3,881.41
35	\$20,114.95	\$363.84	\$81.96	\$281.88	\$19,833.07	76	\$3,881.41	\$532.69	\$15.81	\$516.87	\$3,364.54
36	\$19,833.07	\$400.22	\$80.81	\$319.41	\$19,513.66	77	\$3,364.54	\$532.69	\$13.71	\$518.98	\$2,845.56
37	\$19,513.66	\$400.22	\$79.51	\$320.72	\$19,192.94	78	\$2,845.56	\$532.69	\$11.59	\$521.09	\$2,324.47
38	\$19,192.94	\$400.22	\$78.20	\$322.02	\$18,870.92	79	\$2,324.47	\$532.69	\$9.47	\$523.21	\$1,801.26
39	\$18,870.92	\$400.22	\$76.89	\$323.33	\$18,547.59	80	\$1,801.26	\$532.69	\$7.34	\$525.35	\$1,275.91
40	\$18,547.59	\$400.22	\$75.57	\$324.65	\$18,222.93	81	\$1,275.91	\$532.69	\$5.20	\$527.49	\$748.42
41	\$18,222.93	\$400.22	\$74.25	\$325.97	\$17,896.96	82	\$748.42	\$532.69	\$3.05	\$529.64	\$218.79



De las tecnologías vistas anteriormente se puede llegar a la conclusión de que las más económicas son las estudiadas por el Infonavit en su guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua para viviendas de interés social en México, ya que con muy poca inversión se estarían logrando ahorros considerables mensualmente y su amortización se da en un lapso de tiempo muy corto con respecto a las demás, siempre y cuando el uso de estas sea adecuado por parte de los usuarios. Las demás tecnologías no constituyen una mala inversión, pero probablemente deban esperar a que su precio disminuya o a que en el peor de los casos el agua llegue a escasear de manera contundente. Adicionalmente, el estilo de vida, las costumbres de las familias mexicanas, el bajo precio por m³ de agua en ciertas zonas, más la falta de conciencia ecológica, son una de las barreras por rebasar para que el auge de este tipo de sistemas de ahorro de agua se implementen en todo México y en otras partes del mundo.

A comienzos del 2010 se hablaba de incrementar el precio del agua hasta por el doble del valor actual, tal vez debido a las sequias, aumento poblacional y a la necesidad de desarrollar mayor infraestructura para poder abastecer de agua a los asentamientos humanos. Si se realizará ese incremento en las zonas donde el agua es más barata o está más subsidiada, se realizarán cortes del servicio a los deudores morosos y se invirtiera ese dinero en políticas de financiamiento para que constructores y propietarios adoptaran medidas tan sencillas como colocar un obturador, se lograría un consumo responsable y razonable del agua.

Existe un parámetro adicional y es el bombeo. En zonas como el Distrito Federal, la mayoría de las viviendas requieren bombear agua desde una cisterna hasta un tanque elevado para su posterior distribución, entonces la energía que se usaría para bombear esa agua también se estaría ahorrando. Si asumimos un ejemplo con una bomba de agua cuya potencia es de 3/4HP y según datos de proveedor²⁰ entrega 40 lt/min para una altura máxima de entrega de 48 m y una altura máxima de succión de 9 m, tenemos que para bombear 98,520 lt, requerirá de 41.05 horas, lo que equivale a un consumo energético de 23 a 30 kw aproximadamente. Este ahorro de energía no representa un valor considerable para un año, pero si se multiplica por un número considerable de viviendas que se encuentran dentro de un desarrollo habitacional el

²⁰ Fuente: http://www.importadoradubon.com/prod_bombas.html, mayo de 2009. 1HP=0.7457 kw



ahorro puede llegar a ser bastante considerable. Si se instalara este sistema en un desarrollo habitacional con 218 viviendas, estaríamos hablando de un ahorro anual aproximado a 5 MW.

Este ahorro no se está generando solamente en las viviendas, sino también en las entidades que se encargan de captar, tratar y distribuir el agua potable, y en las que se encargan de tratar las aguas residuales e inclusive dependiendo de la región, las que se encargan de bombear tanto agua potable como agua residual. Desde este punto de vista cualquier tipo de tecnología ecológica que permita ahorrar agua contribuye a la economía familiar, local y nacional, entonces deberían existir mayores mecanismos de divulgación y financiamiento que permitan que este ahorro se pueda generar o bien exigir por vías legales. Ojala no esperemos a que la situación se haga insostenible como comentaba Ramón Aguirre, Director del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, en una entrevista realizada por W radio “de no reducir la demanda en la Ciudad de México en un 30% durante los próximos años la demanda de agua será prácticamente insolvente al punto de que la ciudad será insostenible”.

6.1.2 Análisis Económico Para La Generación De Energía Eléctrica

Existen muchos mecanismos para la generación de energía eléctrica, sin embargo para delimitar el tema nos centraremos en la generación a través de sistemas fotovoltaicos y sistemas eólicos.

Para establecer el tipo de sistema FV a instalar, es necesario determinar primero la cantidad de consumo energético de la vivienda. En este ejemplo se tendrá en cuenta una vivienda para 3 personas que consta de: 3 habitaciones, 2 baños, cocina, sala, comedor y patio de servicios. A continuación se presenta una tabla con los posibles electrodomésticos usados en esta vivienda y sus respectivos consumos al mes, estos basados en datos obtenidos de las etiquetas de los electrodomésticos y de la página de internet de la CFE que da información al cliente con respecto a ahorros de energía. Esto nos arroja un total de 161 kw/h al mes aproximadamente. El siguiente paso es identificar los tipos de sistemas a instalar de acuerdo con este requerimiento.



Tabla 19. Ejemplo de consumo de energía al interior de la vivienda

Aparato	Potencia Promedio (w)	Tiempo de uso (Períodos Típicos)	Tiempo de uso al mes (Horas)	Consumo mensual kw/hora
Videocassetera o DVD	25	3h/sem	12.87	0.322
Licuadaora potencia media	400	10 min/día	5.11	2.044
Bomba de agua	400	20 min/día	9.91	3.964
Radio grabadora	40	2 h 5vec/sem	42.9	1.716
Secadora de pelo	1600	10 min 4vec/sem	2.92	4.672
Estereo musical	75	2 h 2vec/sem	17.16	1.287
Horno de microondas	1200	10 min/día	5.11	6.132
Lavadora automática	400	2h 2vec/sem	17.16	6.864
TV color (19"-21")	70	4 h/día	120.12	8.408
Focos fluorescentes (8 de 15w c/u)	120	4 h/día	120.12	14.414
TV Color (24"-29")	120	5 h/día	150.15	18.018
Plancha	1000	3 h/sem	12.87	12.870
Equipo de cómputo	300	2 h 4vec/sem	34.32	10.296
Refrigerador(14-16 pies Cúbicos)	290	8 h/día	240.24	69.670
TOTAL kw/h al mes				160.677

En cuanto a la parte fotovoltaica se debe tener en cuenta que en México las horas efectivas a utilizar varían de 4 a 5 horas, esto quiere decir que el sistema FV generará energía durante ese período, la cual puede ser almacenada para su uso posterior o enviada directamente a la red. Al dividir el consumo obtenido anteriormente por los 30 días que tiene el mes tenemos que diariamente se tiene un consumo promedio de 5.37 kw aproximadamente. En el mercado se encuentran paneles con diferentes potencias, las cuales oscilan de 40 a 300 w/h y si tenemos en cuenta las 5 horas efectivas de sol, esto nos arroja que para compensar totalmente esta demanda se puede realizar la instalación de un sistema FV compuesto por 4 paneles de 250 w/h, obteniendo así una potencia diaria de 5 kw. Sin embargo, el tratar de compensar totalmente la energía requerida con un sistema solar representa un sobre costo debido a que los costos de adquisición de este sistema son elevados y existen períodos muertos de consumo energético dentro de la vivienda, como son las vacaciones, salidas y otras actividades foráneas que hacen que la demanda de energía disminuya y que la energía almacenada se tenga que perder y que la inversión a realizar sea casi el doble. Por otra parte los proveedores de estos equipos recomiendan paquetes para uso doméstico, que tiene una potencia equivalente aproximada al 50% del resultado anterior y sugieren que no se debe compensar la demanda completa de energía sino que se debe mitigar.

Figura 42. Paquete Sistema Waltho 2a



CANT.	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
4	Panel ERDM Solar-QM6-120/120 w	Generan hasta 480 w/h
2	Batería Surrette/Rolls S530	Capacidad para almacenar hasta 800 amps, @12 VDC
1	Inversor STEREN INV-1000 w	Capacidad de otorgar hasta 1000 w de poder, 2000 w peak
1	Controlador STECA PR2020	Capacidad para controlar hasta 40 amps

Fuente: <http://www.erenovable.com.mx> agosto de 2010

Existen en el mercado paquetes que incluyen paneles solares, baterías, inversor y controlador para uso doméstico. Su precio ha disminuido en los últimos años, ya que en el 2007 el paquete solar casa que ofrecía la compañía Arian Solar tenía un precio de \$63,000 aproximadamente. Hoy día se encuentran en el mercado diferentes tipos de paquetes solares dependiendo de la compañía que los distribuya. La compañía Waltho, radicada en Puebla ofrece el paquete que se muestra en la figura 42, cuya capacidad diaria es de 2.4 kw/h, que equivale al 44.70% del consumo del ejemplo.

El costo de adquisición de este sistema \$43,000.00 incluyendo IVA e instalación y se estaría produciendo alrededor de 2.4 kw al día, que equivalen a 72 kw/mes, por lo que de los 161 kw/mes solo se estarían consumiendo de la red 89 kw/mes. Adicionalmente, si se promueven mayores políticas que estimulen el ahorro de energía dentro del hogar probablemente alcanzaremos a compensar en un futuro la demanda total de energía en este caso ejemplo.

Por otra parte observamos que el precio de estas tecnologías en el 2007 era un tanto elevado debido a varias razones, una de ellas es que la demanda en los últimos años aumento exponencialmente y la oferta fue insuficiente para cubrirla lo cual repercutió en un aumento en su precio. Por otra parte se suma que los módulos que son importados, son construidos en su totalidad en Canadá, y la materia prima con la que se fabrican se encuentra en México. Existe un proyecto por el que se pretende importar solamente núcleos de silicio de los cuales,



mediante cortes se pueden obtener las obleas, que son la base del panel solar, y todo lo restante se puede producir y realizar su montaje e instalación aquí en México, con lo cual se puede abaratar el precio. Esto sumado a un aumento en la oferta y en la demanda de estas tecnologías podría haber incurrido en la disminución de los costos, haciendo cada día más asequible la adquisición de los sistemas FV.

Adicionalmente, si se tiene en cuenta que hoy día se pueden firmar contratos de interconexión o convenios para fuentes de energía renovables con la Secretaría de Energía, mediante los cuales la energía producida se inyecta directamente a la red, para posteriormente ser consumida o el excedente podría ser vendido, estaríamos eliminando la inversión requerida para la adquisición de las baterías, que en este caso su precio es cercano a los \$10,500, sin embargo este beneficio en cuanto a la disminución de la inversión también representa una desventaja a la hora de presentarse un apagón por falta de servicio, ya que no contaremos con energía almacenada para suplir esta falta de energía. Posteriormente se verán detalladamente los contratos de interconexión.

En cuanto al sistema eólico para suministro de energía, el aerogenerador Donqi de capacidad de 1.75 kw tiene un costo de \$67,000.00 aproximadamente, y como se observó en la figura 23 referente a la potencia de este aerogenerador con respecto a la velocidad de viento, se tiene que para una velocidad de viento de 5 m/s puede generar 1850 kwh/año, lo que equivale a 154 kwh/mes, es decir que con esa velocidad de viento se estaría cubriendo prácticamente el 100% de la demanda de energía para el caso ejemplo, sin embargo su costo de adquisición es mayor que el de un sistema fotovoltaico.

A continuación determinaremos el periodo en el que se pueden amortizar las inversiones, basándonos en el ahorro que se puede generar al dejar de consumir la energía producida por CFE, para lo cual se debe tener en cuenta la tarifa que aplica para este ejemplo. En México la energía para el sector doméstico se clasifica en 2 tipos de tarifas, la tarifa DAC de alto consumo doméstico y la tarifa 1. Esta última es aplicable a todas las zonas del país en temporadas fuera de verano. Sin embargo, en temporada de verano esta tarifa sufre una modificación dependiendo de la temperatura media mínima de la zona. Esta temperatura media mínima se determina mediante reportes realizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos



Naturales (SEMARNAT), y establece que es la que corresponde a la zona cuando la temperatura media mínima se registra de manera consecutiva por 2 meses o más meses al año en un período de 3 o más años, dentro de los últimos 5 años de que se disponga información de la SEMARNAT. De acuerdo con lo anterior se tienen 6 tarifas aplicables en verano, como se observa en la tabla 20.

Tabla 20. Tarifas domésticas 2010 a aplicar de acuerdo con temperatura y consumo

TARIFA DE VERANO	TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA EN VERANO (°C)	CONSUMO MÁXIMO PARA CAMBIO DE TARIFA EN VERANO (kwh/mes)	CONSUMO APARTIR DEL CUAL SE APLICA TARIFA DAC (kwh/mes)
1	-	-	250
1A	25	150	300
1B	28	225	400
1C	30	300	850
1D	31	400	1000
1E	32	750	2000
1F	33	1200	2500

Fuente: www.cfe.gob.mx noviembre de 2010

La tarifa 1 se aplica entonces para zonas en las que el verano no afecta significativamente el consumo energético debido a que la temperatura media mínima en el verano no supera los 25°C. El rango de consumo máximo para cambio de tarifa, implica que de rebasarse el consumo mensual en kwh/mes indicado, la tarifa a aplicar será mayor pero no tan alta como la tarifa DAC, a menos que el consumo rebese también este segundo límite.

Para seleccionar las tarifas aplicables para el consumo mensual de 161 kwh/mes del ejemplo, asumiremos la tarifa correspondiente a diciembre de 2010 como fecha en la que empiece a funcionar el sistema de producción de energía renovable en la vivienda, para lo cual según datos sobre cuotas mensuales autorizadas de la CFE se aplicarían las tarifas que se indican en el recuadro correspondiente a diciembre para cada una de las 7 tarifas de la tabla 21.

De esta tabla podemos resumir que para los primeros 75 kw se tendrá un costo de \$0.709/kw, lo que se traduce en \$53.18. Posteriormente para las tarifas 1 y 1A se tendrá que aplicar un costo de \$1.181 por la diferencia entre 125 kw y 75 kw, esto equivale a otros \$59.05, y para el excedente se aplicara la tarifa de \$2.497, es decir \$89.89 por los 36 kw excedentes, obteniendo un total de \$234.46 IVA incluido. En cuanto a la tarifa 1B el costo a pagar por los 161 kw sería



de \$196.30 IVA incluido y para las tarifas restantes el costo a pagar sería de \$146.68 IVA incluido.

Tabla 21. Tarifas domésticas 2010

Para consumo superior a 140 kWh mensuales														
TARIFA 1	Rango de consumo	Dic./2009	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Bsico 1-75	0.685	0.687	0.689	0.691	0.693	0.695	0.697	0.699	0.701	0.703	0.705	0.707	0.709
	Intermedio 76-125	1.133	1.137	1.141	1.145	1.149	1.153	1.157	1.161	1.165	1.169	1.173	1.177	1.181
	Excedente	2.401	2.409	2.417	2.425	2.433	2.441	2.449	2.457	2.465	2.473	2.481	2.489	2.497
Para consumo superior a 150 kWh mensuales														
TARIFA 1A	Rango de consumo	Dic./2009	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Bsico 1-75	0.685	0.687	0.689	0.691	0.693	0.695	0.697	0.699	0.701	0.703	0.705	0.707	0.709
	Intermedio 76-125	1.133	1.137	1.141	1.145	1.149	1.153	1.157	1.161	1.165	1.169	1.173	1.177	1.181
	Excedente	2.401	2.409	2.417	2.425	2.433	2.441	2.449	2.457	2.465	2.473	2.481	2.489	2.497
Para consumo superior a 175 kWh mensuales														
TARIFA 1B	Rango de consumo	Dic./2009	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Intermedio 1-75	0.685	0.687	0.689	0.691	0.693	0.695	0.697	0.699	0.701	0.703	0.705	0.707	0.709
	Intermedio 76-150	1.133	1.137	1.141	1.145	1.149	1.153	1.157	1.161	1.165	1.169	1.173	1.177	1.181
	Excedente	2.401	2.409	2.417	2.425	2.433	2.441	2.449	2.457	2.465	2.473	2.481	2.489	2.497
Para consumo hasta 175 kWh mensuales														
TARIFA 1C,1D,1E y	Rango de consumo	Dic./2009	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Bsico 1-75	0.685	0.687	0.689	0.691	0.693	0.695	0.697	0.699	0.701	0.703	0.705	0.707	0.709
	Intermedio	0.816	0.819	0.822	0.825	0.828	0.831	0.834	0.837	0.840	0.843	0.846	0.849	0.852

Nota: Datos obtenidos de www.cfe.gob.mx agosto de 2010

Para el sistema FV como se menciono anteriormente el consumo a tomar de la red sería de 89 kw/mes, que equivalen a \$69.72/mes para las tarifas 1, 1A y 1B, mientras que para las tarifas restantes el precio a pagar quedaría en \$65.11/mes. Esto se traduce en ahorros aproximados de \$165 para las tarifas 1 y 1A, \$127 para la 1B, y de \$82 para las tarifas restantes.



En cuanto al sistema eólico, tomaremos para el ejemplo la producción en zonas en las que la velocidad de viento es mayor a 5 m/s, es decir que no se tendría conexión a la red, a menos que se desee inyectar la energía para compensarla en caso de un consumo extraordinario.

Se deberá considerar un incremento en las tarifas de acuerdo al aumento que se registro en años anteriores. En la página web de la CFE se encuentran valores de las tarifas de años anteriores, se tomarán en cuenta los registros de los últimos 8 años y se utilizará para estimar el incremento promedio del costo de la energía en ese período.

Tabla 22. Cálculo de incremento anual tarifario promedio

MES/AÑO	TARIFA 1 (\$/kw)	INCREMENTO CON RESPECTO AL AÑO ANTERIOR
dic-02	0.502	
dic-03	0.527	4.98%
dic-04	0.559	6.07%
dic-05	0.595	6.44%
dic-06	0.619	4.03%
dic-07	0.637	2.91%
dic-08	0.661	3.77%
dic-09	0.685	3.63%
PROMEDIO		4.55%

Nota: Datos obtenidos de www.cfe.gob.mx agosto de 2010

Para el ejemplo se tendrán en cuenta los registros tarifarios de la CFE de los meses de diciembre como se muestra en la tabla 22, de la cual se obtuvo un promedio de incremento anual del 4.55%, lo cual seguirá siendo viable mientras se puedan mantener los subsidios.

La tabla 23 muestra una corrida financiera en la cual se considera un valor de adquisición de \$32,500.00 lo que equivale al costo del sistema FV sin las baterías para conexión directa a la red y una tasa de interés anual del 5.0%, al igual que la que se consideró en el análisis económico de las tecnologías para el ahorro de agua. Desafortunadamente la amortización con los datos considerados se da hasta el mes 209, que equivale a 17.5 años, esto es prácticamente igual a la vida útil del sistema, por lo que bajo las condiciones actuales y las consideraciones asumidas la inversión para la adquisición de este tipo de sistemas no resulta muy atractiva. En cuanto al sistema eólico, la amortización resulta más difícil ya que aunque el ahorro o pago mensual es mayor, el costo de adquisición es de casi el doble con respecto al



FV, y para el mismo período de 209 meses se sigue teniendo un saldo insoluto a pagar de \$48,636.10, por lo que no resulta viable su adquisición.

Sin embargo podemos tener en cuenta que la producción de la energía en México al depender de la quema de hidrocarburos y el precio de éstos se está elevando exponencialmente, llegará un punto en el que los subsidios energéticos deberán reducirse o eliminarse, por lo que después de realizar varias simulaciones se observó que para que el período de amortización de la inversión este cerca del 50% de la vida útil, se podrían tener 2 condiciones, la primera es que el precio de adquisición de los sistemas sea más económico, pero esto depende de muchos factores como aumento en la demanda y disponibilidad de materia prima para la fabricación. La segunda es la combinación entre la disminución del subsidio y si es posible la venta de la energía sobrante, por lo que para la simulación se adoptó en el pago mensual un incremento anual del 15%, así se obtiene una amortización a los 10.5 años como se observa en la tabla 24.

En cuanto al sistema eólico habrá que esperar un poco más, ya que para que su amortización se dé a los 11 años, la simulación de la tabla 25 arroja que con la misma tasa de interés del 5% anual, su costo de adquisición deberá disminuir a los \$50,000.00 y el incremento del pago mensual deberá ser igual al considerado anteriormente, es decir 15% anual.



Tabla 23. Amortización de adquisición de sistema FV con mensualidad incrementada en 4.55% anual

MES	DEUDA	MENSUALIDA D	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	MENSUALIDA D	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO
1	\$32,500.00	\$165.00	\$132.41	\$32.60	\$32,467.41	36	\$31,007.75	\$180.36	\$126.33	\$54.03	\$30,953.72
2	\$32,467.41	\$165.00	\$132.27	\$32.73	\$32,434.68	37	\$30,953.72	\$188.56	\$126.11	\$62.46	\$30,891.26
3	\$32,434.68	\$165.00	\$132.14	\$32.86	\$32,401.82	38	\$30,891.26	\$188.56	\$125.85	\$62.71	\$30,828.55
4	\$32,401.82	\$165.00	\$132.00	\$33.00	\$32,368.82	39	\$30,828.55	\$188.56	\$125.60	\$62.97	\$30,765.58
5	\$32,368.82	\$165.00	\$131.87	\$33.13	\$32,335.69	40	\$30,765.58	\$188.56	\$125.34	\$63.22	\$30,702.36
6	\$32,335.69	\$165.00	\$131.74	\$33.26	\$32,302.43	41	\$30,702.36	\$188.56	\$125.08	\$63.48	\$30,638.88
7	\$32,302.43	\$165.00	\$131.60	\$33.40	\$32,269.03	42	\$30,638.88	\$188.56	\$124.82	\$63.74	\$30,575.14
8	\$32,269.03	\$165.00	\$131.46	\$33.54	\$32,235.49	43	\$30,575.14	\$188.56	\$124.56	\$64.00	\$30,511.14
9	\$32,235.49	\$165.00	\$131.33	\$33.67	\$32,201.82	44	\$30,511.14	\$188.56	\$124.30	\$64.26	\$30,446.88
10	\$32,201.82	\$165.00	\$131.19	\$33.81	\$32,168.01	45	\$30,446.88	\$188.56	\$124.04	\$64.52	\$30,382.35
11	\$32,168.01	\$165.00	\$131.05	\$33.95	\$32,134.06	46	\$30,382.35	\$188.56	\$123.78	\$64.79	\$30,317.57
12	\$32,134.06	\$165.00	\$130.91	\$34.09	\$32,099.98	47	\$30,317.57	\$188.56	\$123.51	\$65.05	\$30,252.52
13	\$32,099.98	\$172.51	\$130.78	\$41.73	\$32,058.24	48	\$30,252.52	\$188.56	\$123.25	\$65.31	\$30,187.20
14	\$32,058.24	\$172.51	\$130.61	\$41.90	\$32,016.34	49	\$30,187.20	\$197.14	\$122.98	\$74.16	\$30,113.05
15	\$32,016.34	\$172.51	\$130.43	\$42.07	\$31,974.27	50	\$30,113.05	\$197.14	\$122.68	\$74.46	\$30,038.58
16	\$31,974.27	\$172.51	\$130.26	\$42.24	\$31,932.02	51	\$30,038.58	\$197.14	\$122.38	\$74.77	\$29,963.82
17	\$31,932.02	\$172.51	\$130.09	\$42.42	\$31,889.61	52	\$29,963.82	\$197.14	\$122.07	\$75.07	\$29,888.75
18	\$31,889.61	\$172.51	\$129.92	\$42.59	\$31,847.02	53	\$29,888.75	\$197.14	\$121.77	\$75.38	\$29,813.37
19	\$31,847.02	\$172.51	\$129.74	\$42.76	\$31,804.26	54	\$29,813.37	\$197.14	\$121.46	\$75.68	\$29,737.69
20	\$31,804.26	\$172.51	\$129.57	\$42.94	\$31,761.32	55	\$29,737.69	\$197.14	\$121.15	\$75.99	\$29,661.70
21	\$31,761.32	\$172.51	\$129.40	\$43.11	\$31,718.21	56	\$29,661.70	\$197.14	\$120.84	\$76.30	\$29,585.40
22	\$31,718.21	\$172.51	\$129.22	\$43.29	\$31,674.92	57	\$29,585.40	\$197.14	\$120.53	\$76.61	\$29,508.79
23	\$31,674.92	\$172.51	\$129.04	\$43.46	\$31,631.46	58	\$29,508.79	\$197.14	\$120.22	\$76.92	\$29,431.86
24	\$31,631.46	\$172.51	\$128.87	\$43.64	\$31,587.81	59	\$29,431.86	\$197.14	\$119.91	\$77.24	\$29,354.63
25	\$31,587.81	\$180.36	\$128.69	\$51.67	\$31,536.15	60	\$29,354.63	\$197.14	\$119.59	\$77.55	\$29,277.07
26	\$31,536.15	\$180.36	\$128.48	\$51.88	\$31,484.27	61	\$29,277.07	\$206.11	\$119.27	\$86.84	\$29,190.24
27	\$31,484.27	\$180.36	\$128.27	\$52.09	\$31,432.18	62	\$29,190.24	\$206.11	\$118.92	\$87.19	\$29,103.05
28	\$31,432.18	\$180.36	\$128.05	\$52.30	\$31,379.88	63	\$29,103.05	\$206.11	\$118.57	\$87.55	\$29,015.50
29	\$31,379.88	\$180.36	\$127.84	\$52.51	\$31,327.36	64	\$29,015.50	\$206.11	\$118.21	\$87.90	\$28,927.60
30	\$31,327.36	\$180.36	\$127.63	\$52.73	\$31,274.63	65	\$28,927.60	\$206.11	\$117.85	\$88.26	\$28,839.33
31	\$31,274.63	\$180.36	\$127.41	\$52.94	\$31,221.69	66	\$28,839.33	\$206.11	\$117.49	\$88.62	\$28,750.71
32	\$31,221.69	\$180.36	\$127.20	\$53.16	\$31,168.53	67	\$28,750.71	\$206.11	\$117.13	\$88.98	\$28,661.73
33	\$31,168.53	\$180.36	\$126.98	\$53.38	\$31,115.15	68	\$28,661.73	\$206.11	\$116.77	\$89.34	\$28,572.39
34	\$31,115.15	\$180.36	\$126.76	\$53.59	\$31,061.56	69	\$28,572.39	\$206.11	\$116.40	\$89.71	\$28,482.68
35	\$31,061.56	\$180.36	\$126.54	\$53.81	\$31,007.75	70	\$28,482.68	\$206.11	\$116.04	\$90.07	\$28,392.60

- 1ª Parte-



Tabla 23. Amortización de adquisición de sistema FV con mensualidad incrementada en 4.55% anual

MES	DEUDA	MENSUALIDA D	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	MENSUALIDA D	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO
71	\$28,392.60	\$206.11	\$115.67	\$90.44	\$28,302.16	106	\$24,358.97	\$235.55	\$99.24	\$136.31	\$24,222.67
72	\$28,302.16	\$206.11	\$115.30	\$90.81	\$28,211.35	107	\$24,222.67	\$235.55	\$98.68	\$136.86	\$24,085.80
73	\$28,211.35	\$215.49	\$114.93	\$100.56	\$28,110.80	108	\$24,085.80	\$235.55	\$98.13	\$137.42	\$23,948.38
74	\$28,110.80	\$215.49	\$114.52	\$100.97	\$28,009.83	109	\$23,948.38	\$246.26	\$97.57	\$148.70	\$23,799.68
75	\$28,009.83	\$215.49	\$114.11	\$101.38	\$27,908.45	110	\$23,799.68	\$246.26	\$96.96	\$149.30	\$23,650.38
76	\$27,908.45	\$215.49	\$113.70	\$101.79	\$27,806.66	111	\$23,650.38	\$246.26	\$96.35	\$149.91	\$23,500.47
77	\$27,806.66	\$215.49	\$113.28	\$102.21	\$27,704.45	112	\$23,500.47	\$246.26	\$95.74	\$150.52	\$23,349.95
78	\$27,704.45	\$215.49	\$112.87	\$102.62	\$27,601.83	113	\$23,349.95	\$246.26	\$95.13	\$151.14	\$23,198.81
79	\$27,601.83	\$215.49	\$112.45	\$103.04	\$27,498.79	114	\$23,198.81	\$246.26	\$94.51	\$151.75	\$23,047.06
80	\$27,498.79	\$215.49	\$112.03	\$103.46	\$27,395.33	115	\$23,047.06	\$246.26	\$93.89	\$152.37	\$22,894.69
81	\$27,395.33	\$215.49	\$111.61	\$103.88	\$27,291.45	116	\$22,894.69	\$246.26	\$93.27	\$152.99	\$22,741.70
82	\$27,291.45	\$215.49	\$111.19	\$104.31	\$27,187.14	117	\$22,741.70	\$246.26	\$92.65	\$153.61	\$22,588.08
83	\$27,187.14	\$215.49	\$110.76	\$104.73	\$27,082.41	118	\$22,588.08	\$246.26	\$92.02	\$154.24	\$22,433.84
84	\$27,082.41	\$215.49	\$110.33	\$105.16	\$26,977.26	119	\$22,433.84	\$246.26	\$91.40	\$154.87	\$22,278.98
85	\$26,977.26	\$225.30	\$109.91	\$115.39	\$26,861.87	120	\$22,278.98	\$246.26	\$90.76	\$155.50	\$22,123.48
86	\$26,861.87	\$225.30	\$109.44	\$115.86	\$26,746.01	121	\$22,123.48	\$257.47	\$90.13	\$167.34	\$21,956.14
87	\$26,746.01	\$225.30	\$108.96	\$116.33	\$26,629.67	122	\$21,956.14	\$257.47	\$89.45	\$168.02	\$21,788.12
88	\$26,629.67	\$225.30	\$108.49	\$116.81	\$26,512.87	123	\$21,788.12	\$257.47	\$88.76	\$168.70	\$21,619.42
89	\$26,512.87	\$225.30	\$108.01	\$117.28	\$26,395.59	124	\$21,619.42	\$257.47	\$88.08	\$169.39	\$21,450.02
90	\$26,395.59	\$225.30	\$107.54	\$117.76	\$26,277.83	125	\$21,450.02	\$257.47	\$87.39	\$170.08	\$21,279.94
91	\$26,277.83	\$225.30	\$107.06	\$118.24	\$26,159.59	126	\$21,279.94	\$257.47	\$86.69	\$170.77	\$21,109.17
92	\$26,159.59	\$225.30	\$106.57	\$118.72	\$26,040.86	127	\$21,109.17	\$257.47	\$86.00	\$171.47	\$20,937.70
93	\$26,040.86	\$225.30	\$106.09	\$119.20	\$25,921.66	128	\$20,937.70	\$257.47	\$85.30	\$172.17	\$20,765.53
94	\$25,921.66	\$225.30	\$105.60	\$119.69	\$25,801.97	129	\$20,765.53	\$257.47	\$84.60	\$172.87	\$20,592.66
95	\$25,801.97	\$225.30	\$105.12	\$120.18	\$25,681.79	130	\$20,592.66	\$257.47	\$83.89	\$173.57	\$20,419.09
96	\$25,681.79	\$225.30	\$104.63	\$120.67	\$25,561.12	131	\$20,419.09	\$257.47	\$83.19	\$174.28	\$20,244.81
97	\$25,561.12	\$235.55	\$104.14	\$131.41	\$25,429.71	132	\$20,244.81	\$257.47	\$82.48	\$174.99	\$20,069.81
98	\$25,429.71	\$235.55	\$103.60	\$131.95	\$25,297.77	133	\$20,069.81	\$269.18	\$81.76	\$187.42	\$19,882.40
99	\$25,297.77	\$235.55	\$103.06	\$132.48	\$25,165.28	134	\$19,882.40	\$269.18	\$81.00	\$188.18	\$19,694.21
100	\$25,165.28	\$235.55	\$102.52	\$133.02	\$25,032.26	135	\$19,694.21	\$269.18	\$80.23	\$188.95	\$19,505.26
101	\$25,032.26	\$235.55	\$101.98	\$133.56	\$24,898.70	136	\$19,505.26	\$269.18	\$79.46	\$189.72	\$19,315.54
102	\$24,898.70	\$235.55	\$101.44	\$134.11	\$24,764.59	137	\$19,315.54	\$269.18	\$78.69	\$190.49	\$19,125.05
103	\$24,764.59	\$235.55	\$100.89	\$134.66	\$24,629.93	138	\$19,125.05	\$269.18	\$77.92	\$191.27	\$18,933.78
104	\$24,629.93	\$235.55	\$100.34	\$135.20	\$24,494.73	139	\$18,933.78	\$269.18	\$77.14	\$192.05	\$18,741.74
105	\$24,494.73	\$235.55	\$99.79	\$135.75	\$24,358.97	140	\$18,741.74	\$269.18	\$76.35	\$192.83	\$18,548.91



Tabla 23. Amortización de adquisición de sistema FV con mensualidad incrementada en 4.55% anual

MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO
141	\$18,548.91	\$269.18	\$75.57	\$193.62	\$18,355.29	176	\$10,530.19	\$307.62	\$42.90	\$264.72	\$10,265.47
142	\$18,355.29	\$269.18	\$74.78	\$194.40	\$18,160.89	177	\$10,265.47	\$307.62	\$41.82	\$265.80	\$9,999.66
143	\$18,160.89	\$269.18	\$73.99	\$195.20	\$17,965.69	178	\$9,999.66	\$307.62	\$40.74	\$266.89	\$9,732.78
144	\$17,965.69	\$269.18	\$73.19	\$195.99	\$17,769.70	179	\$9,732.78	\$307.62	\$39.65	\$267.97	\$9,464.80
145	\$17,769.70	\$281.43	\$72.39	\$209.04	\$17,560.66	180	\$9,464.80	\$307.62	\$38.56	\$269.06	\$9,195.74
146	\$17,560.66	\$281.43	\$71.54	\$209.89	\$17,350.77	181	\$9,195.74	\$321.62	\$37.46	\$284.16	\$8,911.58
147	\$17,350.77	\$281.43	\$70.69	\$210.74	\$17,140.03	182	\$8,911.58	\$321.62	\$36.31	\$285.32	\$8,626.27
148	\$17,140.03	\$281.43	\$69.83	\$211.60	\$16,928.43	183	\$8,626.27	\$321.62	\$35.14	\$286.48	\$8,339.79
149	\$16,928.43	\$281.43	\$68.97	\$212.46	\$16,715.96	184	\$8,339.79	\$321.62	\$33.98	\$287.64	\$8,052.14
150	\$16,715.96	\$281.43	\$68.10	\$213.33	\$16,502.63	185	\$8,052.14	\$321.62	\$32.80	\$288.82	\$7,763.33
151	\$16,502.63	\$281.43	\$67.23	\$214.20	\$16,288.43	186	\$7,763.33	\$321.62	\$31.63	\$289.99	\$7,473.34
152	\$16,288.43	\$281.43	\$66.36	\$215.07	\$16,073.36	187	\$7,473.34	\$321.62	\$30.45	\$291.17	\$7,182.16
153	\$16,073.36	\$281.43	\$65.48	\$215.95	\$15,857.41	188	\$7,182.16	\$321.62	\$29.26	\$292.36	\$6,889.80
154	\$15,857.41	\$281.43	\$64.60	\$216.83	\$15,640.58	189	\$6,889.80	\$321.62	\$28.07	\$293.55	\$6,596.25
155	\$15,640.58	\$281.43	\$63.72	\$217.71	\$15,422.87	190	\$6,596.25	\$321.62	\$26.87	\$294.75	\$6,301.50
156	\$15,422.87	\$281.43	\$62.83	\$218.60	\$15,204.27	191	\$6,301.50	\$321.62	\$25.67	\$295.95	\$6,005.55
157	\$15,204.27	\$294.24	\$61.94	\$232.29	\$14,971.98	192	\$6,005.55	\$321.62	\$24.47	\$297.15	\$5,708.40
158	\$14,971.98	\$294.24	\$61.00	\$233.24	\$14,738.74	193	\$5,708.40	\$336.25	\$23.26	\$313.00	\$5,395.40
159	\$14,738.74	\$294.24	\$60.05	\$234.19	\$14,504.55	194	\$5,395.40	\$336.25	\$21.98	\$314.27	\$5,081.12
160	\$14,504.55	\$294.24	\$59.09	\$235.14	\$14,269.40	195	\$5,081.12	\$336.25	\$20.70	\$315.55	\$4,765.57
161	\$14,269.40	\$294.24	\$58.13	\$236.10	\$14,033.30	196	\$4,765.57	\$336.25	\$19.41	\$316.84	\$4,448.73
162	\$14,033.30	\$294.24	\$57.17	\$237.06	\$13,796.24	197	\$4,448.73	\$336.25	\$18.12	\$318.13	\$4,130.60
163	\$13,796.24	\$294.24	\$56.21	\$238.03	\$13,558.21	198	\$4,130.60	\$336.25	\$16.83	\$319.43	\$3,811.17
164	\$13,558.21	\$294.24	\$55.24	\$239.00	\$13,319.20	199	\$3,811.17	\$336.25	\$15.53	\$320.73	\$3,490.44
165	\$13,319.20	\$294.24	\$54.26	\$239.97	\$13,079.23	200	\$3,490.44	\$336.25	\$14.22	\$322.03	\$3,168.41
166	\$13,079.23	\$294.24	\$53.28	\$240.95	\$12,838.28	201	\$3,168.41	\$336.25	\$12.91	\$323.35	\$2,845.06
167	\$12,838.28	\$294.24	\$52.30	\$241.93	\$12,596.35	202	\$2,845.06	\$336.25	\$11.59	\$324.66	\$2,520.40
168	\$12,596.35	\$294.24	\$51.32	\$242.92	\$12,353.43	203	\$2,520.40	\$336.25	\$10.27	\$325.99	\$2,194.41
169	\$12,353.43	\$307.62	\$50.33	\$257.30	\$12,096.13	204	\$2,194.41	\$336.25	\$8.94	\$327.31	\$1,867.10
170	\$12,096.13	\$307.62	\$49.28	\$258.34	\$11,837.79	205	\$1,867.10	\$351.55	\$7.61	\$343.95	\$1,523.15
171	\$11,837.79	\$307.62	\$48.23	\$259.40	\$11,578.39	206	\$1,523.15	\$351.55	\$6.21	\$345.35	\$1,177.80
172	\$11,578.39	\$307.62	\$47.17	\$260.45	\$11,317.94	207	\$1,177.80	\$351.55	\$4.80	\$346.76	\$831.04
173	\$11,317.94	\$307.62	\$46.11	\$261.51	\$11,056.42	208	\$831.04	\$351.55	\$3.39	\$348.17	\$482.87
174	\$11,056.42	\$307.62	\$45.04	\$262.58	\$10,793.84	209	\$482.87	\$351.55	\$1.97	\$349.59	\$133.29
175	\$10,793.84	\$307.62	\$43.97	\$263.65	\$10,530.19						



Tabla 24. Amortización de adquisición de un sistema FV con mensualidad incrementada en 15% anual

MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO
0	\$32,500.00				\$32,500.00	42	\$29,623.53	\$250.94	\$120.69	\$130.26	\$29,493.27	85	\$20,359.10	\$438.90	\$82.94	\$355.96	\$20,003.14
1	\$32,500.00	\$165.00	\$132.41	\$32.60	\$32,467.41	43	\$29,493.27	\$250.94	\$120.16	\$130.79	\$29,362.49	86	\$20,003.14	\$438.90	\$81.49	\$357.41	\$19,645.73
2	\$32,467.41	\$165.00	\$132.27	\$32.73	\$32,434.68	44	\$29,362.49	\$250.94	\$119.62	\$131.32	\$29,231.16	87	\$19,645.73	\$438.90	\$80.04	\$358.87	\$19,286.86
3	\$32,434.68	\$165.00	\$132.14	\$32.86	\$32,401.82	45	\$29,231.16	\$250.94	\$119.09	\$131.86	\$29,099.31	88	\$19,286.86	\$438.90	\$78.57	\$360.33	\$18,926.53
4	\$32,401.82	\$165.00	\$132.00	\$33.00	\$32,368.82	46	\$29,099.31	\$250.94	\$118.55	\$132.39	\$28,966.91	89	\$18,926.53	\$438.90	\$77.11	\$361.80	\$18,564.73
5	\$32,368.82	\$165.00	\$131.87	\$33.13	\$32,335.69	47	\$28,966.91	\$250.94	\$118.01	\$132.93	\$28,833.98	90	\$18,564.73	\$438.90	\$75.63	\$363.27	\$18,201.46
6	\$32,335.69	\$165.00	\$131.74	\$33.26	\$32,302.43	48	\$28,833.98	\$250.94	\$117.47	\$133.47	\$28,700.51	91	\$18,201.46	\$438.90	\$74.15	\$364.75	\$17,836.71
7	\$32,302.43	\$165.00	\$131.60	\$33.40	\$32,269.03	49	\$28,700.51	\$288.59	\$116.93	\$171.66	\$28,528.85	92	\$17,836.71	\$438.90	\$72.67	\$366.24	\$17,470.48
8	\$32,269.03	\$165.00	\$131.46	\$33.54	\$32,235.49	50	\$28,528.85	\$288.59	\$116.23	\$172.36	\$28,356.49	93	\$17,470.48	\$438.90	\$71.17	\$367.73	\$17,102.75
9	\$32,235.49	\$165.00	\$131.33	\$33.67	\$32,201.82	51	\$28,356.49	\$288.59	\$115.52	\$173.06	\$28,183.42	94	\$17,102.75	\$438.90	\$69.68	\$369.23	\$16,733.52
10	\$32,201.82	\$165.00	\$131.19	\$33.81	\$32,168.01	52	\$28,183.42	\$288.59	\$114.82	\$173.77	\$28,009.66	95	\$16,733.52	\$438.90	\$68.17	\$370.73	\$16,362.79
11	\$32,168.01	\$165.00	\$131.05	\$33.95	\$32,134.06	53	\$28,009.66	\$288.59	\$114.11	\$174.47	\$27,835.18	96	\$16,362.79	\$438.90	\$66.66	\$372.24	\$15,990.55
12	\$32,134.06	\$165.00	\$130.91	\$34.09	\$32,099.98	54	\$27,835.18	\$288.59	\$113.40	\$175.19	\$27,660.00	97	\$15,990.55	\$504.74	\$65.15	\$439.59	\$15,550.96
13	\$32,099.98	\$189.75	\$130.78	\$58.97	\$32,041.00	55	\$27,660.00	\$288.59	\$112.69	\$175.90	\$27,484.10	98	\$15,550.96	\$504.74	\$63.35	\$441.38	\$15,109.57
14	\$32,041.00	\$189.75	\$130.54	\$59.21	\$31,981.79	56	\$27,484.10	\$288.59	\$111.97	\$176.62	\$27,307.48	99	\$15,109.57	\$504.74	\$61.56	\$443.18	\$14,666.39
15	\$31,981.79	\$189.75	\$130.29	\$59.46	\$31,922.33	57	\$27,307.48	\$288.59	\$111.25	\$177.34	\$27,130.15	100	\$14,666.39	\$504.74	\$59.75	\$444.99	\$14,221.40
16	\$31,922.33	\$189.75	\$130.05	\$59.70	\$31,862.63	58	\$27,130.15	\$288.59	\$110.53	\$178.06	\$26,952.09	101	\$14,221.40	\$504.74	\$57.94	\$446.80	\$13,774.60
17	\$31,862.63	\$189.75	\$129.81	\$59.94	\$31,802.69	59	\$26,952.09	\$288.59	\$109.80	\$178.78	\$26,773.31	102	\$13,774.60	\$504.74	\$56.12	\$448.62	\$13,325.98
18	\$31,802.69	\$189.75	\$129.56	\$60.19	\$31,742.50	60	\$26,773.31	\$288.59	\$109.07	\$179.51	\$26,593.79	103	\$13,325.98	\$504.74	\$54.29	\$450.45	\$12,875.53
19	\$31,742.50	\$189.75	\$129.32	\$60.43	\$31,682.07	61	\$26,593.79	\$331.87	\$108.34	\$223.53	\$26,370.26	104	\$12,875.53	\$504.74	\$52.45	\$452.28	\$12,423.25
20	\$31,682.07	\$189.75	\$129.07	\$60.68	\$31,621.40	62	\$26,370.26	\$331.87	\$107.43	\$224.44	\$26,145.82	105	\$12,423.25	\$504.74	\$50.61	\$454.13	\$11,969.12
21	\$31,621.40	\$189.75	\$128.83	\$60.92	\$31,560.47	63	\$26,145.82	\$331.87	\$106.52	\$225.36	\$25,920.47	106	\$11,969.12	\$504.74	\$48.76	\$455.98	\$11,513.14
22	\$31,560.47	\$189.75	\$128.58	\$61.17	\$31,499.30	64	\$25,920.47	\$331.87	\$105.60	\$226.27	\$25,694.19	107	\$11,513.14	\$504.74	\$46.90	\$457.83	\$11,055.31
23	\$31,499.30	\$189.75	\$128.33	\$61.42	\$31,437.88	65	\$25,694.19	\$331.87	\$104.68	\$227.20	\$25,467.00	108	\$11,055.31	\$504.74	\$45.04	\$459.70	\$10,595.61
24	\$31,437.88	\$189.75	\$128.08	\$61.67	\$31,376.20	66	\$25,467.00	\$331.87	\$103.75	\$228.12	\$25,238.88	109	\$10,595.61	\$580.45	\$43.17	\$537.28	\$10,058.33
25	\$31,376.20	\$218.21	\$127.83	\$90.39	\$31,285.82	67	\$25,238.88	\$331.87	\$102.82	\$229.05	\$25,009.82	110	\$10,058.33	\$580.45	\$40.98	\$539.47	\$9,518.86
26	\$31,285.82	\$218.21	\$127.46	\$90.75	\$31,195.06	68	\$25,009.82	\$331.87	\$101.89	\$229.98	\$24,779.84	111	\$9,518.86	\$580.45	\$38.78	\$541.67	\$8,977.19
27	\$31,195.06	\$218.21	\$127.09	\$91.12	\$31,103.94	69	\$24,779.84	\$331.87	\$100.95	\$230.92	\$24,548.92	112	\$8,977.19	\$580.45	\$36.57	\$543.88	\$8,433.31
28	\$31,103.94	\$218.21	\$126.72	\$91.50	\$31,012.45	70	\$24,548.92	\$331.87	\$100.01	\$231.86	\$24,317.06	113	\$8,433.31	\$580.45	\$34.36	\$546.09	\$7,887.22
29	\$31,012.45	\$218.21	\$126.34	\$91.87	\$30,920.58	71	\$24,317.06	\$331.87	\$99.07	\$232.81	\$24,084.25	114	\$7,887.22	\$580.45	\$32.13	\$548.32	\$7,338.90
30	\$30,920.58	\$218.21	\$125.97	\$92.24	\$30,828.34	72	\$24,084.25	\$331.87	\$98.12	\$233.75	\$23,850.50	115	\$7,338.90	\$580.45	\$29.90	\$550.55	\$6,788.35
31	\$30,828.34	\$218.21	\$125.59	\$92.62	\$30,735.72	73	\$23,850.50	\$381.66	\$97.17	\$284.49	\$23,566.01	116	\$6,788.35	\$580.45	\$27.66	\$552.79	\$6,235.56
32	\$30,735.72	\$218.21	\$125.22	\$93.00	\$30,642.72	74	\$23,566.01	\$381.66	\$96.01	\$285.65	\$23,280.36	117	\$6,235.56	\$580.45	\$25.40	\$555.05	\$5,680.51
33	\$30,642.72	\$218.21	\$124.84	\$93.37	\$30,549.35	75	\$23,280.36	\$381.66	\$94.84	\$286.81	\$22,993.55	118	\$5,680.51	\$580.45	\$23.14	\$557.31	\$5,123.20
34	\$30,549.35	\$218.21	\$124.46	\$93.75	\$30,455.59	76	\$22,993.55	\$381.66	\$93.68	\$287.98	\$22,705.57	119	\$5,123.20	\$580.45	\$20.87	\$559.58	\$4,563.62
35	\$30,455.59	\$218.21	\$124.08	\$94.14	\$30,361.46	77	\$22,705.57	\$381.66	\$92.50	\$289.15	\$22,416.42	120	\$4,563.62	\$580.45	\$18.59	\$561.86	\$4,001.77
36	\$30,361.46	\$218.21	\$123.69	\$94.52	\$30,266.94	78	\$22,416.42	\$381.66	\$91.32	\$290.33	\$22,126.09	121	\$4,001.77	\$667.52	\$16.30	\$651.21	\$3,350.55
37	\$30,266.94	\$250.94	\$123.31	\$127.64	\$30,139.30	79	\$22,126.09	\$381.66	\$90.14	\$291.51	\$21,834.58	122	\$3,350.55	\$667.52	\$13.65	\$653.87	\$2,696.69
38	\$30,139.30	\$250.94	\$122.79	\$128.16	\$30,011.14	80	\$21,834.58	\$381.66	\$88.95	\$292.70	\$21,541.87	123	\$2,696.69	\$667.52	\$10.99	\$656.53	\$2,040.16
39	\$30,011.14	\$250.94	\$122.27	\$128.68	\$29,882.47	81	\$21,541.87	\$381.66	\$87.76	\$293.89	\$21,247.98	124	\$2,040.16	\$667.52	\$8.31	\$659.21	\$1,380.95
40	\$29,882.47	\$250.94	\$121.74	\$129.20	\$29,753.26	82	\$21,247.98	\$381.66	\$86.56	\$295.09	\$20,952.89	125	\$1,380.95	\$667.52	\$5.63	\$661.89	\$719.06
41	\$29,753.26	\$250.94	\$121.21	\$129.73	\$29,623.53	83	\$20,952.89	\$381.66	\$85.36	\$296.29	\$20,656.60	126	\$719.06	\$667.52	\$2.93	\$664.59	\$54.47
						84	\$20,656.60	\$381.66	\$84.15	\$297.50	\$20,359.10						



Tabla 25. Amortización de inversión \$50,000 para adquirir un sistema eólico con mensualidad incrementada en 15% anual

MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO
0	\$50,000.00				\$50,000.00	44	\$46,240.58	\$357.41	\$188.38	\$169.02	\$46,071.56	88	\$32,756.54	\$625.10	\$133.45	\$491.65	\$32,264.88
1	\$50,000.00	\$235.00	\$203.70	\$31.30	\$49,968.70	45	\$46,071.56	\$357.41	\$187.70	\$169.71	\$45,901.85	89	\$32,264.88	\$625.10	\$131.45	\$493.66	\$31,771.22
2	\$49,968.70	\$235.00	\$203.57	\$31.43	\$49,937.27	46	\$45,901.85	\$357.41	\$187.00	\$170.40	\$45,731.45	90	\$31,771.22	\$625.10	\$129.44	\$495.67	\$31,275.56
3	\$49,937.27	\$235.00	\$203.44	\$31.56	\$49,905.72	47	\$45,731.45	\$357.41	\$186.31	\$171.10	\$45,560.35	91	\$31,275.56	\$625.10	\$127.42	\$497.69	\$30,777.87
4	\$49,905.72	\$235.00	\$203.32	\$31.68	\$49,874.03	48	\$45,560.35	\$357.41	\$185.61	\$171.79	\$45,388.56	92	\$30,777.87	\$625.10	\$125.39	\$499.72	\$30,278.15
5	\$49,874.03	\$235.00	\$203.19	\$31.81	\$49,842.22	49	\$45,388.56	\$411.02	\$184.91	\$226.10	\$45,162.45	93	\$30,278.15	\$625.10	\$123.35	\$501.75	\$29,776.40
6	\$49,842.22	\$235.00	\$203.06	\$31.94	\$49,810.28	50	\$45,162.45	\$411.02	\$183.99	\$227.02	\$44,935.43	94	\$29,776.40	\$625.10	\$121.31	\$503.80	\$29,272.60
7	\$49,810.28	\$235.00	\$202.93	\$32.07	\$49,778.20	51	\$44,935.43	\$411.02	\$183.07	\$227.95	\$44,707.48	95	\$29,272.60	\$625.10	\$119.26	\$505.85	\$28,766.76
8	\$49,778.20	\$235.00	\$202.80	\$32.20	\$49,746.00	52	\$44,707.48	\$411.02	\$182.14	\$228.88	\$44,478.60	96	\$28,766.76	\$625.10	\$117.20	\$507.91	\$28,258.85
9	\$49,746.00	\$235.00	\$202.67	\$32.33	\$49,713.67	53	\$44,478.60	\$411.02	\$181.21	\$229.81	\$44,248.79	97	\$28,258.85	\$718.87	\$115.13	\$603.74	\$27,655.10
10	\$49,713.67	\$235.00	\$202.53	\$32.47	\$49,681.20	54	\$44,248.79	\$411.02	\$180.27	\$230.75	\$44,018.04	98	\$27,655.10	\$718.87	\$112.67	\$606.20	\$27,048.90
11	\$49,681.20	\$235.00	\$202.40	\$32.60	\$49,648.60	55	\$44,018.04	\$411.02	\$179.33	\$231.69	\$43,786.36	99	\$27,048.90	\$718.87	\$110.20	\$608.67	\$26,440.23
12	\$49,648.60	\$235.00	\$202.27	\$32.73	\$49,615.87	56	\$43,786.36	\$411.02	\$178.39	\$232.63	\$43,553.73	100	\$26,440.23	\$718.87	\$107.72	\$611.15	\$25,829.07
13	\$49,615.87	\$270.25	\$202.14	\$68.11	\$49,547.75	57	\$43,553.73	\$411.02	\$177.44	\$233.58	\$43,320.15	101	\$25,829.07	\$718.87	\$105.23	\$613.64	\$25,215.43
14	\$49,547.75	\$270.25	\$201.86	\$68.39	\$49,479.36	58	\$43,320.15	\$411.02	\$176.49	\$234.53	\$43,085.62	102	\$25,215.43	\$718.87	\$102.73	\$616.14	\$24,599.29
15	\$49,479.36	\$270.25	\$201.58	\$68.67	\$49,410.69	59	\$43,085.62	\$411.02	\$175.53	\$235.49	\$42,850.13	103	\$24,599.29	\$718.87	\$100.22	\$618.65	\$23,980.64
16	\$49,410.69	\$270.25	\$201.30	\$68.95	\$49,341.74	60	\$42,850.13	\$411.02	\$174.57	\$236.45	\$42,613.69	104	\$23,980.64	\$718.87	\$97.70	\$621.17	\$23,359.46
17	\$49,341.74	\$270.25	\$201.02	\$69.23	\$49,272.51	61	\$42,613.69	\$472.67	\$173.61	\$299.06	\$42,314.63	105	\$23,359.46	\$718.87	\$95.17	\$623.70	\$22,735.76
18	\$49,272.51	\$270.25	\$200.74	\$69.51	\$49,202.99	62	\$42,314.63	\$472.67	\$172.39	\$300.28	\$42,014.35	106	\$22,735.76	\$718.87	\$92.63	\$626.24	\$22,109.51
19	\$49,202.99	\$270.25	\$200.45	\$69.80	\$49,133.20	63	\$42,014.35	\$472.67	\$171.17	\$301.50	\$41,712.84	107	\$22,109.51	\$718.87	\$90.07	\$628.80	\$21,480.72
20	\$49,133.20	\$270.25	\$200.17	\$70.08	\$49,063.12	64	\$41,712.84	\$472.67	\$169.94	\$302.73	\$41,410.11	108	\$21,480.72	\$718.87	\$87.51	\$631.36	\$20,849.36
21	\$49,063.12	\$270.25	\$199.88	\$70.37	\$48,992.75	65	\$41,410.11	\$472.67	\$168.70	\$303.96	\$41,106.15	109	\$20,849.36	\$826.70	\$84.94	\$741.76	\$20,107.60
22	\$48,992.75	\$270.25	\$199.60	\$70.65	\$48,922.09	66	\$41,106.15	\$472.67	\$167.47	\$305.20	\$40,800.95	110	\$20,107.60	\$826.70	\$81.92	\$744.78	\$19,362.82
23	\$48,922.09	\$270.25	\$199.31	\$70.94	\$48,851.15	67	\$40,800.95	\$472.67	\$166.22	\$306.45	\$40,494.50	111	\$19,362.82	\$826.70	\$78.88	\$747.82	\$18,615.00
24	\$48,851.15	\$270.25	\$199.02	\$71.23	\$48,779.92	68	\$40,494.50	\$472.67	\$164.97	\$307.69	\$40,186.81	112	\$18,615.00	\$826.70	\$75.84	\$750.86	\$17,864.14
25	\$48,779.92	\$310.79	\$198.73	\$112.06	\$48,667.87	69	\$40,186.81	\$472.67	\$163.72	\$308.95	\$39,877.86	113	\$17,864.14	\$826.70	\$72.78	\$753.92	\$17,110.21
26	\$48,667.87	\$310.79	\$198.27	\$112.51	\$48,555.35	70	\$39,877.86	\$472.67	\$162.46	\$310.21	\$39,567.65	114	\$17,110.21	\$826.70	\$69.71	\$756.99	\$16,353.22
27	\$48,555.35	\$310.79	\$197.81	\$112.97	\$48,442.38	71	\$39,567.65	\$472.67	\$161.20	\$311.47	\$39,256.18	115	\$16,353.22	\$826.70	\$66.62	\$760.08	\$15,593.14
28	\$48,442.38	\$310.79	\$197.35	\$113.43	\$48,328.94	72	\$39,256.18	\$472.67	\$159.93	\$312.74	\$38,943.44	116	\$15,593.14	\$826.70	\$63.53	\$763.17	\$14,829.97
29	\$48,328.94	\$310.79	\$196.89	\$113.90	\$48,215.05	73	\$38,943.44	\$543.57	\$158.66	\$384.91	\$38,558.53	117	\$14,829.97	\$826.70	\$60.42	\$766.28	\$14,063.68
30	\$48,215.05	\$310.79	\$196.43	\$114.36	\$48,100.69	74	\$38,558.53	\$543.57	\$157.09	\$386.48	\$38,172.05	118	\$14,063.68	\$826.70	\$57.30	\$769.41	\$13,294.28
31	\$48,100.69	\$310.79	\$195.96	\$114.83	\$47,985.86	75	\$38,172.05	\$543.57	\$155.51	\$388.06	\$37,783.99	119	\$13,294.28	\$826.70	\$54.16	\$772.54	\$12,521.74
32	\$47,985.86	\$310.79	\$195.49	\$115.29	\$47,870.57	76	\$37,783.99	\$543.57	\$153.93	\$389.64	\$37,394.35	120	\$12,521.74	\$826.70	\$51.01	\$775.69	\$11,746.05
33	\$47,870.57	\$310.79	\$195.02	\$115.76	\$47,754.81	77	\$37,394.35	\$543.57	\$152.34	\$391.22	\$37,003.13	121	\$11,746.05	\$950.71	\$47.85	\$902.85	\$10,843.20
34	\$47,754.81	\$310.79	\$194.55	\$116.23	\$47,638.57	78	\$37,003.13	\$543.57	\$150.75	\$392.82	\$36,610.31	122	\$10,843.20	\$950.71	\$44.18	\$906.53	\$9,936.67
35	\$47,638.57	\$310.79	\$194.08	\$116.71	\$47,521.87	79	\$36,610.31	\$543.57	\$149.15	\$394.42	\$36,215.89	123	\$9,936.67	\$950.71	\$40.48	\$910.22	\$9,026.44
36	\$47,521.87	\$310.79	\$193.60	\$117.18	\$47,404.68	80	\$36,215.89	\$543.57	\$147.54	\$396.03	\$35,819.87	124	\$9,026.44	\$950.71	\$36.77	\$913.93	\$8,112.51
37	\$47,404.68	\$357.41	\$193.13	\$164.28	\$47,240.40	81	\$35,819.87	\$543.57	\$145.93	\$397.64	\$35,422.23	125	\$8,112.51	\$950.71	\$33.05	\$917.66	\$7,194.86
38	\$47,240.40	\$357.41	\$192.46	\$164.95	\$47,075.46	82	\$35,422.23	\$543.57	\$144.31	\$399.26	\$35,022.97	126	\$7,194.86	\$950.71	\$29.31	\$921.39	\$6,273.46
39	\$47,075.46	\$357.41	\$191.79	\$165.62	\$46,909.84	83	\$35,022.97	\$543.57	\$142.68	\$400.89	\$34,622.08	127	\$6,273.46	\$950.71	\$25.56	\$925.15	\$5,348.31
40	\$46,909.84	\$357.41	\$191.11	\$166.29	\$46,743.54	84	\$34,622.08	\$543.57	\$141.05	\$402.52	\$34,219.56	128	\$5,348.31	\$950.71	\$21.79	\$928.92	\$4,419.40
41	\$46,743.54	\$357.41	\$190.43	\$166.97	\$46,576.57	85	\$34,219.56	\$625.10	\$139.41	\$485.69	\$33,733.87	129	\$4,419.40	\$950.71	\$18.00	\$932.70	\$3,486.69
42	\$46,576.57	\$357.41	\$189.75	\$167.65	\$46,408.91	86	\$33,733.87	\$625.10	\$137.43	\$487.67	\$33,246.20	130	\$3,486.69	\$950.71	\$14.20	\$936.50	\$2,550.19
43	\$46,408.91	\$357.41	\$189.07	\$168.34	\$46,240.58	87	\$33,246.20	\$625.10	\$135.45	\$489.66	\$32,756.54	131	\$2,550.19	\$950.71	\$10.39	\$940.32	\$1,609.88
												132	\$1,609.88	\$950.71	\$6.56	\$944.15	\$665.73



De acuerdo con lo anterior se puede determinar que con las tarifas existentes y las proyectadas no es viable financieramente este tipo de proyectos de manera individual para casa habitación debido a que el periodo de recuperación es muy largo y es prácticamente igual o mayor al periodo de vida útil de los aparatos que componen el sistema, el cual es de aproximadamente 20 años. Cabe señalar que en el caso en el que las tarifas se incrementen en más de un 5% anual y que los sistemas FV se adquieran a un precio muy por debajo del señalado en el ejemplo podría haber viabilidad económica del proyecto, adicionalmente se tendría que observar las posibilidades de venta de excedentes de energía autorizado por la Secretaría de Energía y otro tipo de estímulos financieros existentes para este tipo de proyectos.

Además se podría entrar a mayor detalle y verificar que las temperaturas medias de la zona en verano para las que se aplican los subsidios de verano, ya que en zonas como Sinaloa y Baja California Sur, las temperaturas son tan elevadas que sus respectivos gobiernos ya están buscando la manera para cambiar de la tarifa 1D a la 1E y así lograr que sus habitantes paguen menos por sus consumos eléctricos, lo cual es una solución rápida pero no eficaz porque el problema no radica en las tarifas sino en el incremento de la temperatura de la tierra y por ende en el consumo energético para sistemas de aire acondicionado o de calefacción en el caso de los fuertes inviernos que se generarían para compensar el sobrecalentamiento.

6.1.3 Análisis Económico Para Calentador Solar

Vale la pena revisar el factor financiero de la inversión de este tipo de calentadores y determinar el período redituable de la inversión, para lo cual tomaremos como base los datos del Infonavit sobre consumo para 4.7 personas por vivienda, el ahorro como se mencionó anteriormente es de 30 lt de gas lp, que equivalen a aproximadamente \$160.00 al mes de ahorro que pueden destinarse al pago de la cuota de un préstamo para adquirir dicho calentador. La tasa anual de dicho préstamo a asumir es del 5%, ya que la tasa de interés que ofrece el Infonavit puede ser del 4% al 9% anual. Teniendo en cuenta que $(1+i\text{mensual})^{12} = 5\%$ anual, la tasa mensual de interés es de 0.4074%. En cuanto al incremento anual del precio por litro a considerar, en la página web de la SENER se encontraron listas de precios desde el 2002 para cada una de las 145 regiones en las que se divide el país, tanto en kg como en litros y un factor de conversión de kg a lt de 0.54. Para obtener un valor promedio del incremento anual a utilizar se realizó el



cálculo de la tabla 26 y no se tuvieron en cuenta los valores extremos, es decir, ni el incremento del 2002 al 2003, ni el del 2007 al 2008, obteniendo de esta manera un incremento promedio de 9.15% anual a considerar.

Tabla 26. Cálculo de incremento anual del litro de gas LP promedio

MES/AÑO	COSTO (\$/lt)	INCREMENTO CON RESPECTO AL AÑO ANTERIOR
ene-02	2.57	
ene-03	3.68	43.19%
ene-04	3.78	2.72%
ene-05	4.43	17.20%
ene-06	5.08	14.67%
ene-07	5.25	3.35%
ene-08	5.36	2.10%
ene-09	5.78	7.84%
PROMEDIO SIN VALORES EXTREMOS		9.15%

Nota: Datos obtenidos de www.sener.gob.mx agosto de 2010

De acuerdo con la información suministradas por diferentes proveedores, el calentador requerido para este tipo de demanda corresponde a uno cuya capacidad es de 155 lt y su precio es de \$8,200.00 según lista de precios de 2010.

En la tabla 27 se observa como al final del ejercicio la inversión para el calentador es amortizada en su totalidad en la mensualidad 50, es decir a los 4.17 años. Si se tiene en cuenta que la vida útil de este tipo de calentadores es de 25 años, los restantes 20.83 años se estaría generando un ahorro significativo, que permitiría a los compradores de este tipo de viviendas aumentar su capacidad de pago para una hipoteca. Si después de finalizar el pago del préstamo para la inversión se le aplicara al ahorro una tasa de interés de 5% anual, al cabo de los 20.83 años se tendría un ahorro de aproximadamente \$234,000.00, lo cual nos indica que es rentable este tipo de inversión. Adicionalmente se obtendrá un ahorro de 12 ton de CO₂ en los 20 años aproximadamente, teniendo en cuenta lo mencionado en la tabla 10.



Tabla 27. Cálculo de retorno de inversión para un calentador solar de \$8,200

MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO	MES	DEUDA	PAGO MENSUAL	INTERES	DEVOL PRAL	SALDO INSOLUTO
0	\$8,200.00				\$8,200.00	25	\$4,835.40	\$190.62	\$19.70	\$170.92	\$4,664.48
1	\$8,200.00	\$160.00	\$33.41	\$126.59	\$8,073.41	26	\$4,664.48	\$190.62	\$19.00	\$171.62	\$4,492.87
2	\$8,073.41	\$160.00	\$32.89	\$127.11	\$7,946.30	27	\$4,492.87	\$190.62	\$18.30	\$172.32	\$4,320.55
3	\$7,946.30	\$160.00	\$32.37	\$127.63	\$7,818.67	28	\$4,320.55	\$190.62	\$17.60	\$173.02	\$4,147.53
4	\$7,818.67	\$160.00	\$31.85	\$128.15	\$7,690.52	29	\$4,147.53	\$190.62	\$16.90	\$173.72	\$3,973.81
5	\$7,690.52	\$160.00	\$31.33	\$128.67	\$7,561.86	30	\$3,973.81	\$190.62	\$16.19	\$174.43	\$3,799.38
6	\$7,561.86	\$160.00	\$30.81	\$129.19	\$7,432.66	31	\$3,799.38	\$190.62	\$15.48	\$175.14	\$3,624.24
7	\$7,432.66	\$160.00	\$30.28	\$129.72	\$7,302.94	32	\$3,624.24	\$190.62	\$14.77	\$175.85	\$3,448.39
8	\$7,302.94	\$160.00	\$29.75	\$130.25	\$7,172.70	33	\$3,448.39	\$190.62	\$14.05	\$176.57	\$3,271.81
9	\$7,172.70	\$160.00	\$29.22	\$130.78	\$7,041.92	34	\$3,271.81	\$190.62	\$13.33	\$177.29	\$3,094.52
10	\$7,041.92	\$160.00	\$28.69	\$131.31	\$6,910.61	35	\$3,094.52	\$190.62	\$12.61	\$178.01	\$2,916.51
11	\$6,910.61	\$160.00	\$28.15	\$131.85	\$6,778.76	36	\$2,916.51	\$190.62	\$11.88	\$178.74	\$2,737.77
12	\$6,778.76	\$160.00	\$27.62	\$132.38	\$6,646.38	37	\$2,737.77	\$208.06	\$11.15	\$196.91	\$2,540.87
13	\$6,646.38	\$174.64	\$27.08	\$147.56	\$6,498.81	38	\$2,540.87	\$208.06	\$10.35	\$197.71	\$2,343.16
14	\$6,498.81	\$174.64	\$26.48	\$148.16	\$6,350.65	39	\$2,343.16	\$208.06	\$9.55	\$198.52	\$2,144.64
15	\$6,350.65	\$174.64	\$25.87	\$148.77	\$6,201.88	40	\$2,144.64	\$208.06	\$8.74	\$199.32	\$1,945.32
16	\$6,201.88	\$174.64	\$25.27	\$149.37	\$6,052.51	41	\$1,945.32	\$208.06	\$7.93	\$200.14	\$1,745.18
17	\$6,052.51	\$174.64	\$24.66	\$149.98	\$5,902.53	42	\$1,745.18	\$208.06	\$7.11	\$200.95	\$1,544.23
18	\$5,902.53	\$174.64	\$24.05	\$150.59	\$5,751.93	43	\$1,544.23	\$208.06	\$6.29	\$201.77	\$1,342.46
19	\$5,751.93	\$174.64	\$23.43	\$151.21	\$5,600.73	44	\$1,342.46	\$208.06	\$5.47	\$202.59	\$1,139.87
20	\$5,600.73	\$174.64	\$22.82	\$151.82	\$5,448.90	45	\$1,139.87	\$208.06	\$4.64	\$203.42	\$936.45
21	\$5,448.90	\$174.64	\$22.20	\$152.44	\$5,296.46	46	\$936.45	\$208.06	\$3.82	\$204.25	\$732.20
22	\$5,296.46	\$174.64	\$21.58	\$153.06	\$5,143.40	47	\$732.20	\$208.06	\$2.98	\$205.08	\$527.13
23	\$5,143.40	\$174.64	\$20.95	\$153.69	\$4,989.72	48	\$527.13	\$208.06	\$2.15	\$205.91	\$321.21
24	\$4,989.72	\$174.64	\$20.33	\$154.31	\$4,835.40	49	\$321.21	\$227.10	\$1.31	\$225.79	\$95.42
						50	\$95.42	\$227.10	\$0.39	\$226.71	-\$131.29

6.1.4 Análisis Económico Para Envoltentes Térmicas

En materia de aislamiento térmico existe una gran variedad de combinaciones a aplicar en cuanto a tipo de materiales, espesor de los mismos, zonas a aplicar y tipo de requerimiento que se quiera obtener en cuanto a grado de habitabilidad, por lo que resulta muy amplio el horizonte en el que se puede buscar realizar una simulación o ejemplo para analizar la conveniencia de este tipo de estrategias en la construcción de vivienda.

Dentro de la mayoría de las bibliografías mexicanas consultadas para el desarrollo de este tema, estiman que el tiempo de amortización de la inversión va de los 2 a los 3 años, mientras que en la bibliografía de España, estiman que ese tiempo de recuperación puede ser de 5 a 7



años. En la guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios de España, manejan un caso práctico sobre aislamiento térmico orientado a disminuir los costos de calefacción y la amortización de la inversión requerida para un edificio de departamentos se da a los 5 años.

En general se comenta que siempre se da la amortización del aislamiento térmico, lo cual es una buena noticia tanto para constructores y compradores, sin embargo, no hay que olvidar la variable vida útil de este tipo de materiales. En este aspecto el concreto celular es uno de los que ofrece mayor durabilidad si se realizan los procedimientos adecuados en la fabricación e instalación. Vale la pena entonces evaluar los costos del concreto celular con respecto a los convencionales y los costos de bloques de concreto celular con respecto a los bloques convencionales.

Para la fabricación de un metro cúbico de concreto celular con espuma preformada que tenga la menor densidad posible y cuya resistencia mínima es de 150 kg/cm^2 , se requieren las cantidades de materiales reflejadas en la tabla 28, en las que se contempla la fabricación con y sin desperdicio.

Tabla 28. Comparación de cantidades de materiales para la producción de 1 m^3 de concreto celular con espuma preformada y 1 m^3 de concreto tradicional

CONCEPTO	UNIDAD	CONCRETO CELULAR CON ESPUMA PREFORMADA		CONCRETO NORMAL $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$	
		CANTIDAD	CANTIDAD CON DESPERDICIOS	CANTIDAD	CANTIDAD CON DESPERDICIOS
Cemento gris + 3% de desperdicio	Bulto 50 kg	7.48	7.7044	8.84	9.1052
Arena + 8% de desperdicio	m^3	0.75	0.8	0.4681	0.5056
Grava + 8% de desperdicio	m^3			0.5156	0.5569
Agua potable + 30% de desperdicio	m^3	0.145	0.1885	0.205	0.2665
Aditivo Mearlcrete	kg	0.331	0.331	--	--

Datos tomados de: Elizondo Fócil, Adolfo. Tesis: Caracterización del concreto celular elaborado con espuma Preformada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Febrero de 2006

Como se observa en la tabla, las cantidades de cemento, arena, grava y agua para fabricar un metro cúbico de concreto normal con resistencia de 150 kg/cm^2 son mayores que las que se requieren para elaborar un metro cúbico de concreto celular con espuma preformada. Sin embargo este ahorro en materiales vale la pena evaluar si se compensa con el costo del aditivo y del equipo requerido para la elaboración de la espuma. A continuación podemos observar los



precios unitarios de concreto convencional en la tabla 29, el análisis del costo horario de la bomba generadora de espuma de la compañía Cellular Concrete en la tabla 30 y el precio unitario de concreto celular en la tabla 31, a precios del año 2005.

Tabla 29. Costo a precio unitario de 1 m³ de concreto convencional (año 2005)

CONCEPTO: Elaboración de un metro cúbico de concreto con agregado máximo de 3/4" y una resistencia de 150 kg/cm ² .				U = m ³
MATERIALES				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [PESOS]	COSTO TOTAL [PESOS]
Cemento gris + 3% de desperdicio	9.1052	Saco (50 kg)	\$ 88.00	\$ 801.26
Arena + 8% de desperdicio	0.505575	m ³	\$ 190.00	\$ 96.06
Grava + 8% de desperdicio	0.556875	m ³	\$ 190.00	\$ 105.81
Agua potable + 30% de desperdicio	0.2665	m ³	\$ 10.00	\$ 2.67
			IMPORTE DE MATERIALES [PESOS]	\$ 1,005.79
MANO DE OBRA				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [PESOS]	COSTO TOTAL [PESOS]
Cuadrilla de 1 oficial albañil y 2 ayudantes.	0.125	jor	\$ 850.71	\$ 106.34
			IMPORTE DE MANO DE OBRA [PESOS]	\$ 106.34
EQUIPO Y HERRAMIENTA				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [PESOS]	COSTO TOTAL [PESOS]
Revolvedora de 2 sacos	0.8889	hr	\$ 29.98	\$ 26.65
			IMPORTE DE EQUIPO [PESOS]	\$ 26.65
IMPORTE DE COSTOS DIRECTOS :				\$ 1,138.78
INDIRECTOS DE OPERACIÓN			8.84%	\$ 100.67
INDIRECTOS DE CAMPO			7.98%	\$ 90.87
FINANCIAMIENTO			0.74%	\$ 8.43
UTILIDAD			7.57%	\$ 86.21
PRECIO UNITARIO :				1,424.95

Fuente: Elizondo Fócil, Adolfo. Tesis: Caracterización del concreto celular elaborado con espuma Preformada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Febrero de 2006



Tabla 30. Análisis de costo horario de la bomba generadora de espuma de marca Cellular Concrete modelo CTE30-5 (año 2005)

Datos Generales			
Vm = Valor de mercado (con llantas)	\$	34,560.00	
Vn = Valor de llantas	\$	-	Tipo de combustible
Va = Valor de adquisición (sin llantas)	\$	34,560.00	Pc = Precio de combustible
Vr = Valor de rescate	\$	7,000.00	c = Consumo de combustible
i = Tasa de interés		14.02% /año	Pl = Precio de aceite
s = Prima de seguros		1.00% /año	l = Consumo de lubricante
Q = Factor de mantenimiento		0.5000	Hv = Vida económica de llantas
Ve = Vida económica		6300 hrs.	F = Factor de eficiencia del operador
Ha = Horas promedio de trabajo por año		620 hrs.	H = Horas de trabajo efectivas del operador
			Luz eléctrica
			\$ - /lt
			0 lts/hr.
			\$ 33.22 /lt
			0.015 lts/hr.
			2700 hrs.
			0.7000
			4.8 hrs/jor

Costos fijos				
		Operación	En espera	En reserva
Depreciación	$D = (Va - Vr) / Ve$	4.3746	3.4997	3.4997
Inversión	$I = ((Va + Vr) / 2Ha) i$	4.6990	4.6990	4.6990
Seguro	$S = ((Va + Vr) / 2Ha) s$	0.3352	0.3352	0.3352
Mantenimiento	$M = Q \times D$	2.1873	2.1873	1.7498
Subtotal		11.5960	10.7211	10.2836

Costos por consumos				
Combustibles	$Co = c \times Pc$	0.0000	0.0000	0.0000
Lubricantes	$Lb = l \times Pl$	0.4984	0.1495	0.0000
Llantas	$N = Vn / Hv$	0.0000	0.0000	0.0000
Subtotal		0.4984	0.1495	0.0000

Costos por salarios de operación				
Operador	\$ - /jor			
Suma de So	\$ - /jor			
Operación =	$Co = So / H$	0.0000	0.0000	0.0000
Subtotal		0.0000	0.0000	0.0000

	OPERACION	EN ESPERA	EN RESERVA
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$12.09	\$10.87	\$10.28

Fuente: Elizondo Fócil, Adolfo. Tesis: Caracterización del concreto celular elaborado con espuma Preformada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Febrero de 2006

El costo directo de hora máquina obtenido para el 2005, se ve bastante afectado al 2010 debido al tipo de cambio del dólar ya que en el 2005 el tipo de cambio estaba en \$10.80 y hoy se encuentra cercano a los \$12.70. Otro aspecto que se debe considerar es el precio de los combustibles, en el análisis el tipo de combustible que se indica es energía eléctrica, pero en caso de que su motor funcionará a base de gasolina o diesel, el costo horario en operación se incrementaría considerablemente. Sin embargo si se hace una comparación entre los precios unitarios obtenidos para el concreto tradicional y el concreto celular con espuma preformada y aditivo, se concluye que el precio de éste último es menor al año 2005.



Tabla 31. Precio unitario m³ de concreto celular espuma preformada y aditivo (año 2005)

CONCEPTO: Elaboración de un metro cúbico de concreto celular elaborado con espuma preformada y uso de aditivo reductor de agua de f'c de 150 kg/cm ²				U = m ³
MATERIALES				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [PESOS]	COSTO TOTAL [PESOS]
Arena No 4 + 8% de desperdicio	0.77	m ³	\$ 190.00	\$ 146.30
Cemento gris + 3% de desperdicio	7.313	Saco (50 kg)	\$ 88.00	\$ 643.54
Agua potable + 30% de desperdicio	0.2145	m ³	\$ 10.00	\$ 2.15
Aditivo Festerlith 1610 en bote de 200 Lt	6.22	Lt	\$ 25.00	\$ 155.50
Aditivo (Mearlcrete)	0.373	Kg	\$ 69.83	\$ 26.05
			IMPORTE DE MATERIALES [PESOS]	\$ 973.53
MANO DE OBRA				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [PESOS]	COSTO TOTAL [PESOS]
Cuadrilla de 1 oficial albañil y 2 ayudantes.	0.125	jor	\$ 850.71	\$ 106.34
			IMPORTE DE MANO DE OBRA [PESOS]	\$ 106.34
EQUIPO Y HERRAMIENTA				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [PESOS]	COSTO TOTAL [PESOS]
Revolvedora de 2 sacos	0.8889	hr	\$ 29.98	\$ 26.65
Bomba productora de espuma Modelo CTE30-5	0.166	hr	\$ 12.09	\$ 2.01
			IMPORTE DE EQUIPO [PESOS]	\$ 28.66
IMPORTE DE COSTOS DIRECTOS :				\$ 1,108.53
INDIRECTOS DE OPERACIÓN			8.84%	\$ 97.99
INDIRECTOS DE CAMPO			7.98%	\$ 88.46
FINANCIAMIENTO			0.74%	\$ 8.20
UTILIDAD			7.57%	\$ 83.92
PRECIO UNITARIO :				1,387.10

Fuente: Elizondo Fócil, Adolfo. Tesis: Caracterización del concreto celular elaborado con espuma Preformada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Febrero de 2006

La diferencia entre precios para el 2005 es de aproximadamente \$38, lo cual no es muy significativo. Sin embargo, el incremento del precio del concreto celular a 2010 por metro cúbico de concreto celular con espuma preformada y aditivo se verá compensado en los ahorros



energéticos que este tipo de material ofrece a la vivienda, adicionalmente el período de vida útil es mayor a otro tipo de materiales para aislamiento térmico.

En el tema de aislamiento mediante el uso de muros con hoja doble ladrillo perforado y lámina de poliestireno interno, resulta más costoso con respecto a una vivienda en la que solo se utilice un muro sencillo debido a que el costo de construcción de doble muro aumenta y adicionalmente el área que se requerirá por vivienda será mayor, lo que lo hace un poco difícil de ejecutar en el aspecto arquitectónico y económico para los desarrolladores, quienes buscan densificar de la manera más aprovechable un terreno.

Se podría entonces concluir que existe una gran gama de variables a combinar para encontrar la envolvente térmica adecuada, desde aumentar el espesor de los materiales tradicionales para la construcción, hasta la inclusión de materiales con alta conductividad térmica de diseño, siempre verificando la disponibilidad de materiales en la zona, las adecuaciones arquitectónicas necesarias, el costo adicional para la adquisición de materiales y la disminución de áreas del proyecto.

6.2 VENTAJAS FINANCIERAS PARA LOS DESARROLLOS DE VIVIENDA ECOLÓGICA EN MÉXICO

El Gobierno Federal mediante la implementación del plan nacional de vivienda 2007-2012 hacia una vivienda sustentable, ha creado y modificado diferentes esquemas de financiamiento y apoyo para lograr que las viviendas en México sean cada vez más sustentable. Entre ellas se encuentran el Subsidio de Vivienda de la CONAVI, la hipoteca verde del Infonavit, contratos de Interconexión para fuentes renovables de energía por parte de la CFE y entre otros mencionados anteriormente. El desarrollo y aplicación de estas políticas ha sido un largo y continuo proceso en pro del desarrollo sustentable, el cual ha tenido que vencer barreras burocráticas y sistemáticas para lograr coordinar esfuerzos entre las diferentes entidades del gobierno. A continuación veremos los principales esquemas gubernamentales en materia de incentivos para el desarrollo de viviendas ecológicas.



6.2.1 Subsidios Federales E Hipoteca Verde

Como primera medida, se tiene la definición de subsidio dada por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI).

“Un subsidio es una cantidad de dinero entregada en este caso por el Gobierno Federal, en beneficio de las personas de escasos recursos con el fin de cubrir parcialmente los montos para el acceso a una de las soluciones habitacionales contempladas en el Programa “Ésta es tu Casa”, sin que genere intereses ni requiera devolución”²¹.

Los requisitos para poder aplicar a este programa son:

- Ser trabajador que no hayan sido beneficiario de un Subsidio Federal para vivienda ni en lo individual ni en lo familiar.
- Ingreso individual, de hasta 2.6 VSMMDF.
- Para créditos conyugales, de hasta 4 VSMMDF y ningún ingreso de cualquiera de los cónyuges, podrá ser mayor a 2.6 VSMMDF.
- Para adultos en madurez con más de 60 años de edad su ingreso individual será de hasta de 4 VSMMDF (SMGV).

El monto del subsidio para vivienda puede variar dependiendo de las características de la misma. En la tabla 32 se observa como el valor del subsidio para el 2010 puede ser de \$29,695.33 a \$57,643.76.

Tabla 32. Montos para subsidio federal

Valor de la operación (el menor entre el valor comercial según avalúo y precio de venta)		Monto máximo de subsidio	
SMGV	Monetario	SMGV	Monetario
Hasta 128	\$223,588.35	33	\$57,643.87
Mayor a 128 y hasta 158	\$275,291.87	17	\$29,695.33

Fuente: Manual explicativo de Vivienda Ecológica, Infonavit 2010

En años anteriores la CONAVI, simplemente aumentaba un porcentaje para la adquisición de vivienda ecológica con respecto a una convencional, sin embargo en los últimos años sus

²¹ Fuente: Comisión Nacional de Vivienda Mayo 2010.



políticas han hecho que el subsidio para vivienda nueva tienda a ser exclusivamente para adquisición de vivienda sustentable.

En cuanto a la hipoteca verde que ofrece el Infonavit, es un crédito que se otorga para la adquisición de una vivienda que cuenta con ecotecnologías. Se proporciona un monto adicional en el que el acreditado podrá pagar con los ahorros generados en el consumo de agua, energía y gas, derivado de la utilización de tecnologías ecológicas eficientes

Los requisitos para que un comprador pueda obtener este tipo de financiamiento son:

- Ser derechohabiente del Infonavit con relación laboral vigente.
- Cumplir con la puntuación mínima requerida de 116 puntos.
- No haber tenido un crédito del Infonavit.
- El valor de la vivienda no debe rebasar 350 VSM, es decir \$611,374.38 aproximadamente, en cualquier parte de la República Mexicana.
- Este crédito sólo aplica para viviendas nuevas registradas en el Infonavit, con ecotecnologías.

Dentro de los beneficios que otorga al comprador se encuentran:

- Mayor monto de crédito para adquirir la vivienda.
- Ahorro en el consumo de agua, energía eléctrica y gas.
- Los ahorros mensuales son suficientes para cubrir el pago mensual del crédito, sin afectar la economía familiar.
- Incrementa su valor patrimonial, al contar con valores agregados.
- Contribuye a mejorar el medio ambiente.
- Se obtienen ahorros mínimos de \$215.00 mensuales.

Anteriormente los programas funcionaban independientes el uno del otro, pero hoy día ya existe una mayor correlación en ecotecnologías a instalar en la vivienda para que tanto la CONAVI como el Infonavit la consideren una vivienda ecológica, adicionalmente a través del esfuerzo de estas y otras instituciones, ha arrojado como resultado el Manual Explicativo de Vivienda Ecológica 2010, en el que se pueden encontrar las tablas explicativas de los prerrequisitos con que deben contar las viviendas para que puedan aplicar a estos programas. Los prerrequisitos



están desglosados tanto para vivienda unifamiliar como para desarrollos habitacionales y sus líneas de acción se muestran en la tabla 33.

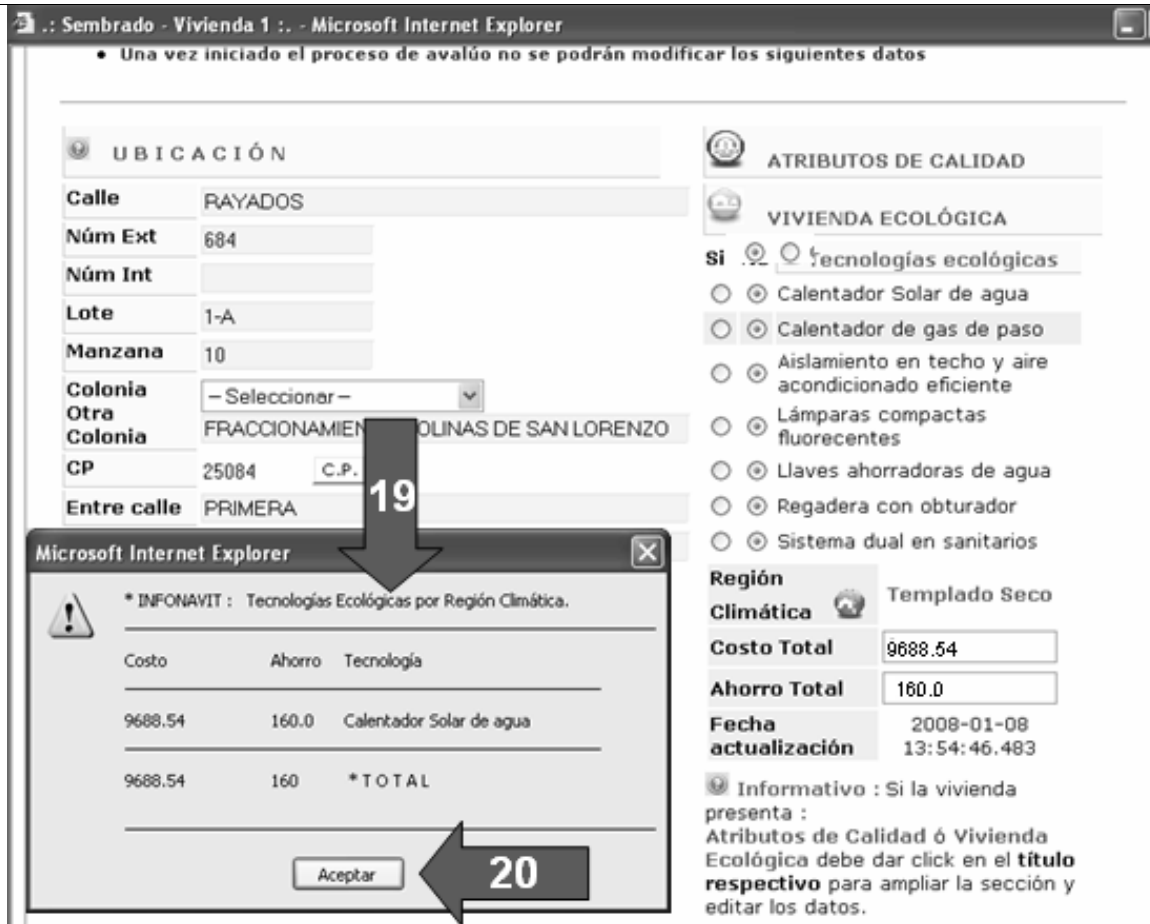
Tabla 33. Tablas explicativas con prerrequisitos subsidio de vivienda e hipoteca verde para paquete básico Unifamiliar y paquete básico para desarrollo habitacional vivienda vertical no unifamiliar

PAQUETE UNIFAMILIAR	DESARROLLO HABITACIONAL
Análisis del Sitio	Aspectos Urbanos
<ul style="list-style-type: none"> • Condición del sitio • Infraestructura (factibilidad de servicios y vías de comunicación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación • Número de Niveles
Uso Eficiente de la Energía	
<ul style="list-style-type: none"> • Lámparas de uso residencial bajo consumo • Calentador Solar o de paso • Envoltente Térmica 	
Uso del Agua	
<ul style="list-style-type: none"> • Inodoros de bajo consumo • Regaderas compensadoras de flujo o de grado ecológico • Válvulas de seccionamiento • Prueba hidrostática • Medidor de flujo • Toma domiciliaria 	
Manejo Adecuado de Residuos Sólidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Mobiliario en la vivienda para separación de residuos orgánicos e inorgánicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos en los procesos de construcción • Mobiliario en el conjunto para separación de residuos • Mobiliario en la vivienda para separación de residuos orgánicos e inorgánicos
Mantenimiento	Aspectos Sociales
<ul style="list-style-type: none"> • Manual de Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de condóminos. • Manual de Mantenimiento.

Datos Tomados del Manual Explicativo de Vivienda Ecológica 2010

Teniendo en cuenta estos prerrequisitos, los cuales están más detallados dentro del manual, el desarrollador de vivienda debe adoptar las ecotecnologías y demás medidas necesarias para su proyecto y en el momento en el que desee realizar su Registro Único de Vivienda (RUV) ante el Infonavit en su página web, deberá indicarla como se muestra en la figura 43.

Figura 43. Ejemplo sobre realización del RUV ante el Infonavit



Fuente: INFONAVIT 2008

El sistema del Infonavit, teniendo en cuenta los datos obtenidos en su proyecto piloto y los precios de los servicios en la zona, hace un estimado del ahorro que puede generar la ecotecnología instalada.

Cabe mencionar que dentro de los prerequisites estipulados en el manual, aunque son paralelos para el programa de subsidios y el de hipoteca verde, se debe revisar cuidadosamente si el prerequisite aplica para ambos programas, además también debe tenerse en cuenta las normas estipuladas para que se pueda avalar la ecotecnología instalada, ya que posteriormente las entidades harán una visita y verificarán en obra la aplicación de cada una de ellas.

Como se observa en la figura 44, la tabla de prerequisites en materia de uso eficiente de la energía, con respecto al gas, exige tanto para la hipoteca verde como para el subsidio de



vivienda que el calentador de gas sea al menos de paso cumpla con la NOM-003-ENER-2000. Adicionalmente este calentador debe contar con certificado de cumplimiento y evidencia en dictamen y deberá ser verificada por el Infonavit. En este caso el prerrequisito es compatible para ambos programas, pero no en todos los casos las ecotecnologías son requeridas para poder a ambos programas.

Figura 44. Prerrequisito para Paquete Básico en Desarrollos habitacionales para Uso eficiente de la energía eléctrica en Gas.

REQUISITO		VIVIENDAS SUBSIDIO	HIPOTECA VERDE	RECONVERSION	EVIDENCIA DESARROLLADOR	EVIDENCIA VERIFICADOR
II. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA						
Características paquete básico Desarrollos Habitacionales Vivienda Vertical No Unifamiliar para programa de Subsidios 2010						
II.1 Energía Eléctrica						
II.2	<p>Gas El tipo de calentador debe ser al menos de paso (de rápida recuperación o instantáneo) que cumpla con la NOM-003-ENER-2000, "Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial".</p>	Aplica a partir de enero de 2010	Aplica a partir de enero de 2010	Aplica a partir de enero de 2010	Certificado de cumplimiento y evidencia en Dictamen	Constata evidencia presentada por el desarrollador. Este elemento se revisará en bodega con Carta responsiva de colocación firmada por el desarrollador.

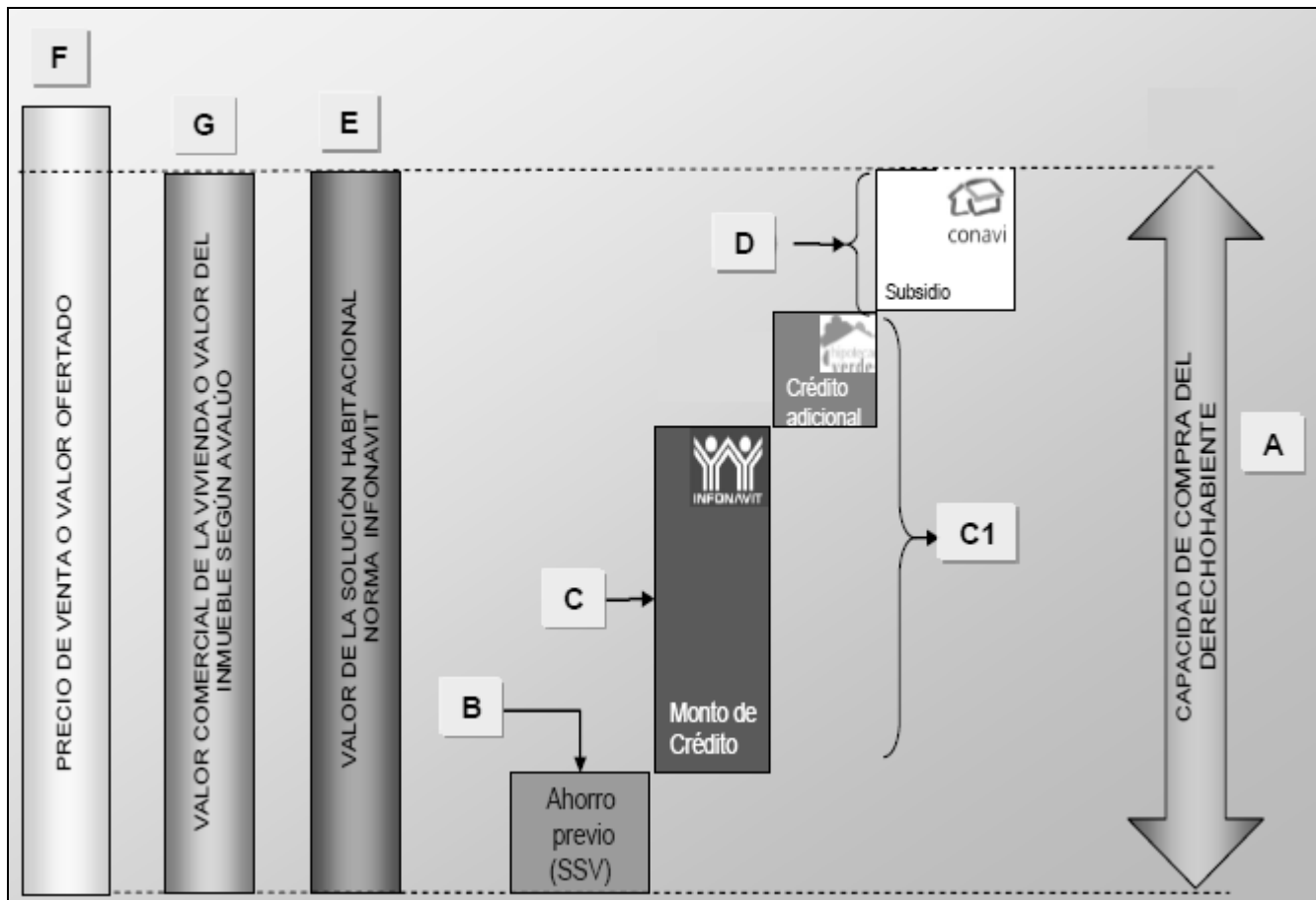
Fuente: Manual Explicativo de Vivienda Ecológica 2010

En cuanto a la integración del monto para cubrir la solución habitacional, dentro del manual se encuentra un esquema en el que se explica a detalle cómo funcionan en conjunto los 2 programas. La figura 45, muestra el esquema de explicativo del mecanismo de integración del apoyo gubernamental.

En dicho esquema la capacidad de compra del trabajador requerida para cubrir el valor de la solución habitacional se denomina (A), y se integra con los siguientes conceptos:

- Ahorro previo (B): El derechohabiente contará con el ahorro previo de 5 VSMMDF. Este monto considerará el saldo de la subcuenta y en caso de ser insuficiente, el derechohabiente aportará la diferencia para alcanzar el monto requerido por este concepto.

Figura 45. Esquema explicativo de integración del monto para cubrir la solución habitacional



Fuente: Manual Explicativo de Vivienda Ecológica 2010

- **Monto de Crédito:** El monto de crédito al que tiene derecho el trabajador, se determina conforme a las tablas de montos máximos de crédito que otorga a sus derechohabientes el Infonavit (C). Para el caso, aplican las determinadas para créditos destinados a la adquisición de viviendas con tecnologías de ahorro de energía que considera un monto adicional de crédito por Hipoteca Verde derivadas de los ahorros que al trabajador le genera su instalación (C1).
- **Monto del subsidio (D):** La cantidad que recibe el trabajador como Subsidio Federal, corresponde a la diferencia necesaria para completar el valor de la solución habitacional, sin que rebase los montos establecidos.
- **El valor de la solución habitacional para la operación crediticia (E),** es el menor que resulta entre el precio de venta ofertado por el desarrollador (F) y el valor comercial del inmueble según avalúo (G).



Este mecanismo de financiación que ofrece el Gobierno a los compradores es de gran ayuda no solo para ellos, sino también para los constructores ya que al poder ofrecer este tipo de programas en sus esquemas de venta, contribuyen sustancialmente en la velocidad de ventas de los proyectos.

Resulta también de gran ayuda a los usuarios el prerrequisito que exigen las entidades a los constructores en materia de mantenimiento, ya que les exige que entreguen un manual de mantenimiento con instrucciones precisas para la operación y mantenimiento de los equipos e instalaciones y un reglamento de condóminos que debe contener las bases de operación de las juntas vecinales, la coordinación con las autoridades municipales (locales), programas de vigilancia, mantenimiento y convivencia vecinal. Estos elementos, si bien no garantizan al 100% la aplicación de las medidas necesarias para un correcto funcionamiento de los desarrollos urbanísticos ecológicos, representan grandes pasos en pro de ello.

6.2.2 Financiamiento Por Parte Del FIDE (Fideicomiso Para El Ahorro De Energía Eléctrica)

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), fue creado por la CFE para propiciar el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica para contribuir al desarrollo económico y social, así como la preservación del medio ambiente en México. Para ello se vale de distintas herramientas y estrategias que al aplicarse a pequeña, mediana y gran escala le permiten generar ahorros de energía eléctrica en diferentes sectores. Así mismo contribuye a reducir el costo de los subsidios aplicados en las tarifas, al desarrollo sustentable y a disminuir el consumo de combustibles y emisión de GEI.

Un ejemplo de las estrategias aplicadas a gran escala por el FIDE es la implementación del horario de verano, el cual ha demostrado eficiencia prácticamente en todos los países desarrollados del mundo y que en México se viene aplicando desde 1996. Las acciones que el FIDE ha instaurado a lo largo de su trayectoria han permitido obtener un ahorro acumulado desde 1990 a agosto de 2010 de 17,704.1 GW en consumo, sin incluir el horario de verano, en esta medida reporta que durante el año 2009, se tuvieron ahorros por 1,311 GW y 922 MW, en consumo y demanda respectivamente. Estos ahorros son superiores a los registrados en años



anteriores, en el 2008 por ejemplo los ahorros fueron de 1,100 GW y 850 MW, en consumo y demanda respectivamente.

A lo largo de este año las acciones de ahorro y uso eficiente de energía, financiadas por FIDE de enero a agosto de 2010, permitieron obtener ahorros por 435.69 gwh, en consumo. Esto permitió evitar el consumo de 777,872.21 barriles de petróleo equivalente y la emisión de 290,783.86 toneladas de bióxido de carbono, cuya reducción apoya a eliminar el efecto de calentamiento gradual del planeta.

En relación al programa “Hipotecas Verdes” que se lleva a cabo con el Infonavit, el FIDE efectuó estudios para realizar la verificación de 793 viviendas entregadas en el programa, así como la evaluación y cuantificación de los ahorros generados. El 30 de junio de 2008 se firmó un Convenio con la CONAVI para desarrollar el “Programa Transversal de Vivienda Sustentable” el cual tiene el objetivo de desarrollar de manera conjunta, acciones que permitan promover la construcción de viviendas eficientes y sustentables, especialmente en el tema de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

El FIDE es un organismo privado no lucrativo que otorga financiamientos con el propósito de ahorrar de energía eléctrica. Este tipo de financiamientos se ofrecen básicamente para el comprador de la vivienda, siendo el constructor un intermediario. Uno de los programas de financiamiento tiene que ver con el reemplazo de los refrigeradores viejos por nuevos, esto es de gran impacto ya que como se vio en el análisis económico para la generación de energía eléctrica, el refrigerador es uno de los electrodomésticos que mayor consumo de energía eléctrica requiere. En climas extremos, también se encuentra un programa en el que se hace el reemplazo de equipos de aire acondicionado viejos por nuevos. La adquisición de estos equipos es financiada por el FIDE y deben contar con el sello de garantía de ahorro de energía eléctrica que expide el FIDE, dicho sello solo se otorga a equipos que comprueban un uso eficiente de la energía con respecto a tecnologías convencionales, según una entrevista realizada al Ing. Eduardo Ávila García, quien es evaluador de proyectos del FIDE, el reemplazo del refrigerador en una vivienda puede permitir ahorros cercanos al 50% de energía eléctrica.

Así mismo, el FIDE también ofrece financiamiento a proyectos para la instalación equipos y sistemas de cogeneración hasta de 500 KW, con energías alternas como hidrógeno, gas natural



comprimido, gas LP, biogás, solar, eólica, e hidráulica, entre otras, siempre y cuando sean aplicables a industrias, comercios, servicios, y municipios.

En materia de construcción, el FIDE ofrece financiamiento para que el constructor instale tecnologías en la vivienda que permitan el ahorro de energía eléctrica, tales como envolventes térmicas, focos ahorradores, revisión de pérdidas de tensión en la red, entre otras. Como se observa en la tabla 34, el reemplazo de los focos convencionales por lámparas fluorescentes compactas puede parecer una estrategia de ahorro simple, pero puede arrojar grandes resultados en materia de ahorro de energía eléctrica, disminución de consumo de barriles de petróleo para su generación y por ende reducción en las emisiones de CO₂.

Tabla 34. Programa de inducción para sustituir focos convencionales por lámparas fluorescentes compactas

Concepto	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TOTAL
Lámparas sustituidas (Millones)	6	13	25	38	52	71	205
Ahorro potencia (MW)	110	238	457	695	951	1,299	3,750
Ahorro energético (GWh)	571	1,957	4,486	8,401	13,376	19,493	48,283
Barriles de Petróleo Evitados (Miles Barriles)	1,019	3,495	8,009	14,998	23,881	34,802	86,204
Emisiones de CO ₂ Evitadas (Miles Ton)	381	1,306	2,994	5,607	8,927	13,010	32,225

Fuente: Programas de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica FIDE 2007

Estos diferentes tipos de inversión sumados al de los equipos de aire acondicionado en zonas que lo requieren, se está otorgando básicamente para viviendas de interés social, por lo que el monto de dichas tecnologías no debe rebasar un valor aproximado a los \$20,000. Esto representa un límite a considerar a la hora de invertir en ecotecnologías, sin embargo, de acuerdo con la entrevista realizada al Ing. Ávila “las medidas de ahorro de energía eléctrica referidas así como el principal enfoque del programa hipotecas verdes del Infonavit están



enfocados a la vivienda de interés social e interés económico por lo que la cantidad es suficiente para cubrir los gastos en todos los casos”. Cabe anotar que cualquier proyecto que se requiera financiar, deberá pasar por una serie de lineamientos y evaluaciones previas para determinar la viabilidad del mismo por parte del FIDE. En el caso de que existan zonas comunes y el constructor quisiera colocar sensores de movimiento para la activación de la iluminación, y que dicha iluminación sea mediante uso de Diodos emisores de luz (LED's) o focos ahorradores y adicionalmente quisiera adaptar un sistema de micro generación eléctrica para abastecer las necesidades de bombeo de agua en los desarrollos, el FIDE puede otorgar un financiamiento para la optimización del uso de energía eléctrica en áreas comunes, dicho financiamiento sería para el constructor y estas inversiones no están contempladas por el programa hipotecas verdes de Infonavit. Ya existen programas de financiamiento dentro del FIDE que apoyan el financiamiento de leds y sistemas fotovoltaicos, en cuanto al sello fide en este momento se está trabajando en la especificación de cumplimiento para estos equipos, por lo que aun no se tiene ningún equipo de esta tecnología certificado al momento.

Cabe mencionar que una vez realizada la solicitud ante el FIDE por parte del constructor, el proyecto debe pasar por 2 etapas de evaluación técnico económica, una de las principales variables que se deben tener en cuenta para que el proyecto pueda pasar de esta segunda etapa de evaluación, es que la inversión en los proyectos debe ser recuperada en un plazo menor a 3 años para este tipo de proyectos. El monto máximo a otorgar de financiamiento dependerá principalmente de la rentabilidad del proyecto así como de la capacidad de pago de la constructora por lo que no se tiene establecido un límite.

Una vez otorgado el financiamiento, existe la posibilidad de que el FIDE de los equipos o tecnologías ecológicas y materiales necesarios para la construcción de envolventes térmicas o bien que dé el dinero al constructor. El reembolso referente al valor de los equipos y materiales a colocar se traslada a la hipoteca verde en el caso del Infonavit, éste le cobrará al comprador de la vivienda estos equipos mediante la hipoteca sumando los intereses correspondientes a pagar al FIDE, de allí le paga el dinero al constructor y él debe reembolsar con depósito bancario al FIDE el valor del crédito más los intereses. Se está trabajando en la modificación de este esquema de reembolso, con el objetivo de evitar que el dinero pase del Infonavit al constructor y de éste al FIDE y así evitar posibles problemas por pago retrasado e intereses adicionales a cobrarle al constructor.



6.2.3 Contratos De Interconexión Y Convenios Para Fuentes De Energía Renovables De La Comisión Federal De Electricidad (CFE).

Anteriormente las leyes mexicanas prohibían la producción de energía eléctrica y distribución de manera particular, pero en la última década se han hecho muchas reformas en pro del desarrollo energético del País. El 27 de junio de 2007, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la posibilidad de firmar contratos con la Comisión Reguladora de Electricidad para generar electricidad mediante fuentes renovables y su capacidad de negociarla para consumirla a través de entidades como CFE y Luz y Fuerza del Centro, esta última hoy extinta.

Existen muchas razones por las que se crearon este tipo de contratos, entre ellas, que cerca del 80% de la energía generada en México se hace a base de quema de combustibles, que su precio se ha ido incrementando exponencialmente en los últimos años, que se registran aumentos en las últimas décadas en cuanto a importaciones de combustible y subsidios, la Secretaría de Energía ha aprobado diferentes modelos de contratos de interconexión que permiten la generación de energía y la inyección de ésta a las redes de CFE bajo ciertas condiciones. En este tipo de contratos el generador o permisionario es la persona física o moral que cuenta con un equipo de generación eléctrica y al firmar el contrato se compromete a hacer una entrega de electricidad al suministrador, que en este caso es la CFE.

El mecanismo básico de este tipo de contratos consiste en que el que genera la electricidad no la consume directamente sino que la entrega inyectándola a las redes del suministrador y cuando el generador requiera energía, éste la toma de las redes del suministrador, para lo cual se llevan cuentas de cuanta energía se inyecta a la red y cuanto se consume. En algunos casos, dependiendo de la tecnología usada para generar electricidad, se puede obtener que durante el año la energía inyectada y la consumida terminen siendo prácticamente iguales, en estos casos la cuenta de energía a pagar para el generador es prácticamente nula. En los casos en que la energía inyectada es mayor que lo que se consume, el suministrador deja ese saldo positivo a favor del generador a manera de bono o crédito para que lo consuma en los meses siguientes siempre y cuando no se rebase el año, si después de este tiempo el generador no consume este crédito se dará por cancelado y el generador deberá renunciar a cualquier tipo de pago correspondiente a esta energía entregada. Esto es de gran utilidad en verano, donde la demanda de electricidad aumenta debido al uso de aire acondicionado. Cuando la energía inyectada a las redes es menor que la que se consume, el generador deberá



pagar al suministrador la diferencia en la cuenta de electricidad. Para este fin, el generador deberá tener 2 medidores, uno que se encargue de medir la energía que inyecte a la red y otro que se encargue de medir la energía que se consume de la misma. Se debe tener en cuenta que los sistemas de generación y todo lo necesario para que se pueda generar energía es responsabilidad del generador y que por ende el suministrador no realizará ningún aporte económico para dicho fin.

Empresas como Wal-Mart de México, ya están acogiendo a estas modalidades de contrato, construyendo en Oaxaca un parque eólico que le permitirá producir gran parte de la energía que requiere para sus edificaciones o centros de consumo, logrando de esta manera disminuir las emisiones de CO₂ que se producían al generar esta energía con la quema de combustibles.

- **Contrato de Interconexión para Fuentes intermitentes o no intermitentes de Energía Renovable:**

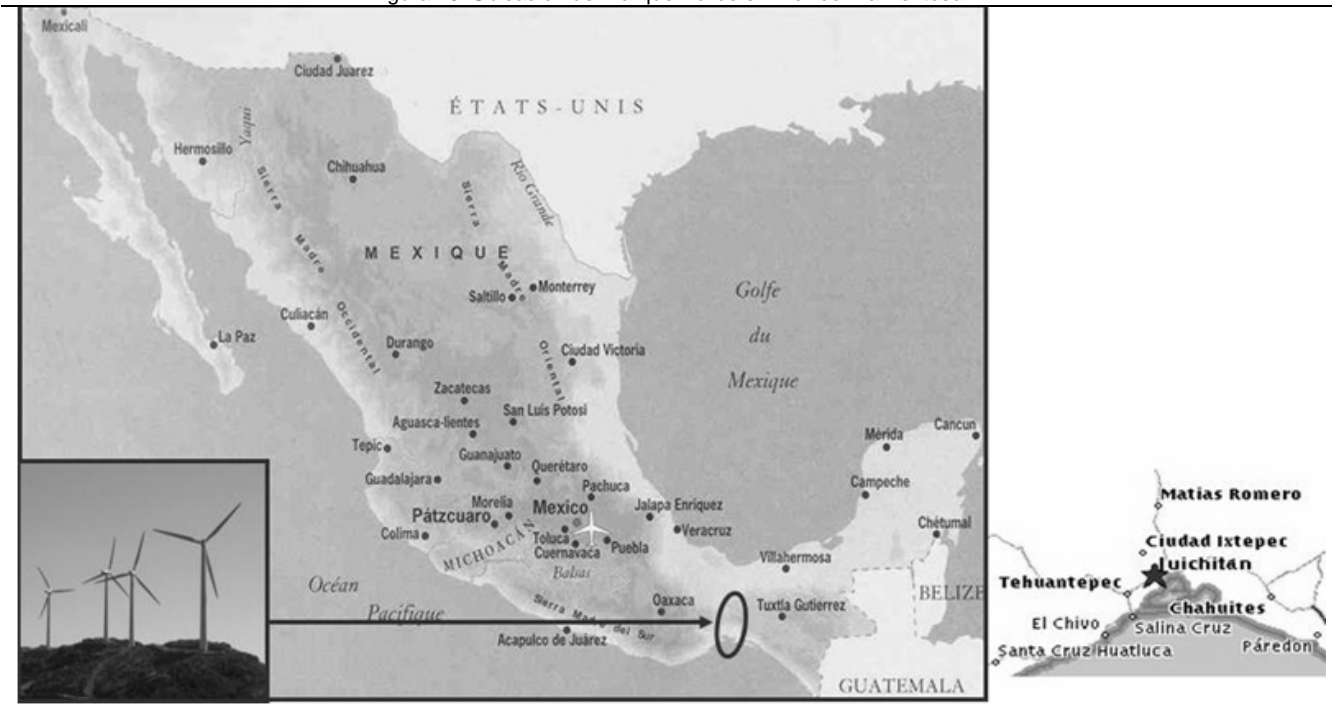
A partir del 30 de enero de 2006, fecha en que se publicaron modificaciones al Contrato en el Diario Oficial de la Federación, se hizo aplicable este tipo de contratos. Se otorga permiso para la generación de energía eléctrica en la modalidad de autoabastecimiento que utilizan la energía solar, eólica e hidráulica. Esta última cuando no se realizan extracciones de agua para este fin. El contrato de interconexión permite la interconexión de los permisionarios con el sistema eléctrico nacional, regula su relación con respecto a servicios de transmisión, intercambio de energía y compraventa de energía.

El intercambio de energía está basado en el cargo por la energía de la tarifa correspondiente entre periodos horarios iguales, entre diferentes meses a lo largo de un año, se remunera al Generador por energía no consumida e inyectada a las redes nacionales. Uno de los requisitos es acreditar la potencia efectiva de generación que la central aporta al Sistema Eléctrico Nacional.

En cuanto a la potencia autoabastecida, “Es el promedio de las potencias medidas en el punto de interconexión, que se hayan presentado en los 12 intervalos de medición incluidos dentro de la hora de máxima demanda para todos los días laborables del mes en cuestión.”

El 9 de julio de 2007, se publicó en el Diario Oficial de la Federación modificaciones al contrato de interconexión y a la metodología de transmisión para Fuentes de Energía Renovable. Se permite a los Permisionarios que utilizan alguna Fuente de Energía Renovable (biogás, biomasa, geotermia, etc.) utilizar el contrato de interconexión, si entregan energía eléctrica exclusivamente a instalaciones de municipios, o de entidades federativas o del gobierno federal. Al modificar la metodología, le da la posibilidad a los Permisionarios que tienen centros de consumo de tipo municipal que se interconectan con el sistema eléctrico nacional en media tensión, de tener una disminución en el cargo por el servicio de transmisión debido a que se tomará en cuenta el beneficio que estos Generadores dan al sistema disminuyendo las pérdidas o caídas en la red.

Figura 46. Ubicación del Parque Eólico en México "La Ventosa"



Fuente: Juan Ruiz Figueroa, Wal-Mart.

Este tipo de contratos tiene un gran atractivo para empresas como Wal-Mart, la cual construyó un parque eólico para fines de autoabastecimiento en Oaxaca, en el sitio conocido como La Ventosa o La Ventana, su ubicación se puede observar en la figura 46. Este sitio es el segundo lugar a nivel mundial en cuanto a viento después de Punta Gallinas en Sur América. Este parque eólico entró en funcionamiento a partir de mayo del 2010, su capacidad es de 67.5 MW



y podrá producir cerca de 292.97 GWh/año²². Esto teniendo en cuenta que la velocidad media anual de la zona es de 13 m/s, mientras que en otros sitios la velocidad media máxima alcanza valores de 6 a 9 m/s.

- **Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar a Pequeña Escala:**

Es aplicable para personas físicas o morales que sean generadores con fuente de energía solar a pequeña escala, para usuarios con servicio de uso residencial hasta 10 kw o para usuarios con servicio de uso general en baja tensión hasta 30 kw. La vigencia del contrato es por tiempo indefinido y no se requiere permiso de generación de energía eléctrica, toda vez que es un contrato anexo al de suministro normal. Esto es de gran ventaja a la hora de realizar trámites para firmar el contrato.

Se requiere interconexión a la red en tensiones menores de 1 kv, Las inversiones necesarias para la construcción de las instalaciones o equipos que técnicamente sean necesarios, serán a cargo del Generador. El Generador pagará la diferencia entre el costo del equipo necesario para realizar la medición neta y el costo del equipo convencional que instalaría el Suministrador para la entrega de energía eléctrica que corresponda. El Generador se obliga a mantener vigente un contrato de suministro de energía eléctrica en la tarifa aplicable durante todo el tiempo que dure la interconexión de su fuente con la red del Suministrador.²³

Este tipo de contratos se puede aplicar al caso de las viviendas equipadas con sistemas FV independientes para su abastecimiento. En el caso de desarrollos habitacionales, los trámites a realizar pueden ser un poco extensos, por lo que se recomienda que todo lo concerniente a el sistema FV sea manejado por la administración del desarrollo para que ésta se encargue de garantizar su mantenimiento, funcionamiento y trámites a realizar por la constructora para su entrega y puesta en marcha. Es por esto que se debe procurar que la administración central se encargue de dar a los usuarios finales o posibles compradores de unidades habitacionales una completa instrucción sobre el tipo de manejo, cuidados y mantenimientos que requieren los sistemas FV y en lo posible adicionar un porcentaje a la cuota de mantenimiento del desarrollo por este concepto.

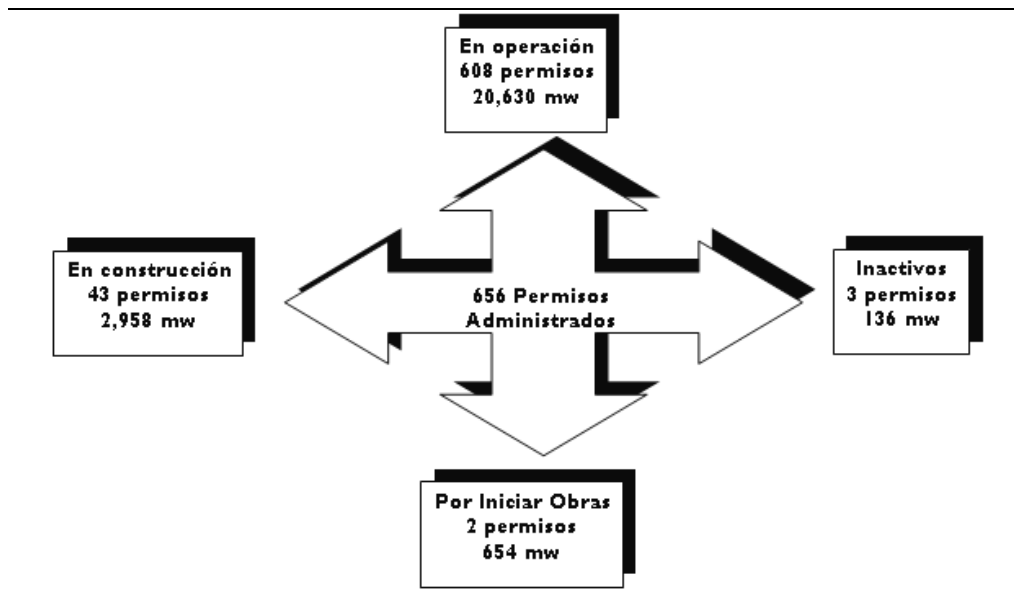
²² Ruiz Figueroa, Juan Andrés. Autoabastecimiento de energía eléctrica. Wal-Mart de México. Presentado en Powermex 2007.

²³ Ver anexo sobre contrato de interconexión

- **Contrato de Compraventa de Energía Eléctrica para Pequeños Productores en el Sistema Interconectado Nacional**

Es aplicable para Permisos de generación de energía eléctrica en la modalidad de Pequeño Productor, con una capacidad instalada menor a 30 MW y se deben encontrar ubicados en el Sistema Interconectado Nacional, la vigencia del contrato es a 20 años, renovables. La totalidad de la energía generada es adquirida por el Suministrador (CFE o LFC), la energía eléctrica generada es comprada por el Suministrador hasta el 95% del Costo Total de Corto Plazo (CTCP). Como se mencionó anteriormente, la creación de parques eólicos o sistemas FV de gran magnitud tienen aquí su oportunidad de expansión. La capacidad energética de este tipo de parques es de gran magnitud, actualmente ya existen varios contratos firmados, y de acuerdo con los datos suministrados en el XIII Seminario de Ahorro de Energía, Cogeneración y Energía Renovable, la Comisión Reguladora de Energía en el 2007 tenía el inventario de registro de permisos y generaciones como el que se observa en la figura 47.

Figura 47. Estado de Permisos de generación de electricidad a 2007



Fuente: CFE

Sin embargo si se observa la tabla 35, sobre permisos vigentes de generación e importación de energía eléctrica, podemos concluir que de 656 permisos otorgados en 2007, se incrementaron 114 a 30 de junio de 2009, logrando incrementar la capacidad en operación de 20,630 MW a 27,208 MW, lo cual es de gran importancia para el País. Adicionalmente se puede observar como la producción independiente y el autoabastecimiento cubren prácticamente el 80% de los



permisos otorgados por la Comisión Reguladora de Energía CRE. Aun queda mucho por aprovechar en esta materia y el sector turismo ya está incursionando en esta materia, al contar con una potencia instalada de 114 MW, aunque la mayoría de la producción la está ejecutando con diesel como energético primario. Podría evaluarse la posibilidad que dentro de un desarrollo habitacional con un volumen importante de viviendas se hiciera una sociedad en la que se autoabastezca a futuro mediante un contrato de este tipo cuya fuente de energía primaria fuera el viento, sin embargo esto es algo que tal vez lleve tiempo y requiera rebasar varias barreras legislativas y burocráticas.

Tabla 35. Permisos vigentes de generación e importación de energía eléctrica a 30/jun/09

Modalidad	Permisos vigentes	Megawatts	Gigawatts-hora	Millones de dólares
Producción Independiente	22	13,250	95,038	11,925
Autoabastecimiento	595	6,556	30,414	9,341
Cogeneración	7	3,381	23,737	3,373
Exportación	58	3,291	19,481	3,222
Importación	37	233	776	18
Usos Propios Continuos	48	478	1,529	656
Pequeña Producción	3	19	72	24
Total	770	27,208	171,048	28,558

Fuente: Gaceta Parlamentaria, Cámara de Diputados, número 3092-IV, martes 7 de septiembre de 2010.

6.2.4 Estímulos Fiscales De La SHCP

En materia de estímulos fiscales para la construcción de vivienda ecológica en México, no existe alguna ley puntual sobre el tema que se pueda aplicar, sin embargo existen diversos artículos con respecto a desarrollo tecnológico que empresas como Arian Solar ya están aplicando para obtener beneficios fiscales.

Estos artículos se encuentran principalmente en la Ley del Impuesto Sobre la Renta y en el Código Financiero del Distrito Federal. En el artículo 40 de La Ley Impuesto Sobre la Renta encontramos que son deducibles al 100% la maquinaria y equipo para la generación de energía renovable, como se cita a continuación:



“ARTÍCULO 40, FRACCIÓN XII, SECCIÓN II: DE LAS INVERSIONES DEL CAPÍTULO II DE LAS DEDUCCIONES DE LA LEY DEL ISR.

Los por cientos máximos autorizados, tratándose de activos fijos por tipo de bien son los siguientes:

XII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables.

Para los efectos del párrafo anterior, son fuentes renovables aquéllas que por su naturaleza o mediante un aprovechamiento adecuado se consideran inagotables, tales como la energía solar en todas sus formas; la energía eólica; la energía hidráulica tanto cinética como potencial, de cualquier cuerpo de agua natural o artificial; la energía de los océanos en sus distintas formas; la energía geotérmica, y la energía proveniente de la biomasa o de los residuos. Asimismo, se considera generación la conversión sucesiva de la energía de las fuentes renovables en otras formas de energía.

Lo dispuesto en esta fracción será aplicable siempre que la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de 5 años inmediatos siguientes al ejercicio en el que se efectúe la deducción, salvo en los casos a que se refiere el artículo 43 de esta Ley (perdida por caso fortuito o fuerza mayor). Los contribuyentes que incumplan con el plazo mínimo establecido en este párrafo, deberán cubrir, en su caso, el impuesto correspondiente por la diferencia que resulte entre el monto deducido conforme a esta fracción y el monto que se debió deducir en cada ejercicio en los términos de este artículo o del artículo 41 de esta Ley, de no haberse aplicado la deducción del 100%. Para estos efectos, el contribuyente deberá presentar declaraciones complementarias por cada uno de los ejercicios correspondientes, a más tardar dentro del mes siguiente a aquél en el que se incumpla con el plazo establecido en esta fracción, debiendo cubrir los recargos y la actualización correspondiente, desde la fecha en la que se efectuó la deducción y hasta el último día en el que operó o funcionó la maquinaria y equipo.” Fracción adicionada DOF 01-12-2004

Con respecto al artículo 219 de la misma ley, que trata sobre los estímulos fiscales, tenemos:

“ARTÍCULO 219 DEL TÍTULO VII: DE LOS ESTÍMULOS FISCALES



ARTÍCULO 219: Se otorga un estímulo fiscal a los contribuyentes del impuesto sobre la renta por los proyectos en investigación y desarrollo tecnológico que realicen en el ejercicio, consistente en aplicar un crédito fiscal equivalente al 30% de los gastos e inversiones realizados en el ejercicio en investigación o desarrollo de tecnología, contra el impuesto sobre la renta causado en el ejercicio en que se determine dicho crédito. Cuando dicho crédito sea mayor al impuesto sobre la renta causado en el ejercicio en el que se aplique el estímulo, los contribuyentes podrán aplicar la diferencia que resulte contra el impuesto causado en los diez ejercicios siguientes hasta agotarla.” Párrafo reformado DOF 30-12-2002

Para los efectos de este artículo, se considera como investigación y desarrollo de tecnología, los gastos e inversiones en territorio nacional, destinados directa y exclusivamente a la ejecución de proyectos propios del contribuyente que se encuentren dirigidos al desarrollo de productos, materiales o procesos de producción, que representen un avance científico o tecnológico, de conformidad con las reglas generales que publique el Comité Interinstitucional a que se refiere la Ley de Ingresos de la Federación.

El monto total del estímulo fiscal a distribuir entre los aspirantes del beneficio, así como los requisitos que se deberán cumplir, serán los que contemple la Ley de Ingresos de la Federación en esta materia y para su aplicación se estará a las reglas que expida el Comité Interinstitucional a que se refiere el párrafo anterior.”

Adicionalmente, en el Código Financiero del Distrito Federal se encuentran otro tipo de estímulos fiscales dirigidos a apoyar acciones ecológicas a favor del medio ambiente en los artículos 293, 294 y 296, del capítulo XI, que trata sobre las reducciones.

“ARTICULO 293.- Las personas físicas o morales que para coadyuvar a combatir el deterioro ambiental, realicen actividades empresariales de reciclaje o que en su operación reprocesen al menos una tercera parte de sus residuos sólidos, tendrán derecho a una reducción equivalente al 50%, respecto del Impuesto Sobre Nóminas.

Para la obtención de la reducción a que se refiere este artículo, los contribuyentes deberán presentar una constancia expedida por la Secretaría del Medio Ambiente, en la que se señale



que el solicitante lleva a cabo actividades de reciclaje o que en su operación reprocesen al menos una tercera parte de sus residuos sólidos. La reducción se aplicará durante el período de un año, contado a partir de la fecha de expedición de la constancia respectiva.”

“ARTICULO 294.- Las empresas o instituciones que lleven a cabo programas comprobables de mejoramiento de condiciones ambientales, tendrán derecho a una reducción equivalente al 50% respecto del Impuesto sobre Nóminas. Tratándose de acciones relacionadas con el consumo de agua potable, o energía eléctrica o combustible, o minimización o manejo adecuado de sus residuos generados, se deberá acreditar disminuir al menos un 30% de sus condiciones normales de operación, antes de la aplicación del programa, además de precisar el tipo de programa que realizan y los beneficios que representan para mejorar el medio ambiente.

Las empresas de servicios e industriales ubicadas en el Distrito Federal que adquieran, instalen y operen tecnologías, sistemas, equipos y materiales o realicen acciones que acrediten prevenir o reducir al menos un 30% las emisiones contaminantes establecidos por las normas oficiales mexicanas y las ambientales para el Distrito Federal, podrán obtener una reducción del 25% del Impuesto Predial.

Las empresas o instituciones a que se refiere este artículo, para efectos de las reducciones, deberán presentar una constancia expedida por la Secretaría del Medio Ambiente, en la que se precise el tipo de programas que realizan y los beneficios que representan para mejorar el medio ambiente, así como la tecnología que aplican para fomentar la preservación, restablecimiento y mejoramiento ambiental del Distrito Federal, o bien, con la que se acredite que realizan las actividades a que se refiere el párrafo segundo de este artículo. Además para la reducción del Impuesto Predial se deberá presentar la evaluación de emisiones de contaminantes.”

“ARTICULO 296.- A las empresas que se ubiquen en los siguientes supuestos, se les aplicarán reducciones por los conceptos y porcentajes que se señalan a continuación:

VI. Las empresas que acrediten que iniciaron operaciones en los sectores de alta tecnología, tendrán derecho a una reducción equivalente al 75% respecto del Impuesto sobre Nóminas, del



50% por concepto del Impuesto Predial y del 100% tratándose del Impuesto sobre Adquisición de Inmuebles.

Para la obtención de la reducción a que se refiere esta fracción, las empresas deberán presentar una constancia de la Secretaría de Desarrollo Económico, con la que se acredite que la empresa de que se trate, tiene como objeto social la innovación y desarrollo de bienes y servicios de alta tecnología, en áreas como las relativas a desarrollo de procesos y productos de alta tecnología; incubación de empresas de alta tecnología; sistemas de control y automatización; desarrollo de nuevos materiales; tecnologías; informáticas; telecomunicaciones; robótica; biotecnología; nuevas tecnologías energéticas y energías renovables; tecnologías del agua; tecnología para el manejo de desechos; sistemas de prevención y control de la contaminación y áreas afines.

La reducción por concepto del Impuesto Predial e Impuesto sobre Nóminas, se aplicará durante el período de un año, contado a partir del período de pago siguiente a que se haya emitido la constancia, y tratándose de este último impuesto, además la empresa deberá llevar un registro especial y por separado en el que se consigne el monto de las erogaciones respecto de las cuales no se pagará el Impuesto sobre Nóminas y los conceptos por los que se efectuaron tales erogaciones.”

Estos estímulos fiscales son de gran ayuda a empresas que apliquen acciones a favor del medio ambiente, bien sea mediante manejo adecuado de residuos sólidos, sistemas de generación de energía renovable, desarrollo de tecnologías para uso adecuado del agua, entre otros.

6.3 MERCADOS DE CARBONO Y PROTOCOLO DE KYOTO EN MIRAS DE LA VIVIENDA ECOLÓGICA

El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global, dichos gases son: dióxido de carbono, gas metano, óxido nitroso y tres gases fluorados industriales (hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. Dicha reducción se estima en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a



las emisiones al año 1990. Es decir, si la contaminación de estos gases en el año de 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por el protocolo tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

La Unión Europea se comprometió a reducir sus emisiones totales medias durante el periodo 2008-2012 en un 8% respecto de las de 1990. No obstante, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de reparto de la carga, de manera que dicho reparto se acordó de la siguiente manera: Alemania (-21%), Austria (-13%), Bélgica (-7.5%), Dinamarca (-21%), Italia (-6.5%), Luxemburgo (-28%), Países Bajos (-6%), Reino Unido (-12.5%), Finlandia (-2.6%), Francia (-1.9%), España (+15%), Grecia (+25%), Irlanda (+13%), Portugal (+27%) y Suecia (+4%).

Por su parte, España que se comprometió a aumentar sus emisiones un máximo del 15% en relación al año base, se ha convertido en el país miembro que menos posibilidades tiene de cumplir lo pactado. En concreto, el incremento de sus emisiones en relación a 1990 durante los últimos años ha sido como sigue: 1996: 7%; 1997: 15%; 1998: 18%; 1999: 28%; 2000: 33%; 2001: 33%; 2002: 39%; 2003: 41%; 2004: 47%; 2005: 52%; 2006: 49%; 2007: 52%; 2008: 42.7%, de acuerdo con el Inventario Español de Gases de Efecto Invernadero. Es por esto que el gobierno español ha optado por aplicar leyes más restrictivas en materia medioambiental y el desarrollo de parques eólicos es uno de sus grandes fuertes.

De acuerdo con el límite que cada país se comprometió a cumplir, se han instaurado una serie de políticas y tecnologías que le permitan cumplir con los compromisos adquiridos en materia de reducción de gases efecto invernadero, sin embargo, como el caso de España, hay muchos países que no alcanzan a cumplirlos, para ello el Protocolo de Kioto aprobó el uso de 3 mecanismos flexibles para facilitar el logro de los objetivos de reducción de emisiones GEI. Estos fueron:

- 1) Comercialización de Emisiones: permitir la transferencia internacional de la asignación nacional de derechos de emisión, entre los diferentes países del Anexo 1 (países industrializados).



2) El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): un mecanismo que permite la creación de Certificados de Reducciones de Emisiones (CERs) mediante proyectos de reducción de emisiones, regulados por el Comité Ejecutivo MDL.

3) Implementación Conjunta (IC): la creación de créditos de reducción de emisiones suscritos a través de inversiones transnacionales entre países y/o empresas del Anexo 1.

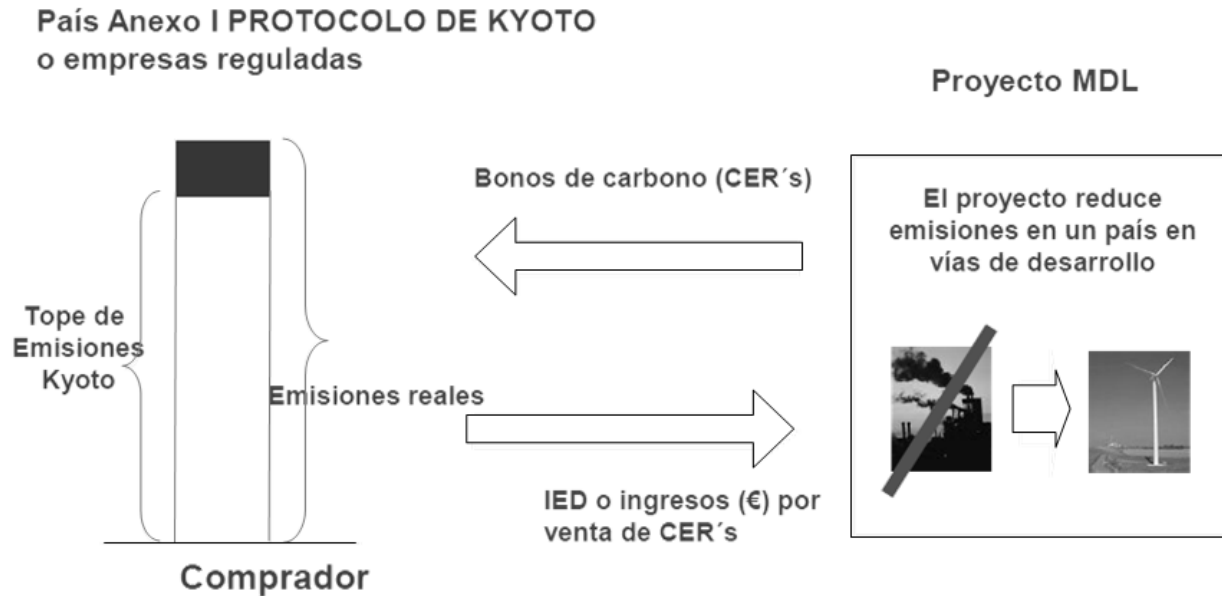
La razón fundamental detrás de estos tres mecanismos se basa en que el cambio climático es un problema global y que la ubicación de las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero es irrelevante en términos científicos y en consecuencia puede estar en cualquier país.

Las reducciones de emisiones generadas por estos tres mecanismos flexibles tienen diferentes nombres técnicos dependiendo del tipo de mecanismo por el que son generadas, pero generalmente se conocen como “bonos de carbono”. Estos bonos se miden en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). Un bono de carbono representa una tonelada de CO₂e no emitida o reducida. Estos tres mecanismos flexibles, junto con el Esquema de Comercialización de la Unión Europea (EU ETS) establecida por ésta última con el fin de cumplir las metas del Protocolo de Kioto, crearon el más grande de los mercados ambientales en todo el mundo para la comercialización de este tipo de bonos.

Los proyectos que pueden aplicar a una certificación pueden ser de diversos orígenes, por ejemplo: generación de energía renovable, mejoramiento de eficiencia energética de procesos, forestación, limpieza de lagos y ríos, entre otros.

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. Un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono, haciendo pagar a las empresas que emiten más de lo permitido y beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión, tal como se muestra en la figura 48, en la que el proyecto que reduce las emisiones de CO₂ es un MDL.

Figura 48. Protocolo de Kyoto, origen y principios del mercado de carbono



Fuente: Cambio Climático y Vivienda Sustentable en México, Gabriel Quadri. Julio de 2010.

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, son 6 los tipos de gases que se requieren reducir y por ello para establecer la cantidad equivalente en CO₂ y emitir un CER se debe hacer la equivalencia de los otros GEI a CO₂. Como se observa en la siguiente tabla de equivalencias:

Tabla 36. Equivalencia de GEI en CO₂

Gas	Equivalencia con el CO ₂
Metano	21
Óxido nitroso	310
Halofluorocarbonos	120/12.000

Fuente: CO₂ Ecoconsulting.

De acuerdo con la tabla 36, uno de los GEI con más potencial de daño es el gas metano. Éste gas por lo general es emitido a la atmósfera por descomposición de basura o materia orgánica, pero al ser quemado pierde gran parte de su potencial dañino y puede ser utilizado en la generación de energía eléctrica. Es por ello que la gran mayoría de proyectos que pueden emitir CER son rellenos sanitarios, en los que se realizan quemas controladas de dicho gas o en el mejor de los casos toda la instalación eléctrica del relleno se abastece a partir de la quema de este gas. En granjas ecológicas, el excremento de los animales también produce una



gran cantidad de gas metano, por ello, se realiza la recolección de esta materia en una tanque especial, en el cual se captura el gas y se utiliza para diferentes fines pero siempre mediante su quema. Este es un sistema que aunque no es complejo, puede ofrecer grandes beneficios a los propietarios y por ende valdría la pena, en investigaciones posteriores, encontrar un modo de adaptación a desarrollos de vivienda ecológica.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que existen varios tipos de bonos de carbono, dependiendo de la forma en que éstos fueron generados:

- **Certificados de Reducción de Emisiones (CERs):** Los países del Anexo I que inviertan en proyectos bajo el MDL, pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones por un monto equivalente a la cantidad de bióxido de carbono equivalente que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado del proyecto. Para ello, el proyecto debió cumplir con los requisitos establecidos por el Consejo Ejecutivo del MDL.
- **Montos Asignados Anualmente (AAUs):** Corresponde al monto total de emisiones de gases de efecto invernadero que a un país se le permite emitir a la atmósfera durante el primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kioto. Cada país divide y asigna su respectivo monto a empresas localizadas en su territorio a manera de límite de emisión por empresa.
- **Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs):** Corresponde a un monto específico de emisiones de gases de efecto invernadero que dejaron de ser emitidas por la ejecución de un proyecto de Implementación Conjunta.
- **Unidades de Remoción de Emisiones (RMUs):** Corresponde a créditos obtenidos por un país durante proyectos de captura de carbono. Estas unidades o créditos solamente pueden ser obtenidas por países del Anexo I del Protocolo de Kioto y pueden obtenerse también en proyectos de Implementación Conjunta. Las Unidades de Remoción de Emisiones solamente pueden ser usadas por los países dentro del período de compromiso durante el cual fueron generadas, y son para cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones. Estos créditos no pueden ser considerados en períodos de compromiso posteriores. Las transacciones de



bonos pueden ser desde una simple compra o venta de una cantidad específica de bonos, hasta una estructura de compra-venta con diversas opciones. Algunas de las opciones son las siguientes:

- **Compras Spot:** El precio del bono y la cantidad de bonos se acuerdan en la fecha del acuerdo de compra-venta pero la entrega y el pago del bono se realizan en una fecha futura cercana. Se puede considerar como si la compra-venta ocurriera en el momento, aunque pasen unos días entre el pago y la entrega. Esto se hace para asegurar un precio conveniente para ambas partes y para reducir el riesgo de que el bono no se venda en el futuro.
- **Contratos de entrega futura:** Se acuerda la compra-venta de una cantidad específica de bonos al precio de mercado actual, pero el pago y la entrega se realizarán en fechas futuras, teniendo en cuenta un calendario de entregas.
- **Opciones:** Las partes compran o venden la opción (el derecho a decidir) sobre si la venta se realizará o no en una fecha y a un precio pactados. De esta manera, el comprador tiene el derecho a comprar la cantidad de bonos ofrecida por el vendedor, pero no tiene la obligación de comprarlos una vez llegada la fecha acordada. Las condiciones de precio, cantidad y fecha de entrega de los bonos se acuerdan el día de elaboración del contrato, y también se acuerda una fecha que marca la fecha límite para que el comprador mantenga su derecho de compra. En este caso, el vendedor está a la expectativa y depende de la decisión del comprador, pero si la compra-venta se realiza, el comprador le pagará una cantidad adicional denominada premium.

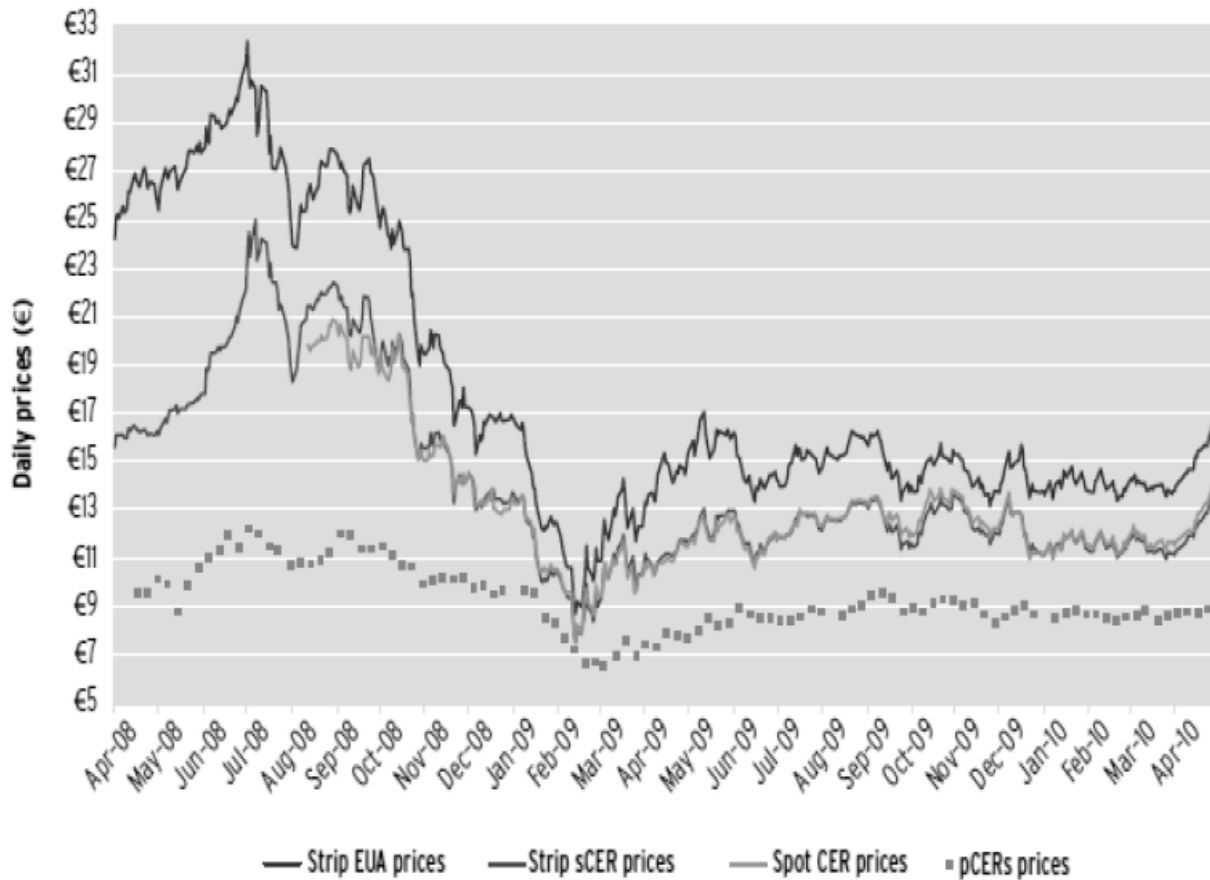
Existen diferentes esquemas para el comercio de los bonos y sitios del mundo donde se pueden comprar y vender a diferentes precios por cada tonelada de CO₂. Por ejemplo:

- Chicago Climate Exchange: en operación desde diciembre del 2003; el precio ha fluctuado desde \$0.90 hasta los \$2.10 dólares por tonelada de CO₂ (datos a junio de 2005).
- European Climate Exchange Carbon: en operación desde abril del 2005; el precio ha fluctuado entre \$6.40 y \$19.70 euros por tonelada de CO₂ (datos a junio de 2005).

Como se muestra en la figura 49, la crisis económica por la que se atravesó afectó el precio del bono de carbono, mostrando una caída en su precio en el 2009, sin embargo, de acuerdo con

una proyección estadística realizada por la misma compañía, se espera que el precio de los bonos aumente de manera exponencial hasta el 2020.

Figura 49. Precios de los bonos de carbono



Fuente: State and Trends of the Carbon Market 2010, Kossy y Ambrosi.

Los críticos del sistema de venta de bonos o permisos de emisión, argumentan que la implementación de estos mecanismos tendientes a reducir las emisiones de CO₂ no tendrá el efecto deseado de reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera, como tampoco de reducir o retardar la subida de la temperatura. El mercado de carbono se viene desarrollando a nivel mundial desde 1996, pero sólo en los últimos años adquirió mayor fuerza. Se estima que sólo en el año 2002 se adquirieron bonos equivalentes a 70 millones de toneladas.

Existen dos grandes barreras a rebasar en este sistema, una de ellas es contar con la metodología adecuada que permita la certificación de la reducción de emisiones, hoy día ya existen varias metodologías dependiendo del sistema que se requiera certificar. La segunda barrera radica en que para certificar dichas reducciones se requiere de la intervención de



terceros, éstos son compañías que se dedican a realizar una valoración del sistema, cuantificar la cantidad de CO₂ equivalente que se deja de emitir o se reduce y a través de ellos es que se puede certificar un bono, la ventaja que estas compañías ofrecen, es que en su gran mayoría se encargan de colocar los bonos en el mercado y realizar la venta, la desventaja es que sus servicios para certificación son muy elevados y adicionalmente, algunos se quedan con cerca del 30% del ingreso que implica la venta de bonos por comisión. Esto resulta muy oneroso y a la vez implica todo un proceso que para la mayoría de las pequeñas y medianas empresas constructoras no resulta atractivo. Para poder rebasar esta barrera la compañía CO₂ Ecoconsulting, ofrece asesoría para proyectos de pequeña escala en el marco de MDL, este tipo de proyectos pueden acogerse al procedimiento para proyectos de pequeña escala y obtener menores complicaciones en el Documento inicial de Diseño de Proyecto, menores exigencias de metodologías y menores plazos de aprobación. Todo ello implica una reducción en el costo de transacción de bonos de carbono. Aunque la lista no es muy extensa, entre estos proyectos se encuentran: Aliento a la adopción de equipamiento eléctrico eficiente (lámparas, faroles, refrigeradores, motores, aire acondicionado, ventiladores, etc.) que es un proyecto bastante similar al que realiza el FIDE, Reemplazo de combustibles fósiles en instalaciones existentes industriales, residenciales, comerciales, institucionales o generadoras de electricidad, entre otros, pero con la constante que para proyectos de generación de energía o mejoramiento de sistemas existente, no rebasen el límite de capacidad de 15 MW.

A pesar de que México es el cuarto País a nivel mundial con mayor número de proyectos registrados en el MDL para obtener financiamiento de bonos de carbono, su crecimiento en este mercado está limitado por el monopolio energético de Pemex y CFE, advirtieron especialistas. “En México, apenas hay unos ocho proyectos eólicos y tres mini hidroeléctricas inscritos en el MDL, mientras en Centroamérica hay 60 proyectos de energías renovables”, advirtió el director de la consultora especializada en financiamiento de bonos de carbono, SIGEA Carbon, Gabriel Quadri.

El 63 % de los 2 mil 942 proyectos registrados a nivel mundial en el MDL tienen que ver con la generación de energías renovables, acorde con datos extraídos de la Conferencia Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas (UNFCCC). En toda América Latina se han registrado sólo 481 proyectos, de los cuales 179 son de Brasil; 23 de México; 38 de Chile; 24 de Colombia



y 22 de Perú. Esto, pese a que los requisitos para obtener financiamiento de los bonos de carbono son los mismos para todos los países participantes.

En materia de desarrollo de vivienda ecológica, gracias a una entrevista realizada al Ing. Fernando Mayagoitia Witron, consultor en esta materia y quien ha trabajado de la mano con la empresa URBI, esto ya es prácticamente un hecho. Como primera medida se requiere tener una metodología para aplicar bonos de carbono en la vivienda, la cual México ha realizado y ya logró la autorización, sin embargo no será sino hasta el 2011 cuando se puedan obtener beneficios financieros por la venta de CER's. La metodología autorizada por la ONU a mediados del 2009, ayudará a evaluar el desempeño de las viviendas sustentable.

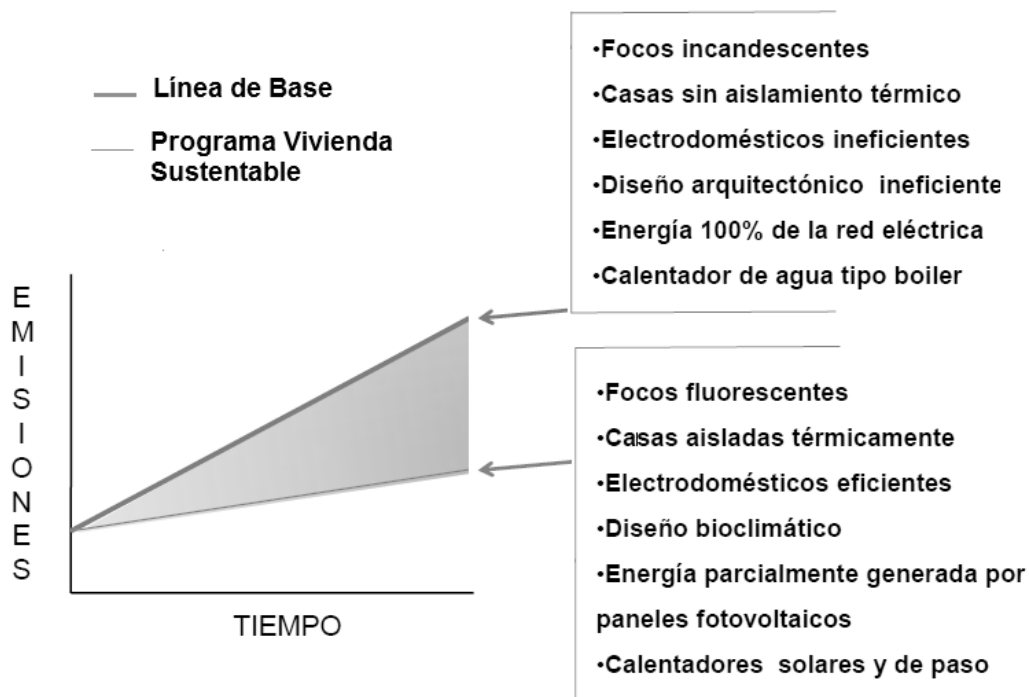
El director general de la CONAVI, Ariel Cano, dijo en entrevista para Planeta Azul, que ésta es la primera metodología que se certifica a nivel mundial en materia de vivienda, además que con esta política se ataca a la vivienda de interés social, que es la que genera mayor masa crítica. "Nuestra expectativa es que teniendo esta autorización reciente, en los próximos meses estaríamos inscribiendo formalmente el programa de vivienda sustentable y hacia finales de 2010, principios de 2011 ya estar pudiendo cobrar como país beneficiario los bonos de carbono en materia de vivienda", dijo. De esta manera, ya se podrán inscribir al programa los proyectos con características de sustentabilidad, como los Desarrollos Integralmente Sustentables (DUIS), y con esta metodología autorizada se medirá el impacto de ahorro energético. Cano También comentó: "Les anticipo que será un recurso bastante modesto que le va a venir bien a la CONAVI para incrementar subsidios, para sustentar temas de operación interna, pero no lo estamos haciendo por el monto económico sino por la disciplina que nos mete esta metodología".

Continuando con la explicación del Ing. Mayagoitia, comentó que después de tener la metodología aprobada, se requiere de una línea de base, la cual permitirá establecer la reducción de emisiones de CO₂, pero que básicamente es en el sector energético en el que se podrá certificar, esto debido a que la gran mayoría de la energía que se produce en México se genera por quema de hidrocarburos. El sistema consistirá en verificar mensualmente cuanto CO₂ generan las plantas electrificadoras por cada KW producido, dicha estadística la generan las plantas teniendo en cuenta el tipo de combustible que utilizaron, y esa misma cantidad de

energía que se deja de consumir en la vivienda será la que permita certificar la reducción de emisiones de CO₂. La estadística que se tiene para México es que por cada megawatt que se deja de generar por medio tradicionales como quema de hidrocarburos se dejan de emitir a la atmosfera 0.54 ton de CO₂.

En el primer encuentro internacional para el fomento de las energías renovables en el estado de Oaxaca, realizado en marzo 2008, se presento el tema “México y el mercado de carbono”, cuyo ponente fue el ingeniero y economista Gabriel Quadri, Director de Ecosecurity México, compañía líder en el negocio de originar, desarrollar y comercializar reducciones de emisiones. En dicha exposición se explica todo el proceso que se requiere para poder certificar bonos de carbono de las viviendas sustentables. Una vez aprobada la metodología se requiere establecer una línea base, la que no es más que la práctica común antes de la implementación del programa de vivienda sustentable.

Figura 50. Comparativa de emisiones de Línea de Base y Vivienda Sustentable



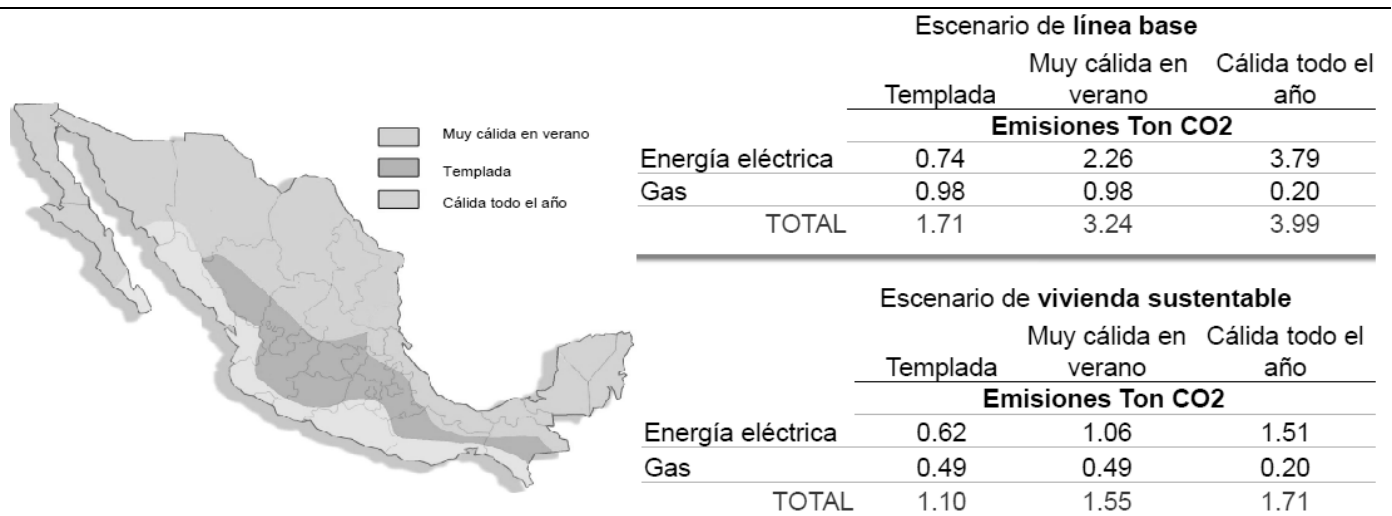
Fuente: México y el mercado de carbono, Ecosecurity. Gabriel Quadri Julio de 2010.

Como se observa en la figura 50, la línea de base no contempla ninguna reducción de CO₂ por manejo eficiente del agua, y este podría ser de gran utilidad, ya que como se dijo anteriormente la reducción en el consumo dentro del hogar implica reducción en consumos energéticos para

las empresas encargadas de captar, tratar, bombear y distribuir el agua, pero tal vez eso implique otra metodología para cuantificar cuanto CO₂ se dejaría de emitir por litro de agua ahorrado, adicionalmente las variables cambian para cada zona o país. Es por esto que al aplicar una metodología a nivel mundial, parece un poco osado, ya que no es lo mismo tener como línea de base la iluminación dentro de las viviendas con focos incandescentes en Ecuador o Bolivia que en Países como España o Japón, ya que para los países más desarrollados la tendencia es que los focos fluorescentes son de uso convencional y para lograr mayor ahorro se están incorporando el uso de LED's, entonces cabe anotar que es necesario que las metodologías a aplicar se vayan actualizando de acuerdo al desarrollo tecnológico y científico global.

Siguiendo con la exposición de Quadri, para el caso de la vivienda sustentable en México basándose en una regionalización climatológica básica, se tienen tres tipos de condiciones climatológicas que permitirían obtener una reducción de las emisiones de CO₂ con respecto a la línea de base, tal y como se muestra en la figura 51.

Figura 51. Emisiones Estimadas Según Regionalización Climática Básica

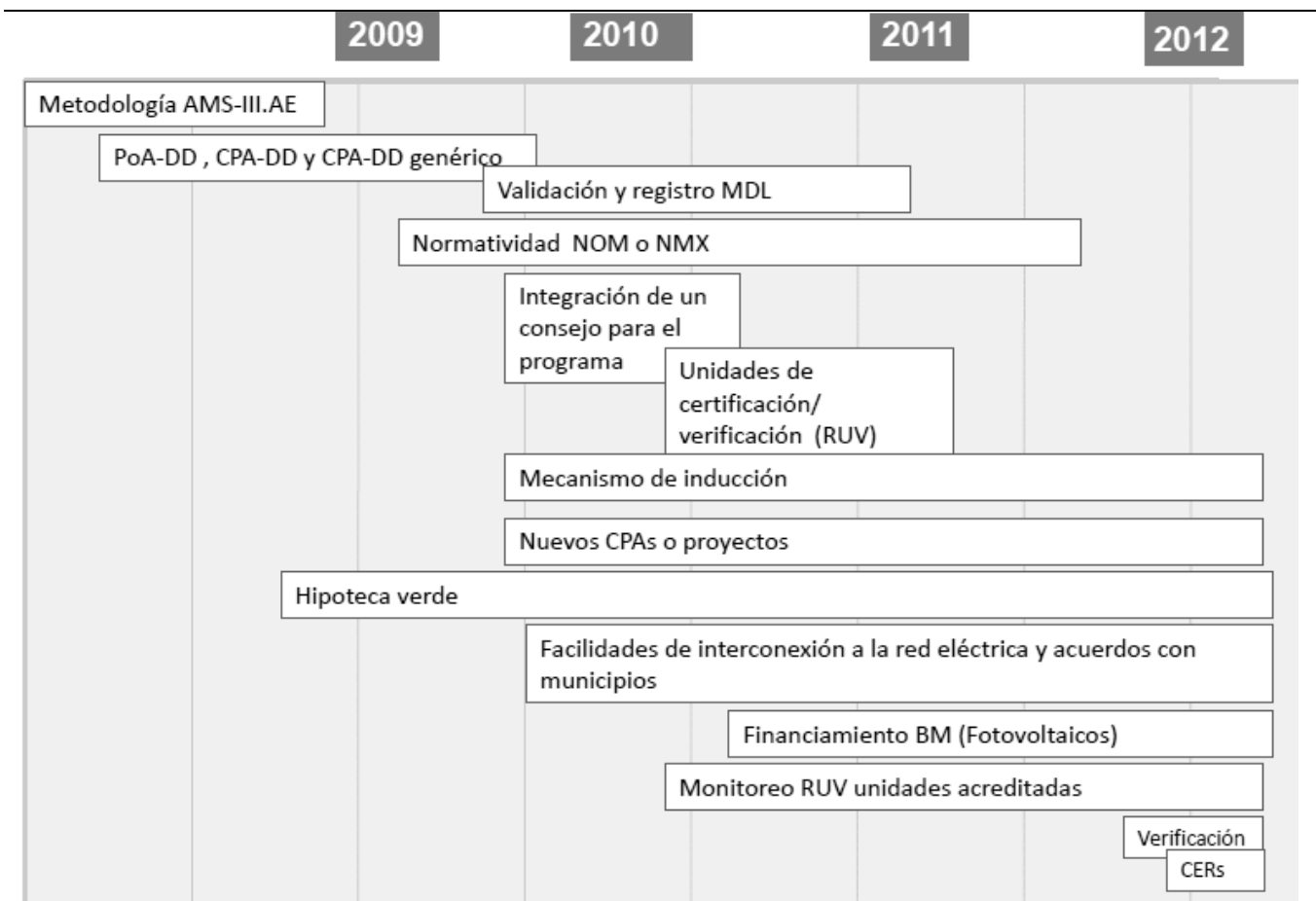


Fuente: México y el mercado de carbono, Ecosecurity. Gabriel Quadri Julio de 2010.

La figura 51 muestra un estimado de la energía a ahorrar con las condiciones requeridas para vivienda sustentable. Una vez aprobada la metodología y teniendo los parámetros necesarios para estimar la reducción de emisiones de CO₂, se puede contar con un sistema de cálculo de reducción de emisiones, se requiere de un sistema de monitoreo de reducción de emisiones, se

abren las puertas al mercado internacional de carbono y se tiene un instrumento privilegiado de planeación, diseño, operación y seguimiento y evaluación para un programa de vivienda sustentable. La metodología que fue aprobada a mediados del 2009, la diseño Ecosecurities para la CONAVI e implica un monitoreo de consumo eléctrico mediante recibos de factura eléctrica, datos climáticos que pueden afectar el consumo eléctrico, registros anuales con los que se pueda determinar el número de casas habitadas, datos para calibrar el modelo y encuestas (número y edad de los ocupantes, área, sistemas de acondicionamiento de aire, electrodomésticos), entre otros. Para esto Ecosecurities ha desarrollado unas fichas en las que se registrarán los datos para poder realizar un análisis estadístico del consumo energético y de esa manera determinar la reducción de emisiones.

Figura 52. Procesos a Seguir para la emisión de CER's de Viviendas Sustentables



Fuente: México y el mercado de carbono, Ecosecurities. Gabriel Quadri Julio de 2010.

En cuanto a los datos para calibrar el modelo, se requiere tener viviendas de línea base, es decir, sistemas convencionales que proporcionen datos sobre sus consumos energéticos.



Además el Infonavit juega un papel importante en el esquema de monitoreo, ya que mediante el Registro Único de Vivienda (RUV) y las verificaciones que debe realizar para el otorgamiento de la hipoteca verde, cierra el círculo de monitoreo para las verificaciones.

En la figura 52, se observa como está planeado el proceso, para que según EcoSecurities, los CER's puedan salir al mercado en el 2012, implicando nuevas normas, mecanismos de inducción, facilidades para la interconexión a la red eléctrica de este tipo de proyectos y otros procesos de cambio y comprobación.

Esta metodología, conocida como Metodología AMS-III.AE, abre las puertas al programa MDL de vivienda sustentable (PoA) y cambia el esquema en el que un solo proyecto o actividad de proyecto tradicional pueda verse beneficiada mediante los CER's, ya que teniendo en cuenta que en vivienda los proyectos individuales son relativamente pequeños en cuanto a reducción de emisiones, los programas PoA's permiten agregar proyectos que individualmente no son viables para MDL por sus altos costos de certificación, es decir, la reducción de emisiones de proyectos situados en diferentes lugares, pueden sumarse y así generar cantidades considerables de CER's y amortizar entre todas la inversión requerida para la certificación, sin importar que las fechas en que entren en vigor los proyectos sean distintas. Para esto, todos los proyectos individuales deben llevarse a cabo bajo una metodología común aprobada por el MDL. Este esquema permite estructurar un programa de vivienda sustentable a largo plazo y de manera sólida y verificable, con trascendencia sexenal y reconocimiento internacional, generando recursos financieros por comercialización de CER's en los mercados internacionales de carbono.

Esta metodología sería de uso exclusivo para emitir CER's de vivienda sustentable, sin embargo, como lo mencionó el Ing. Mayagoitia, Urbi ya está emitiendo CER's a través de otras metodologías que le resultan más onerosas, pero por ser una de las más grandes constructoras de vivienda del país, amortiza más fácil la inversión requerida para la certificación a comparación de pequeños constructores, que por los altos costos de la certificación y porque no construyen vivienda en altos volúmenes, no pueden acceder a este tipo de incentivo económico. Muestra de esto es que Casas Geo, Ara y ViveICA, ya se encuentran realizando incursiones en el tema, y una vez aprobada esta metodología, probablemente la adoptarán a sus sistemas constructivos. Al pequeño y mediano constructor podría beneficiar esta metodología, al poder realizar varios proyectos individuales que conformen una sola masa o



proyecto general del cual se puedan emitir CER's, pero esto les tomará más tiempo con respecto a las grandes constructoras, además, si la CONAVI realiza las ventas de los CER's de los programas que beneficia con subsidios los constructores de estas viviendas no podrían acceder a ingresos por CER's. Entonces si el gobierno a través de la CONAVI está realizando la venta de los CER's tendrá en un futuro que establecer leyes que exijan a los constructores el estricto cumplimiento de las medidas necesarias para que las viviendas se consideren sustentables y porque no ofrecer mayores incentivos a los constructores y un sistema menos engorroso de acceso a la información y validación de la construcción de las viviendas sustentables.

Solo cabe mencionar que la labor mexicana en este campo es de gran valor y aporta herramientas a nivel mundial para que cada país contribuya a la reducción de GEI, y aunque el Protocolo de Kyoto tiene vigencia hasta el 2012, es de esperar que se ratifique pues ha dejado grandes avances en materia medioambiental y aun queda terreno por explorar. Así mismo sería de gran importancia que los países que mayores emisiones de CO₂ realizan a la atmosfera, que son E.U.A. y China, firmen el tratado e igualmente se comprometan a reducir sus emisiones.



7. COMENTARIOS FINALES

Aunque parece un tema novedoso y en los últimos años se hallan revolucionando las tecnologías referentes a cuidado del medio ambiente en la vivienda, hoy día en México ya se cuenta con un número representativo de proyectos relacionados con este tema. En sus primeros pasos este tipo de viviendas eran conocidas como viviendas ecológicas o sustentables, pero hoy día ya cuentan con nombre propio y son bien nombrados como DUIS, Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables.

A pesar de que aún no se cuenta con un estándar para todas las viviendas, ya que dependiendo del constructor se ofrecerán algunas ecotecnias y otras no, la tendencia es a unificarse, para lograr ofrecer hipotecas verdes a los compradores o dependiendo del monto de la vivienda, subsidios federales.

En México existe un gran potencial de ahorro de energía a explotar y el cual permitiría reducir considerablemente las emisiones de GEI y a la vez reducir la inyección de dinero por parte del gobierno en materia de subsidios a los servicios públicos. El desarrollo de DUIS en México representa un elemento clave para el gobierno en materia de ahorro financiero, ya que se puede concluir que las herramientas para ahorrar y generar energía a pequeña escala, y las de ahorro en el consumo de agua, están dadas e implican al gobierno menor gasto en el abastecimiento de servicios públicos a la población, solo falta exigir su aplicación. Adicionalmente, gracias a la metodología desarrollada para la CONAVI para la emisión de CER's, estos desarrollos pueden representar un ingreso adicional para el Gobierno, que le permita reinvertir en el desarrollo de viviendas de mejor calidad y que colaboren con la reducción de emisiones de GEI.

Lastimosamente como se vio en el ejemplo de amortización para sistemas de generación de energía en este tipo de proyectos, con las condiciones actuales como los costos elevados de adquisición, tarifas de cobro por parte de CFE con subsidio y no la imposibilidad de venta de excedentes para pequeños productores, la generación de energía para pequeños productores seguirá teniendo una amortización prácticamente nula, haciéndola de difícil acceso para los pequeños constructores y este seguirá siendo un tema exclusivo de grandes empresas como



Wal-Mart u otros que deseen invertir en la construcción de parques eólicos, o bien solo se podrá hablar de viviendas medianamente sustentables, en las que la generación de energía se haga de manera parcial. Sin embargo, si se actualizan las leyes y la manera en que funcionan los contratos de interconexión probablemente en un futuro, esperemos no muy lejano, se podría llegar al nivel de Japón, que cuenta con comunidades en las que sus techos son a base de paneles solares y los excedentes son vendidos al Gobierno, permitiendo así una amortización más rápida de la inversión.

En cuanto al tratamiento y reutilización de agua en la vivienda, su costo de adquisición es igualmente elevado, pero al igual que el ejemplo del calentador solar, en el que una sola serie de paneles podría funcionar para un edificio de viviendas, de igual manera se podría adquirir un equipo de tratamiento que distribuya agua no tratada a una serie de departamentos y así lograr amortizar su adquisición entre todos, haciéndola más accesible.

Otro aspecto a considerar es la necesidad de establecer leyes y reglamentos que le permitan a México a futuro convertirse en uno de los países líderes en el desarrollo de vivienda ecológica. Esto debido a que algunos constructores de vivienda continúan con las tecnologías convencionales y no se interesan por modificar sus patrones constructivos, ya sea por falta de información, de tiempo, de recursos o bien de una ley y reglamento que les exija la actualización de sus viviendas.

Las tecnologías explicadas anteriormente, son válidas para el ahorro de energía eléctrica y recursos naturales, y representan un valor agregado a explotar en materia de desarrollos habitacionales. Un ejemplo de esto se obtuvo con el calentador solar, el cual después de los 4.17 años en los que se amortiza la inversión genera un ahorro para el usuario. Así mismo puede suceder con las demás tecnologías y solo hace falta una adopción de medidas publicitarias y de mecanismos de información eficaces que le den mayores recursos de venta a los desarrolladores de vivienda.

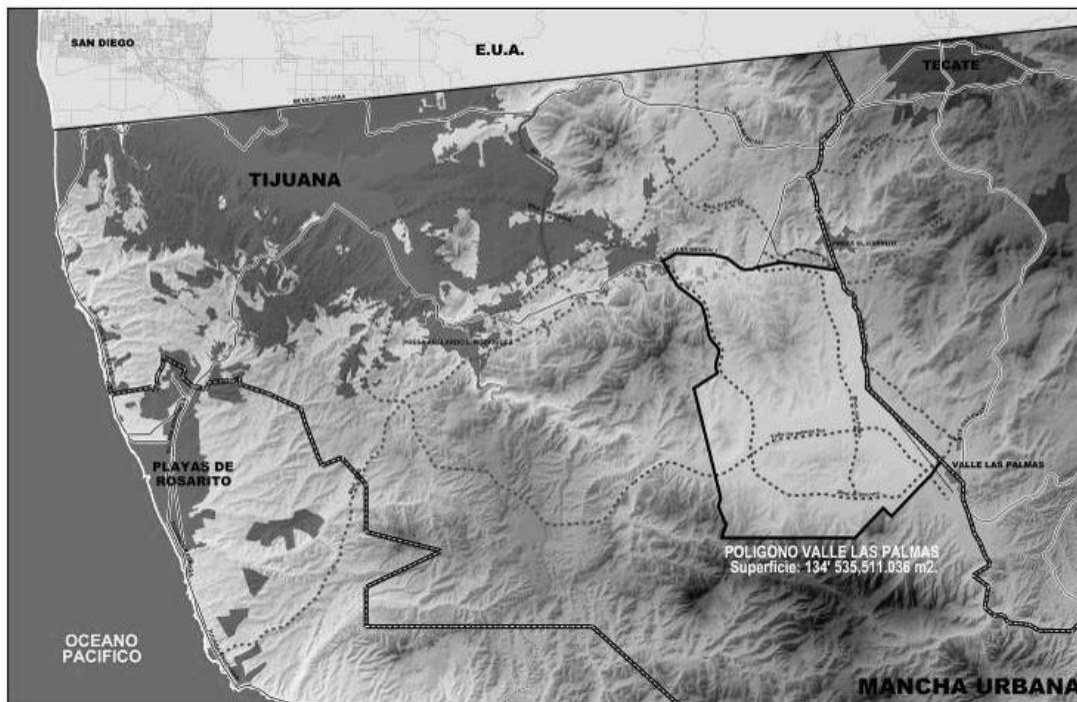
El camino que ha recorrido México a lo largo de estos años ha sido arduo y a la vez fructífero, sin embargo, se observa como existen un sin número de iniciativas por parte de las entidades gubernamentales y de la instancia privada, haciendo que la tarea se repita en vano. Este fue el

caso de la CONAVI y el INFONAVIT, entidades que antes trabajaban en el tema por separado pero que hoy gracias a la una buena sinergia y suma de esfuerzos han logrado desarrollar mecanismos en conjunto que les permiten ofertar herramientas reales para la construcción de los DUIS.

Aunque no se tocó a fondo el tema de basuras y de planeación urbana con respecto al uso de suelo, estos también son directrices que se consideran en los DUIS. Uno de los grandes problemas de vivienda y de desarrollo de las ciudades mexicanas, radica en una falta de planeación urbana, que ha conllevado a una centralización que implica grandes esfuerzos en materia de abastecimiento de agua, manejo de basuras, seguridad y transporte público.

Uno de los grandes proyectos que se está realizando en México en este tema, se llama Valle las Palmas, ubicado al sureste de Tijuana, a aproximadamente 20 min por el Boulevard San Pedro, como se observa en la figura 53.

Figura 53. Localización del Modelo de Ciudad Sustentable Valle las Palmas

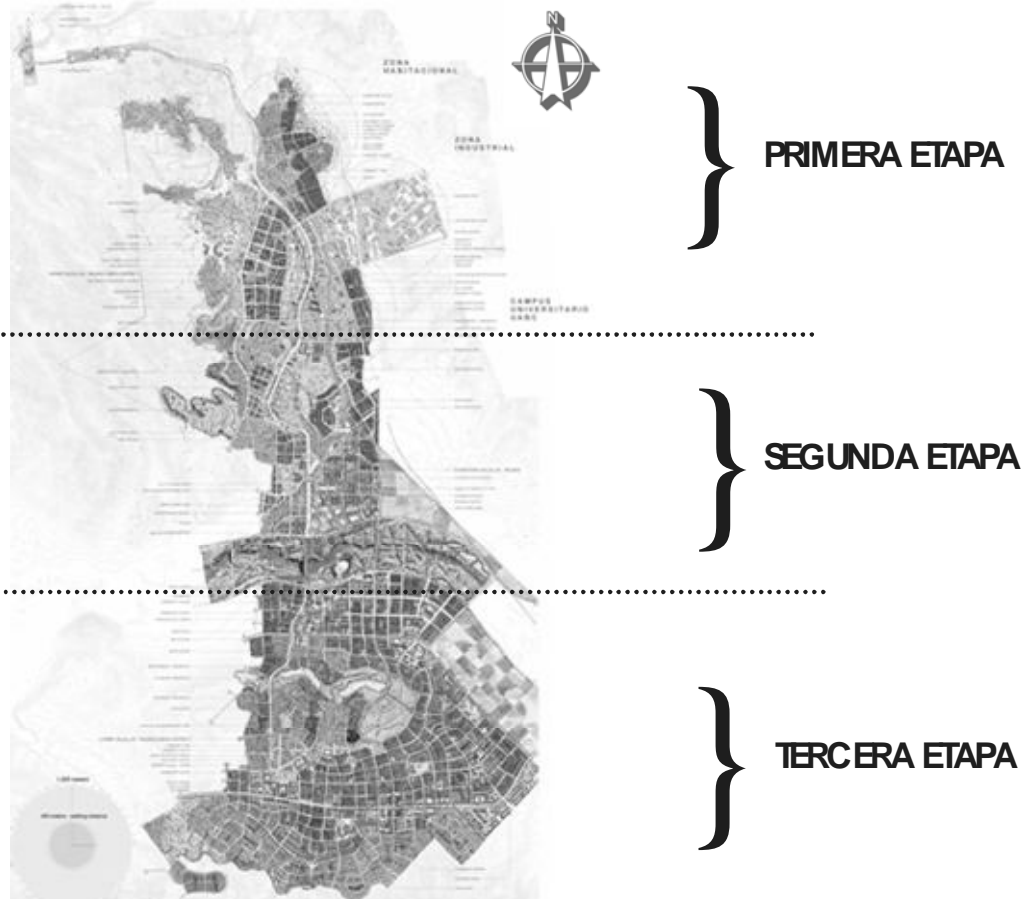


Fuente: Conferencia Valle las Palmas, Fernando Mayagoitia Witrón. PowerMex 2009.

En Tijuana más de la mitad de la mancha urbana tuvo orígenes en asentamientos irregulares, se espera que en los próximos 20 años su población se duplique, conllevando a un incremento

en la demanda de suelo urbano y vivienda, equivalentes a aproximadamente 22,000 ha. Con el propósito de solventar este futuro problema se está ejecutando el proyecto Valle las Palmas, el cual es un modelo de desarrollo de ciudad sustentable. Este proyecto contará con un área aproximada a 13,000 ha y se espera que en el 2030 su población sea cerca de 1'000.000 hab. Dentro de sus beneficios a la comunidad se contará con un sistema de seguridad inteligente con monitoreo a través de cámaras de vigilancia, además contará con la infraestructura necesaria para ser una ciudad totalmente independiente de Tijuana, es decir, escuelas, universidades, hospitales, zona industrial, etc. Para su ubicación se tuvieron en cuenta variables como la accesibilidad de la zona, aspectos legales, superficie, infraestructura, viabilidad económica, imagen urbana, entre otros. Este proyecto es el resultado del trabajo en conjunto del gobierno y sus diferentes entidades, y del sector privado referente a los constructores y consultores, especialmente URBI.

Figura 54. Plan Maestro en Valle las Palmas



Fuente: Conferencia Valle las Palmas, Fernando Mayagoitia Witrón. PowerMex 2009.

El desarrollo de este proyecto se llevará a cabo en 3 etapas. La primera inició en el 2007 y tiene como objetivo la construcción de una comunidad sustentable en 485 ha que incluye la integración vial regional, la construcción de 10,000 viviendas para familias con ingresos menores a los 4 salarios mínimos, una zona industrial que tendrá 200 ha con capacidad de generar 8,000 empleos directos y 5,000 en el sector comercial y de servicios, y 50 ha destinadas al que será el Campus Metropolitano Universitario de la UABC con capacidad para atender a 12,000 alumnos. En la figura 54, se pueden ver a grandes rasgos la división para las 3 etapas, la primera etapa corresponde a Valle San Pedro y es la zona más cercana a Tijuana. Para esta primera se realizaron estudios de movilidad urbana y se construyó el Boulevard San Pedro, que como se muestra en la figura 55, comunicará Valle Las Palmas con Tijuana y Tecate.

Figura 55. Proyecto de Vías de Acceso a Valle Las Palmas



Fuente: Conferencia Valle las Palmas, Fernando Mayagoitia Witrón. PowerMex 2009.

Este es un proyecto de gran envergadura para México y contará con envolventes térmicas, diseño bioclimático, plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas para reutilizar el agua tratada, abastecimiento de energía eléctrica con fuentes renovables, plantas para reciclaje de basuras, básicamente.

Sin menospreciar el esfuerzo en los proyectos ejecutados a la fecha en México y con el fin de establecer metas futuras, revisaremos el caso de la Ciudad de Estocolmo, en Suecia. En la época de los 70's Suecia tuvo grandes problemas ambientales, pero gracias a que se tomaron medidas políticas en materia ambiental hoy cuentan con un nivel avanzado en tecnología ambiental. Prueba de ello es la Ciudad de Estocolmo, que ha recibido la distinción "1er Capital Verde de Europa 2010 (1st European Green Checho por Estocolmo) reconocida por la Comisión Europea. Esto nos muestra que es posible cambiar el ambiente urbano y al mismo tiempo tener una economía próspera. En el centro de Estocolmo se encuentra "Hammarby Sjöstad" (La Ciudad a orillas del mar), esta ciudad sustentable se planificó desde los 90's y las primeras fases de construcción se finalizaron el año 2000. El área sigue en desarrollo y en 2018 habrá 11,000 departamentos, 25,000 residentes y 10,000 lugares de trabajo. En la figura 56 se puede ver una imagen de una parte del proyecto de la ciudad.

Figura 56. "Hammarby Sjöstad" (La Ciudad a orillas del mar), ubicado en el centro de Estocolmo



Fuente: Ciudades sustentables Symbiocity, Powermex 2009.



Este distrito es famoso mundialmente por su enfoque de planificación integrada, en el que cada aspecto se ha desarrollado teniendo en cuenta la totalidad. En “el Modelo Hammarby” cada aspecto de la ciudad está desarrollado considerando el total, es decir, tiene un enfoque holístico del desarrollo urbano sustentable. Una evaluación general indica que se han alcanzado los siguientes logros:

1. 40% menos de estrés medioambiental (en comparación con otra ciudad que no tiene el mismo nivel de planificación integrada)
2. 45% menos de ozono en el nivel del suelo
3. 40% menos de consumo de agua
4. 26% más alto de valor de la propiedad (en comparación con áreas vecinas equivalentes y a la misma distancia del centro de la ciudad)

La compañía SymbioCity es la autora de este proyecto, dando un enfoque de sinergia entre las múltiples actividades de una ciudad, haciendo que entre ellas interactúen logrando una reducción en consumos de energía y recursos naturales a un menor costo.

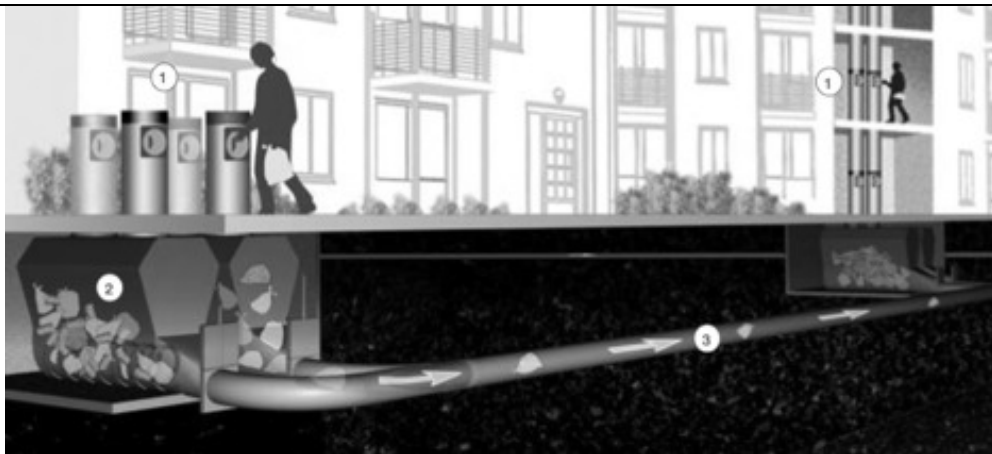
Uno de los más asombrosos logros se encuentra en el manejo de las aguas residuales, ya que de su tratamiento se puede obtener biogás para el transporte público. El biogás es gas producido por bacterias durante el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaeróbicas. La materia orgánica a tratar pueden ser residuos orgánicos del hogar, restaurantes, agua residual, biomasa como la de los residuos de la industria forestal, es decir, ramas, aserrín, corteza, etc.

En Hammarby, el biogás primordial se usa como combustible en vehículos de autobuses y carros pero también en aproximadamente 1,000 estufas de gas en el distrito. Teniendo en cuenta que el biogás es uno de los mejores combustibles para reducir las emisiones de dióxido de carbono fósil la perspectiva es muy alta. Para la producción de biogás en Suecia hay 20 fabricas de digestión de biogás, las cuales digestan 280,000 toneladas de basura por año. Además hay digestión en 139 plantas de tratamiento de agua sucia y colección de biogás de 70 rellenos sanitarios. Además, ya hay una infraestructura desarrollado para poder usar vehículos de biogás contando con 132 biogasolineras. Se estima que cerca de 17,000 vehículos están usando biogás como combustible, y su precio es 20-30% menor que el precio de la gasolina.

Adicionalmente, las plantas de tratamiento de agua no solo proporcionan agua de alta calidad sino que también pueden proporcionar calor y frío mediante intercambiadores de calor.

En materia de residuos sólidos, Suecia tenía un gran problema con el manejo sustentable de la basura en zonas urbanas, esto debido a que cuando en un país crece su PIB crea más consumo y este rápidamente llega a crear más basura, esto sumado con las necesidades de transporte y depósito crean una enorme carga ambiental. La empresa ENVAC ha desarrollado e implementado los sistemas automáticos de recogida de basura subterráneos. La figura 57, muestra un esquema del mecanismo de funcionamiento.

Figura 57. Esquema de funcionamiento de recolección de Basuras en Hammarby



Fuente: www.envac.fr octubre de 2010.

En este sistema, el usuario deposita la basura en el ducto correspondiente a orgánica o a inorgánica. Estos ductos o tuberías se encargan de enviar la basura a otros depósitos ubicados en la parte inferior subterránea del edificio o calle. Una vez el depósito este lleno, este mediante un indicador de peso acciona un sistema de succión, el cual arrastrará la basura a través de otra tubería hasta la planta o central en la que la basura dependiendo de si es reciclable o no se almacenará automáticamente en contenedores de color verde o azul respectivamente. De ahí, camiones de carga especialmente diseñados para llevar los contenedores, llevarán la basura a su destino final bien sea un relleno sanitario o una planta de reciclaje. Adicionalmente el sistema cuenta con un mecanismo para depurar el aire que se encuentra atrapado en las tuberías y en los depósitos, este funciona filtrando el aire y liberándolo al exterior de manera controlada.



En México el aspecto social juega un papel importante, ya que mientras un gran porcentaje de la población tiene necesidades básicas insatisfechas, las prioridades apuntan a otros aspectos, y la conciencia social y ecológica se deja a un lado. En algunos casos se podría decir que es absurdo hablar del tema de ahorro de agua, cuando ciertas poblaciones carecen de abastecimiento de este servicio básico y de igual manera en el caso de la energía eléctrica de la vivienda. El Gobierno tiene un gran papel por jugar en los próximos años al dictaminar leyes de estricta obligatoriedad para los desarrolladores de vivienda y cambiar estímulos como subsidios al agua o electricidad por más apoyo financiero para constructores y compradores de vivienda ecológica, ya que los subsidios no representan una solución de fondo para el problema de abastecimiento y medioambiente. Dar el salto para el desarrollo de viviendas ecológicas a DUIS y posteriormente a ciudades sustentables, probablemente tome muchos años para México pero los primeros pasos ya están dados y la importancia de notar que si existen las herramientas, que se sigan trabajando en su aplicación y adoptar políticas que las hagan de uso común ya está a la vista de entidades importantes como la CONAVI y el Infonavit.

Finalmente se puede concluir que los desarrollos urbanísticos ecológicos en México empiezan a ser una realidad y su mercado puede tener un gran impulso gracias a diferentes factores, pero vale la pena reconocer que existe aún un largo trecho que recorrer y si bien los estímulos financieros no son suficiente aliciente para los constructores, solo restará esperar la exigencia por parte de normatividades que apuntalen hacia un avance efectivo en esta materia.



BIBLIOGRAFÍA

Bancrofft, Rubén. Ecomateriales de construcción: una contribución a la salud y a la vivienda. OMS; OPS. Informe de la Segunda Reunión de la Red Interamericana de Centros de Salud en la Vivienda. La Habana, OMS, 1997.

Kibert, Charles J. Construction: the start of a sustainable materials strategy for the built environment. *Industry and environment*; Apr.-Sep. 2003.

Olarte Tristán, Jorge Luis de. Propuesta tecnológica con tierra para una vivienda sana. Centro de Estudios para la Edificación con Tierra y Desarrollo Sostenible – CEETyDES. Lima, CEPIS, 1999.

Viñas Veliz, Verónica. Proyecto integral "Casa ecológica". Primer Encuentro sobre Vivienda, Ambiente y Salud. Lima, CEPIS, 1999.

Martínez R., Patricia. Rol de la industria de la construcción en el desarrollo sustentable. *Revista ambiente y desarrollo*; p.19-25, 2003.

Roaf, Sue. *Ecohouse: a design guide*. Oxford, 2001.

Salas Espindola, Hermilo. Tesis: *Arquitectura y Cambio global: enfoque en el desarrollo sustentable*. UNAM 2001

Goodland, R, 1996. *Growth has reached its limit*. En: Mander, J. & E. Goldsmith (Eds). *The Case Against the Global Economy*. Sierra Club Books, San Francisco: 207-217.

T.G. Carpenter. *Environment, construction and sustainable development*. 2001



Tejada Téllez, Carlos Fernando. Centro de Investigaciones hidrológicas de Xochimilco- Tesis: Desarrollo de un complejo sustentable para la recuperación de un ecosistema. UNAM 2004

González Sánchez, Víctor Hugo. Tesis: Desarrollo de un sistema sustentable para el suministro de energía eléctrica en comunidades aisladas. UNAM 2003.

Jiménez Maya, Iván. Generación de energía eléctrica a través de sistemas Eolo-eléctricos. Una opción de desarrollo sustentable. UNAM 2005

Silva Madrid, Antonio. Proyecto en Ingeniería Civil- Desarrollo Sustentable. UNAM 2001.

Fuentes Castellanos, Carolina. Energía renovable para un desarrollo sostenible: El protocolo de Kyoto, experiencias internacionales y el caso de México. UNAM 2002.

Moreno Espinosa, Rafael. Alternativas para el tratamiento de aguas residuales y sus costos. 1983

Vega González, Rubén. Aplicación de biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico como mejoradores del suelo. 2003.

Elizondo Fócil, Adolfo. Tesis: Caracterización del concreto celular elaborado con espuma Preformada. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Febrero de 2006.

Agencia Alemana de Energía. Diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas. 2005.

Martínez Báez, Juan Carlos. Recolección y usos de aguas pluviales como factor de desarrollo sustentable.2002.



OTRAS FUENTES

Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y Salud ambiental, www.bvsde.paho.org. Junio de 2007.

Desarrollo Sostenible y sustentable. Fundación para el Desarrollo Sostenible, www.fundacionsustentable.org. Junio 2007.

Legislación Ambiental en América. Foro Interamericano de Derecho Ambiental. www.oas.org/dsd/fida/laws/database.htm. Junio de 2007.

El Desarrollo sostenible y la Vivienda. Comisión Nacional de Vivienda. www.cec.org/greenbuilding/symposium. México Marzo de 2007.

Artículo: Arquitectura sustentable, Por Sheyla Mosquera y María Inés Plaza. Fuente: Arq. Fredy Olmedo. www.eluniverso.com. Ecuador, junio 10 de 2007.

Green Buildings. Environmental Protection Agency of United States. www.epa.gov/greenbuilding, Junio de 2007.

Edificios Verdes. Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano, <http://espanol.hud.gov>. Mayo de 2007.

Primer Seminario de Vivienda Sustentable. El fomento de la vivienda sustentable: un nuevo desafío en la política ambiental. www.conafovi.gob.mx/premio/Seminario/Retos_ambientales/Julia_Martinez.pdf

Hechos y cifras sobre gestión del agua en zonas urbanas. UNESCO, www.unesco.org/water, mayo de 2007.



Kless, Delia y Coccato, Cecilia. Ciclo de Vida Sostenible de los materiales de Construcción, Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-034.pdf>. Mayo de 2007.

CONAFOVI, guía para Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda. Mayo, 2006.

CONAFOVI, guía para Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Septiembre, 2005.