

**Programa Universitario de Energía
Universidad Nacional Autónoma de México**

SEGUNDA OPERACION DE CALIDAD DEL AIRE PARA LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO

Uso Masivo de la Energía Solar en Sustitución de Combustibles Fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México

**Sectores Residencial, Hotelero, Hospitalario y de
Baños Públicos**

Resumen Ejecutivo

Agosto, 2000

Coordinador y Responsable:

Dr. Juan Quintanilla Martínez

Grupo de Trabajo:

Dr. Mariano Bauer E.
Ing. José Alberto Valdez P.
Arq. Eduardo José Preciat L.
Eco. Fernando Paz G.[†]
Ing. Guillermo Ortega R.
Lic. Narciso Sánchez H.
Ing. Eduardo Morones B.
Mtro. Eliseo Martínez E.
Ing. Oscar Martínez A.
Mat. Alma García G.
Ing. Armando Rojas M.



Informe Ejecutivo

Introducción

El control de la contaminación del aire constituye una de las principales preocupaciones para el Gobierno y la sociedad, de particular interés para las autoridades de la Zona Metropolitana del Valle de México, esto es, Gobierno del Distrito Federal y del Estado de México (ZMVM).

Varios son los sectores de la actividad humana en la ZMVM que contribuyen a la contaminación del aire. Es ampliamente reconocido que el principal contribuyente, a las emisiones de CO₂, CH₄, NO_x y CO, es el sector transporte, seguido por los sectores industrial, residencial y de generación de electricidad (Tabla 1).

El tema de la contaminación ambiental ha protagonizado la agenda metropolitana y revelado, gradualmente, su conectividad con los grandes procesos urbanos: el transporte, los servicios, la industria, la estructura urbana, la extensión de la ciudad, el patrón de usos del suelo y la organización espacial de las principales actividades de sus habitantes.

Para contender con esta problemática se diseñaron y aplicaron programas de contingencia, se establecieron restricciones a la circulación vehicular, se cambiaron algunos combustibles, otros se reformularon y mejoraron notablemente y otros se prohibieron en la ZMVM. Se transformó el sistema de transporte público automotor a minibuses y a taxis ecológicos (medida que ha revelado su profunda perversión ambiental), se cerró la refinería de Azcapotzalco y muchas empresas abandonaron el Valle de México. Se establecieron normas para autos nuevos y se hizo permanente el programa de normatividad e inspección vehicular (verificación). Por otra parte, las crisis económicas ayudaron a limitar el crecimiento en el consumo de combustibles.

Al parecer, a los resultados que empezaron a manifestarse con cierta claridad desde 1995, se sumó un ciclo favorable de condiciones meteorológicas de gran escala presentándose un menor número y severidad de inversiones térmicas. Otros factores han desplazado al tema de la calidad del aire en la ZMVM de la agenda de discusión pública, entre ellos una cierta complacencia, una memoria ciudadana volátil y el encantamiento de la alternancia en el poder.

Sin embargo, el problema de contaminación del aire está ahí, está latente y requiere de acciones reales para su solución o mitigación. Los niveles de contaminación de la ZMVM continúan en niveles inaceptables, éstos crecerán conforme se reanude el crecimiento económico y con ello el consumo de combustibles fósiles. No es permisible el debilitamiento y pausa observada en el diseño de políticas e instrumentos normativos y acciones que coadyuven a la reducción de las emisiones contaminantes en la ZMVM. Por el contrario, es necesario reforzar, con creatividad y responsabilidad, las acciones positivas, modificar o eliminar aquellas que han probado no ser adecuadas o benéficas e, incorporar, nuevas acciones que contribuyan de manera notable y a lo largo del tiempo a la mejora de la calidad del aire en la ZMVM.

En este último aspecto, el presente estudio analiza en detalle los efectos, las implicaciones y mecanismos de implementación de la sustitución masiva de combustibles fósiles para calentamiento de agua en el Sector Residencial y parte del Sector de Servicios (Hoteles, Hospitales y Baños Públicos) por medio del uso de la energía solar y una de sus tecnologías de aprovechamiento.

Central al estudio es la evaluación de los beneficios ambientales, en términos de reducción de emisiones de CO₂; el planteamiento de un Programa Piloto o Demostrativo y de un Programa de Gran Escala para la ZMVM.

Como se mencionó, el estudio se centra en el aprovechamiento de la energía solar para calentamiento de agua en los sectores Residencial y parte del de Servicios (hoteles, hospitales y baños públicos). Para cada uno de estos sectores y subsectores, después de un análisis detallado de la información disponible y reunida durante el proyecto, se desarrolló un estudio específico, un planteamiento de Programa Piloto y de Gran Escala.



Los estudios específicos para cada uno de los sectores y subsectores mencionados se adjuntan al presente informe. Cada uno de ellos se preparó de forma tal que sea autocontenido con el propósito de facilitar su estudio, análisis y evaluación.

Como se indicó, en todo momento, durante el diseño de los términos de referencia del estudio, la información necesaria para llevarlo a cabo era muy escasa, prácticamente inexistente y poco confiable. Por ello fue necesario hacer un esfuerzo importante, consumidor de tiempo y recursos escasos, para contar con información relevante y con cierto grado de confiabilidad. Los compromisos de confidencialidad de la información aportada fueron totales y contribuyeron, de manera decisiva para la realización del estudio.

Los resultados del estudio concluyen que las emisiones de los subsectores hotelero, hospitalario y de baños públicos son menores, pero no despreciables, comparadas con los de otros sectores, no así en el caso del sector residencial, cuyas emisiones de CO₂ son comparables a las del sector industrial, esto es representan el 62.2% de las asociadas con el sector industrial y el 22.2% de las asociadas con el sector transporte.

Los hoteles, hospitales y baños públicos constituyen tres de las más importantes categorías de servicios en términos de emisiones contaminantes al aire. Su importancia se debe a la gran cantidad de sistemas de combustión de combustibles fósiles que representan, a las bajas eficiencias de combustión de muchos de estos sistemas y las condiciones de mantenimiento de buen número de ellos. La modernización de estos sistemas o la reducción del consumo de combustibles fósiles mediante el aprovechamiento de los niveles de insolación en la ZMVM a través de sistemas solares para calentamiento de agua reduce las emisiones de estos establecimientos y contribuye al mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM.

En el caso del sector residencial la gran cantidad de calentadores a gas para agua caliente, su antigüedad, el crecimiento de la población y vivienda que se espera a futuro y, con ello, el crecimiento del número de calentadores a gas y del consumo de combustibles fósiles hace ver la necesidad y conveniencia de la modernización de los calentadores a gas o de la reducción del consumo de combustibles fósiles en la ZMVM a través del aprovechamiento de los niveles de insolación mediante sistemas solares para calentamiento de agua y, con ello, la reducción de una importante cantidad de emisiones.

De acuerdo con los términos de referencia se analizaron tres opciones: a) calentadores solares con respaldo convencional existente; b) calentadores solares con respaldo convencional nuevo y, c) calentadores solares sin respaldo convencional. A continuación se presentan, brevemente, los resultados principales del estudio para cada uno de los sectores, el Programa Piloto propuesto y el Mercado potencial y factible. Para mayor detalle se remite al lector a cada uno de los informes específicos anexos.

1. Sector Residencial

Como se planteó en la propuesta del estudio, este sector presenta el potencial más grande para la medida propuesta. Esto es consecuencia del gran número de sistemas de calentamiento de agua que existen y se prevé existirán en el futuro. Ello conlleva a crecientes consumos de combustibles fósiles, principalmente gas licuado y gas natural en menor medida, en el sector vivienda de la ZMVM.

Se distinguieron tres grandes categorías de viviendas: 1) casas habitación individuales, en condominio y conjunto habitacional horizontales; 2) condominios verticales y 3) conjunto habitacionales verticales. Para cada una de estas categorías de vivienda se consideraron tres niveles de estrato socioeconómico (alto, medio y popular) excepto en el caso de conjuntos habitacionales, en donde, solo se consideraron los estratos popular y medio.

Los resultados muestran consumos entre 30 y 45 litros de agua caliente a 50 °C por persona para el estrato popular, entre 50 y 65 litros para el estrato medio y de 60 a 80 litros para el estrato alto. Ello conduce al requerimiento de 1 a 2 colectores solares para el estrato popular, de 2 para el estrato medio y de 3 para estrato alto.



1.1. Análisis de las opciones en el sector residencial

De los resultados y el análisis de las tres opciones planteadas se concluye que la correspondiente a colectores solares con respaldo convencional existente es la más adecuada en términos de los costos de inversión, Beneficio/Costo, tiempo de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno y costo de la tonelada evitada de CO₂. Se distinguen dos casos bajo esta opción: con financiamiento y sin financiamiento. Definitivamente, la opción sin financiamiento es la mejor, sin embargo implica la compra del sistema solar de contado, lo cual representa una dificultad seria para gran parte de la población, en especial para la de escasos recursos. A continuación comentamos las variables más importantes de esta opción bajo sus dos vertientes, esto es, con y sin financiamiento.

a) Opción con financiamiento

En este caso, el número de toneladas anuales evitadas por casa habitación (individual, en condominio horizontal o en conjunto habitacional horizontal) depende del estrato y del consumo por estrato y se ubica entre 1.77 y 2.65 toneladas en el Distrito Federal. El costo promedio de la tonelada evitada es de 65.80 dólares por tonelada. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 4.9 y 6.1 años y la tasa interna de retorno entre 21.9 y 26.4%.

Estos valores son sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de las casas habitación (individual, en condominio o conjunto habitacional horizontal) que consumen gas licuado, que el costo promedio de la tonelada evitada se reduciría a 55.66 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 30.7% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4.3 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo promedio de la tonelada evitada se reduce a 43.64 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 39.5% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.4 años.

Para el caso de condominios y conjuntos habitacionales verticales en el Distrito Federal, esta opción arroja los mismos valores de toneladas evitadas por vivienda que en el caso anterior, pero el costo de la tonelada evitada alcanza el valor promedio de 69.84 dólares debido a los costos de instalación en los edificios. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 5.8 y 6.7 años y la tasa interna de retorno entre 19 y 23.2%.

La sensibilidad de estos valores ante reducción en el precio de los sistemas solares (colectores y termotanque) muestra lo siguiente: para una reducción del 20% en el precio del sistema solar en condominios y conjuntos habitacionales verticales que consumen gas licuado, la tonelada evitada se reduciría a 62.08 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 27.3% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4.9 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 48.68 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 35.4% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.8 años.

En el caso de las casas habitación individuales, condominios y conjuntos habitacionales, tanto horizontales como verticales, que consumen gas natural presentan variables económicas poco atractivas para la instalación de colectores solares para calentamiento de agua y, con ello sustituir parte del combustible. La razón principal de esta conclusión se ubica en el bajo precio actual del gas natural. En consecuencia, por el momento, no se recomendaría la aplicación de la medida en las viviendas que consumen este combustible. Habrá que esperar a precios más altos del gas natural (lo cual parece estar ocurriendo ya que en meses recientes su precio se ha incrementado en forma importante). Por otra parte, la posible reducción en el costo de inversión de los colectores solares coadyuvaría a este propósito.

Para la Ciudad de Toluca, la misma opción que en el Distrito Federal resulta la más rentable, excepto que debido a sus condiciones climatológicas se requieren más colectores solares por estrato socioeconómico (2 en el estrato popular, 3 en el medio y 4 en el alto). Las toneladas evitadas por casa habitación se ubican entre 1.73 y 3.46 toneladas. El costo promedio de la tonelada evitada es de 66.91 dólares. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 5.1 y 6.2 años y la tasa interna de retorno entre 21.3 y 25.8%.



Estos valores son sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de las casas habitación (individual, en condominio o conjunto habitacional horizontal) que consumen gas licuado, que el costo promedio de la tonelada evitada se reduciría a 56.86 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 30% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4.4 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo promedio de la tonelada evitada se reduce a 44.58 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 38.7% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.5 años.

Para condominios y conjuntos habitacionales verticales en la Ciudad de Toluca también se incrementa el número de colectores solares necesarios (2 para el estrato popular, 3 para el medio y 4 para el alto), las toneladas evitadas por vivienda arrojan los mismos valores que en casa habitación individuales y el costo de la tonelada evitada alcanza el valor promedio de 74.77 dólares por tonelada. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 5.9 y 6.8 años y la tasa interna de retorno entre 18.4 y 22.7%.

La sensibilidad de estos valores ante reducción en el precio de los sistemas solares (colectores y termotanque) muestra lo siguiente: para una reducción del 20% en el precio del sistema solar en condominios y conjuntos habitacionales verticales que consumen gas licuado, la tonelada evitada se reduciría a 63.42 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 26.7% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4.9 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 49.73 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 34.7% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.9 años.

Los resultados anteriores corresponden a viviendas en las que se consume gas licuado. Los resultados para viviendas que consumen gas natural son, por el momento, poco atractivos debido al precio del gas natural. Sin embargo, el gas natural ha venido incrementando su precio en forma importante en los últimos meses y, de continuar así, en un futuro más o menos próximo podría hacerse atractiva la instalación de colectores solares en estas viviendas.

Las opciones de colectores solares con respaldo convencional nuevo y colectores solares sin respaldo convencional muestran lo siguiente: La primera, colectores solares con respaldo convencional nuevo, arroja un valor de toneladas evitadas ligeramente mayor que con respaldo convencional existente, pero un costo de la tonelada evitada y tiempo de recuperación mayores que la opción previa y una menor tasa interna de retorno. Esto es consecuencia del mayor costo de inversión al incorporar un calentador a gas nuevo y su costo de instalación. En la segunda de estas dos opciones se eliminan, en principio, todas las emisiones, sin embargo el número de colectores solares requeridos se incrementa y, con ello el costo de la inversión, haciendo que el costo de la tonelada evitada aumente, al igual que el tiempo de recuperación de la inversión y la tasa de retorno es menor. Para mayores detalles sobre estas opciones se refiere al lector al informe completo para el sector residencial.

b) Opción sin financiamiento

Bajo esta opción de financiamiento, el número de toneladas anuales evitadas por casa habitación (individual, en condominio horizontal o en conjunto habitacional horizontal) depende del estrato y del consumo por estrato y se ubica entre 1.77 y 2.65 toneladas en el Distrito Federal, esto es, es el mismo que en el caso con financiamiento. El costo promedio de la tonelada evitada es menor, 53.59 dólares por tonelada. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 4.0 y 4.6 años y la tasa interna de retorno entre 22.5 y 27%.

Estos valores son sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de las casas habitación (individual, en condominio o conjunto habitacional horizontal) que consumen gas licuado, que el costo promedio de la tonelada evitada se reduciría a 45.33 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 31.3% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 3.5 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo promedio de la tonelada evitada se reduce a 35.54 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 40% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.8 años.



Para el caso de condominios y conjuntos habitacionales verticales en el Distrito Federal, esta opción arroja los mismos valores de toneladas evitadas por vivienda que en el caso anterior, pero el costo de la tonelada evitada alcanza el valor promedio de 59.60 dólares debido a los costos de instalación en los edificios. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 4.5 y 5.6 años y la tasa interna de retorno entre 19.6 y 23.8%.

La sensibilidad de estos valores ante reducción en el precio de los sistemas solares (colectores y termotanque) muestra lo siguiente: para una reducción del 20% en el precio del sistema solar en condominios y conjuntos habitacionales verticales que consumen gas licuado, la tonelada evitada se reduciría a 50.56 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 27.9% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 3.9 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 39.64 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 35.9% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.1 años.

Para la Ciudad de Toluca, la misma opción que en el Distrito Federal resulta la más rentable, excepto que debido a sus condiciones climatológicas se requieren más colectores solares por estrato (2 en el estrato popular, 3 en el medio y 4 en el alto). Las toneladas evitadas por casa habitación se ubican entre 1.73 y 3.46 toneladas. Los mismos que en el caso de financiamiento. El costo promedio de la tonelada evitada es de 54.49 dólares. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 4.1 y 4.7 años y la tasa interna de retorno entre 21.9 y 26.3%.

Estos valores son sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de las casas habitación (individual, en condominio o conjunto habitacional horizontal) que consumen gas licuado, que el costo promedio de la tonelada evitada se reduciría a 46.31 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 30.6% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 3.6 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo promedio de la tonelada evitada se reduce a 36.31 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 39.2% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.9 años.

Para condominios y conjuntos habitacionales verticales en la Ciudad de Toluca también se incrementa el número de colectores solares necesarios (2 para el estrato popular, 3 para el medio y 4 para el alto), las toneladas evitadas por vivienda arrojan los mismos valores que en casa habitación individuales y el costo de la tonelada evitada alcanza el valor promedio de 60.89 dólares por tonelada. El tiempo de recuperación de la inversión se ubica entre 4.5 y 5.6 años y la tasa interna de retorno entre 19.1 y 23.3%.

La sensibilidad de estos valores ante reducción en el precio de los sistemas solares (colectores y termotanque) muestra lo siguiente: para una reducción del 20% en el precio del sistema solar en condominios y conjuntos habitacionales verticales que consumen gas licuado, la tonelada evitada se reduciría a 51.65 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 27.2% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 40.50 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 35.2% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.2 años.

Los resultados anteriores corresponden a viviendas en las que se consume gas licuado. Los resultados para viviendas que consumen gas natural son, por el momento, poco atractivos debido al precio del gas natural. Sin embargo, el gas natural ha venido incrementando su precio en forma importante en los últimos meses y, de continuar así, en un futuro más o menos próximo podría hacerse atractiva la instalación de colectores solares en estas viviendas.

Las opciones de colectores solares con respaldo convencional nuevo y colectores solares sin respaldo convencional muestran lo siguiente: La primera, colectores solares con respaldo convencional nuevo, arroja un valor de toneladas evitadas ligeramente mayor que con respaldo convencional existente, pero un costo de la tonelada evitada y tiempo de recuperación mayores que la opción previa y una menor tasa interna de retorno. Esto es consecuencia del mayor costo de inversión al incorporar un calentador a gas nuevo y su costo de instalación. En la segunda de estas dos opciones se eliminan, en principio, todas las emisiones, sin embargo el número de colectores solares requeridos se



incrementa y, con ello el costo de la inversión, haciendo que el costo de la tonelada evitada aumente, al igual que el tiempo de recuperación de la inversión y la tasa de retorno es menor. Para mayores detalles sobre estas opciones se refiere al lector al informe completo para el sector residencial.

1.2. Proyecto piloto en el sector residencial

Para el Proyecto Piloto o Demostrativo se consideró conveniente incorporar en él a los diversos estratos socioeconómicos, consumos de agua caliente por usuario y tipo de combustible que emplean. Para los consumos de agua caliente se consideró el límite superior para cada estrato socioeconómico de acuerdo lo mostrado en las Figuras 1 y 2.

Las Tablas 2 a 5 muestran los valores para los diferentes parámetros en la ZMVM, esto es, el número de colectores solares propuestos, el área calculada, su costo unitario, el número de viviendas de cada tipo que se proponen, el costo total para el número de viviendas propuesto, el ahorro anual de gas licuado en TJ, las emisiones anuales evitadas por vivienda, las emisiones evitadas a lo largo de la vida media de los colectores solares y el costo de la tonelada evitada de CO₂. Estos datos no toman en cuenta la posible reducción en el costo de los colectores solares, esto es, las cifras corresponden a los datos de precios actuales.

De acuerdo con las conclusiones mencionadas en la sección 1.1, sólo se presentan los resultados para las opciones CCS₁ y CCS₂, esto es con colectores solares, con y sin financiamiento y con sistema convencional existente, respectivamente. Asimismo, se consideró conveniente incorporar un número suficiente de casas habitación individuales que abarcasen los diferentes estratos y permitiesen corroborar, mediante su seguimiento, monitoreo y evaluación, lo encontrado en algunos rubros a través de la encuesta y los elementos encontrados a través de las encuestas llevadas a cabo por INFONAVIT y el IIE en las experiencias pasadas.

Para el caso de los edificios se decidió plantear un número reducido de ellos, sin embargo suficiente, para que los resultados del proyecto piloto permitiesen normar criterios en estos casos.

Es conveniente mencionar que se llevaron a cabo una serie de reuniones de trabajo con Directivos de INFONAVIT y de las empresas desarrolladoras de vivienda de interés social para tratar de establecer su participación en el proyecto piloto y, de la evaluación de los resultados de éste, la posibilidad de participación en el programa de gran escala. El resultado de estas reuniones condujo a acuerdos de principio, consistentes en lo siguiente:

1. INFONAVIT se interesa la posible incorporación de colectores solares en un cierto número de viviendas nuevas, para lo cual solicitó a cuatro empresas desarrolladoras, que definieran los desarrollos en los que se podrían incorporar los colectores solares en un proyecto demostrativo. Para ello, solicitó a los desarrolladores que le presentaran los impactos en costos que representaría la incorporación de los colectores solares a las nuevas viviendas. Para el análisis de estos impactos se acordó la conveniencia de que fuese llevado a cabo en conjunto con el fabricante de sistemas solares que ellos seleccionasen.
2. Con los resultados que presenten los desarrolladores, INFONAVIT analizará las posibilidades de financiar la incorporación de los colectores solares vía recursos propios e incorporación de su costo en el financiamiento de la vivienda a pagar por el derechohabiente o, en su defecto recurrir a otra fuente de financiamiento para la incorporación de los sistemas solares a las casas habitación que genera esta institución. En caso de que INFONAVIT no pueda financiar la incorporación del sistema solar, se planteó la posibilidad de que el derechohabiente reciba dos créditos, uno por la casa habitación y otro por el sistema solar. Para el primer crédito se seguirían las reglas del INFONAVIT y para el segundo, mediante el convenio de vivienda que existe entre el INFONAVIT y BANOBRAS.
3. Como parte de las actividades que se requieren para los propósitos mencionados se solicitó a la Universidad y otras entidades su participación para garantizar la calidad de los equipos, su instalación y evaluación.



Como es de suponerse, la realización de estos y otros aspectos requieren de tiempo y al momento de cerrar el presente informe final no se cuenta, todavía, con los resultados de las acciones acordadas. Sin embargo, existen razones de peso para considerar que se podría contar con la participación de INFONAVIT. De cualquier manera, por el momento, el proyecto piloto que planteamos no presupone la participación de esta institución.

Para la gestión del proyecto piloto planteado será necesario adicionar un porcentaje para la administración, monitoreo, evaluación y certificación. Para ambas opciones se estimó en 20% para este rubro. En consecuencia, el costo total del proyecto demostrativo en el sector residencial, según la opción que se elija, sería el siguiente:

Proyecto Piloto: Sector Residencial

Distrito Federal y Ciudad de Toluca

Opción	Localidad	Costo	Costo de la tonelada de CO ₂ evitada
		USD	USD/ton
CCS ₁	Distrito Federal	907 598.00	67.82
	Estado de México	981 301.00	70.84
		1 888 899.00	
CCS ₂	Distrito Federal	631 410.00	56.59
	Estado de México	666 000.00	57.69
		1 297 410.00	

1.3. Programa de Gran Escala en el Sector Residencial

De acuerdo con los resultados discutidos en la sección 8.3 del informe y presentados en las Tabla 6, el Programa de Gran Escala se abocaría a cubrir, en su totalidad el sector residencial mediante la instalación de la superficie de colectores solares asociada al mercado factible.

Se recomienda que el mecanismo de administración sea el del Fideicomiso que se instituyó en el Proyecto Piloto, desde luego, con una previa revisión y adecuación de su funcionamiento a la luz de las experiencias adquiridas en la operación del mismo durante el Proyecto Piloto. En todo momento se buscará que la infraestructura de personal y equipo sea la mínima necesaria para su adecuado funcionamiento, mantenido de esta manera bajos costos de operación. Se estima que la duración del Proyecto Piloto se extienda por una lapso de 10 o 20 años.

Como se puede observar en la primera parte de la Tabla 6, si selecciona realizarlo a lo largo de 10 años se cubriría con la totalidad de viviendas existentes y nuevas (las que se adicionan durante esos 10 años) que cumplen con las condiciones mencionadas en la sección 8.3. Esto implicaría instalar 115 200 m² por año para el límite inferior de los consumos de agua caliente de los diferentes estratos socioeconómicos ó 185 700 m² por año para el límite superior de los consumos respectivos de los estratos socioeconómicos.

En el primer caso, la capacidad actual de producción de colectores solares (75 000 m²) se tendría que incrementar en 54% y en el segundo caso en 148%. Esta posibilidad deja fuera del programa de gran escala a las viviendas nuevas que se generen del 2011 al 2020 (parte intermedia de la Tabla 6 y que corresponderían a un total de 149 200 m² para el límite inferior y de 236 320 m² para el superior).

Por el contrario, si se selecciona un programa a 20 años, la parte inferior de la Tabla 6 muestra que se requeriría instalar 65 065 m² por año para el límite inferior de los consumos ó 104 673 m² por año para el límite superior de los consumos por estrato socioeconómico. A diferencia de un programa a 10 años, en este caso la capacidad total actual de producción sería suficiente para satisfacer el límite inferior de los consumos o tendría que ser incrementada en 40% para satisfacer el límite superior de los consumos por estrato socioeconómico.



El Programa de Gran Escala a un plazo de 10 años tiene la ventaja de mostrar los efectos del mismo más rápidamente y en magnitud, presenta la posibilidad de que al término del mismo se tenga una importante capacidad de producción ociosa (dependiendo de si se elige satisfacer el límite inferior o el superior), sin embargo es de suponerse que el conocimiento de los efectos ambientales de la medida para la ZMVM se extienda a otras ciudades del país, con lo que la posibilidad de capacidad ociosa se reduce de manera importante. Adicionalmente, se esperaría que la posible capacidad ociosa se vea reducida por efecto de la aplicación de la medida a las viviendas que por ahora no son adecuadas para ello y, que en el futuro podrán serlo conforme se tenga una mayor saturación de calentadores a gas y cumplan con los requisitos estructurales necesarios.

En cambio, el Programa de Gran Escala a un plazo de 20 años presenta sus efectos menos rápidamente y en menor magnitud, aunque la cantidad total de emisiones reducidas sea la misma, presenta la posibilidad de que al término del mismo se tenga una mucho menor capacidad de producción ociosa, pero también comparte la suposición de que el conocimiento de los efectos ambientales de la medida para la ZMVM se extienda a otras ciudades del país, con lo que la posibilidad de capacidad ociosa se reduce de manera importante e, incluso, mucho menor que en el caso de un programa a 10 años.

2. Hoteles

Esta área del sector servicios, al igual que las de hospitales y baños públicos, presentaron el problema de que no existía información relevante para el presente estudio. Como se mencionó en la introducción, mediante acuerdos y compromisos de confidencialidad de la información se logró la aportación de parte de un buen número de hoteles de los elementos necesarios para realizar el estudio. A continuación presentamos los resultados más relevantes, remitiendo al lector al informe para mayor detalle.

Para el estudio se contó, mediante los acuerdos y compromisos de confidencialidad mencionados, con la información de 89 hoteles. La información aportada fue de diverso detalle y profundidad con relación a las necesidades para la realización del estudio. Del total de hoteles considerados, 87 consumen diesel o gas licuado, los dos restantes emplean sistemas eléctricos para satisfacer sus necesidades de calentamiento de agua. Para los que consumen diesel o gas licuado se logró información suficiente en 16 hoteles, 10 que consumen gas licuado y 6 diesel. Es importante mencionar que los que consumen diesel corresponden a los grandes hoteles y presentan los más altos consumos de agua caliente por huésped. Adicionalmente, se ubicaron 610 hoteles (44 459 habitaciones) en el Distrito Federal, de los cuales 184 corresponden a la categoría de una estrella (7 505 habitaciones); 156 a dos estrellas (8 155 habitaciones); 135 a tres estrellas (9 982 habitaciones); 73 a cuatro estrellas (7 672 habitaciones); 28 a cinco estrellas (6 586 habitaciones); 9 a la categoría de Gran Turismo (3 908 habitaciones) y 25 sin clasificación (651 habitaciones).

La muestra que aportó información más completa y, por ello, constituyó la base para el estudio cubrió de manera más o menos uniforme todas las categorías de hoteles. Esto permitió estimar el potencial de colectores solares para el conjunto completo de hoteles en el Distrito Federal. Todos estos aspectos están cubiertos en detalle en el informe completo.

2.1. Análisis de las opciones en el sector hotelero

De la misma manera que el caso del sector residencial, se analizaron las siguientes opciones: a) colectores solares con respaldo de caldera existente; b) colectores solares con respaldo de caldera nueva y, c) colectores solares sin respaldo de caldera.

Los resultados y el análisis conducen a concluir que la primera opción, colectores solares con respaldo de caldera existente, es la más atractiva en términos de los costos de inversión, Beneficio/Costo, tiempo de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno y costo de la tonelada evitada de CO₂. De la misma manera, se distinguen dos casos bajo esta opción: con financiamiento y sin financiamiento. Definitivamente, la opción sin financiamiento es la mejor, sin embargo implica la compra del sistema solar de contado, lo cual podría representar una dificultad importante para



su implantación, ya que requiere de la adquisición de los sistemas solares de contado. A continuación comentamos las variables más importantes de esta opción bajo sus dos vertientes, esto es, con y sin financiamiento.

Con base en la información recopilada, la mezcla energética, los consumos promedio de agua caliente por huésped, número de habitaciones y porcentaje de promedio de ocupación por categoría en el sector se estimó que el total de emisiones que se podrían evitar mediante el uso de sistemas solares sería de 34 120 a 42 695 toneladas anuales. Estas cifras deben considerarse como indicativas de las posibilidades de reducción de emisiones en el sector hotelero de la Ciudad de México, toda vez que se basan en valores promedio de las variables mencionadas.

a) Opción con financiamiento

En este caso la cantidad de toneladas evitadas anuales corresponde al 84 a 88% de las emisiones totales por consumo de combustibles fósiles para calentamiento de agua en los diferentes hoteles. La cantidad de toneladas evitadas depende de la categoría del hotel, de la integración de sus servicios, del número de huéspedes y del combustible que consumen.

Para los hoteles que consumen gas licuado, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 70.59 dólares, la tasa interna de retorno entre 22 y 25.7% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 5.2 y 6 años. En cambio, para los que consumen diesel, estos parámetros tomarían los valores siguientes: 57.26 dólares para la tonelada evitada: entre 26.1 y 29.3% la tasa interna de retorno y entre 4.5 y 5 años el tiempo esperado de recuperación de la inversión.

Claramente, estos valores serán fuertemente sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de los hoteles que consumen gas licuado, que la tonelada evitada se reduciría a 56.84 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 30% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4.4 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 43.08 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 39.8% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.4 años.

En cuanto a los hoteles que consumen diesel, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 46.1 dólares, la tasa interna de retorno sería de 35.4 y el tiempo de recuperación de la inversión de 3.8 años. Para una reducción del 40% en el precio se tendría: costo de la tonelada evitada de 34.9 dólares, tasa interna de retorno de 46.5% y tiempo esperado de recuperación de la inversión de 2.9 años.

b) Opción sin financiamiento

De la misma manera que en el caso con financiamiento, en este caso la cantidad de toneladas evitadas anuales corresponde al 84 a 88% de las emisiones totales por consumo de combustibles fósiles para calentamiento de agua en los diferentes hoteles. La cantidad de toneladas evitadas depende de la categoría del hotel, de la integración de sus servicios, del número de huéspedes y del combustible que consumen.

Para los hoteles que consumen gas licuado, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 57.50 dólares, la tasa interna de retorno entre 22.7 y 26% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 4.2 y 4.6 años. En cambio, para los que consumen diesel, estos parámetros tomarían los valores siguientes: 46.63 dólares para la tonelada evitada, entre 26.7 y 29.9% la tasa interna de retorno y entre 3.7 y 4.0 años el tiempo esperado de recuperación de la inversión.

Asimismo, estos valores serán fuertemente sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de los hoteles que consumen gas licuado, que la tonelada evitada se reduciría a 46.29 dólares, la tasa interna de



retorno se incrementaría a 30.5% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 3.6 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 35.1 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 40.3% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.8 años.

En cuanto a los hoteles que consumen diesel, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 37.53 dólares, la tasa interna de retorno sería de 35.9 y el tiempo de recuperación de la inversión de 3.1 años. Para una reducción del 40% en el precio se tendría: costo de la tonelada evitada de 28.43 dólares, tasa interna de retorno de 47% y tiempo esperado de recuperación de la inversión de 2.4 años.

2.2. Proyecto piloto en el sector hotelero

Para el Proyecto Piloto o Demostrativo se consideró conveniente incorporar en él a tres hoteles (uno por cada una de las categorías que se discutieron), atendiendo a su número de usuarios, consumos de agua caliente por usuario, tipo de combustible que emplean y área disponible para la instalación solar. Los valores para estos parámetros se muestran en la Tabla 7.

Asimismo, se muestran los consumos de combustibles fósiles en las condiciones actuales, con la aplicación de colectores solares y los ahorros correspondientes. Por otra parte se muestran las emisiones en las condiciones actuales, las emisiones con la aplicación de colectores solares y las emisiones evitadas. Finalmente, se muestran los valores para el Beneficio/Costo, la Tasa Interna de Retorno, el Tiempo Estimado de Recuperación de la Inversión y el costo promedio de la tonelada de CO₂ evitada.

De acuerdo con las conclusiones de la sección 2.1, sólo se presentan los resultados para las opciones A₁ y A₂, esto es, colectores solares, con y sin financiamiento y con sistema convencional existente.

Para la gestión del proyecto piloto planteado será necesario adicionar un porcentaje para la administración, monitoreo, evaluación y certificación. Para ambas opciones se estimó en 20% para este rubro. En consecuencia, el costo total del proyecto demostrativo en hoteles, según la opción que se elija, sería el siguiente:

Proyecto Piloto: Sector Hotelero

Opción	Costo USD	Costo de la tonelada de CO ₂ evitada USD/ton
A ₁	2 207 713	71.45
A ₂	1 798 023	58.19

2.3. Programa de Gran Escala

De acuerdo con los resultados discutidos en la sección 8 y presentados en la Tabla 8, el Programa de Gran Escala se abocaría a cubrir, en su totalidad el sector de hoteles mediante la instalación de la superficie de colectores solares asociada al mercado factible, esto es, 15 804 m² y, de ser posible, incorporar a éste al resto de hoteles.

De incorporarse a los hoteles que no contestaron o que aportaron información incompleta, el mercado potencial y factible se verían ampliamente incrementados. De acuerdo con los datos de consumos por categoría de hotel, número de cuartos y porcentaje de ocupación promedio el análisis nos indica que el incremento podría ubicarse entre 4.2 a 5.3 veces el mercado factible reportado en la Tabla 8, esto sin tomar en cuenta el aumento que pueda presentarse en el parque hotelero existente.



Se recomienda que el mecanismo de administración sea el del Fideicomiso que se instituyó en el Proyecto Piloto, desde luego, con una previa revisión y adecuación de su funcionamiento a la luz de las experiencias adquiridas en la operación del mismo durante el Proyecto Piloto. En todo momento se buscará que la infraestructura de personal y equipo sea la mínima necesaria para su adecuado funcionamiento, mantenido de esta manera bajos costos de operación. Se estima que la duración del Programa de Gran Escala se extienda por un lapso de 5 a 7 años. Los tres o cuatro primeros años a plena capacidad y los restantes tres a una capacidad que le permita llevar a buen fin las actividades de seguimiento, monitoreo, evaluación y certificación, así como el informe final del programa en hoteles.

3. Hospitales

El INEGI aporta datos sobre el sector salud en términos de lo que denomina unidades médicas en servicio en la ZMVM, indicando que se cuenta con 1 702 de estas unidades médicas. Las unidades de servicio se clasifican por niveles (primero, segundo y tercer niveles).

Para satisfacer los objetivos del estudio se intentó establecer contacto con el mayor número de establecimientos, sin embargo hubo la necesidad de seleccionar debido a su diversidad y disposición a apoyar el estudio proporcionando información. De hecho, la inmensa mayoría de los hospitales del sector privado no contaba con información referente a sus consumos de combustibles, consumos de agua y vapor, haciendo, prácticamente imposible tomarlos en cuenta. Se seleccionaron 180 hospitales de diferentes tipos, se procuró incluir en la muestra una cantidad representativa de cada nivel de complejidad. De esta muestra se recibió información, con muy diverso grado de detalle y profundidad, de 85 hospitales y, de éstos, sólo 22 proporcionaron información, lo suficientemente completa, para permitir un análisis detallado. Por estas razones, el análisis que presentamos se limita a este último conjunto de hospitales.

De la misma manera que en el caso de los hoteles y baños públicos, la información proporcionada está sujeta a acuerdos y compromisos de confidencialidad. De otra manera habría sido, prácticamente, imposible contar con información debido a la desconfianza que existe en las instituciones y establecimientos públicos y privados. Según los comentarios recibidos la desconfianza radica en el mal uso que han dado autoridades y otros actores a la información proporcionada.

De acuerdo con la información recabada, de los 85 hospitales que aportaron datos 64 consumen diesel, seis gas licuado y dos gas natural. Los volúmenes de estos combustibles se distribuyen en 12 654 468 litros anuales de diesel, 13 440 litros anuales de gas licuado y 1 307 339 litros de gas natural. Salvo las cifras de los 22 establecimientos que aportaron información en detalle, el resto deberá ser tomado con mucho cuidado ya que su grado de confiabilidad es muy bajo.

3.1. Análisis de las opciones en el sector hospitalario

De la misma manera que el caso del sector hotelero y residencial, se analizaron las siguientes opciones: a) colectores solares con respaldo de caldera existente; b) colectores solares con respaldo de caldera nueva y, c) colectores solares sin respaldo de caldera.

En consonancia con los sectores previos, los resultados y el análisis conducen a concluir que la primera opción, colectores solares con respaldo de caldera existente, es la más atractiva en términos de los costos de inversión, Beneficio/Costo, tiempo de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno y costo de la tonelada evitada de CO₂. Asimismo, se distinguen dos casos bajo esta opción: con financiamiento y sin financiamiento. Definitivamente, la opción sin financiamiento es la mejor, sin embargo implica la compra del sistema solar de contado, lo cual podría representar una dificultad importante para su implantación, ya que requiere de la adquisición de los sistemas solares de contado y, de acuerdo con los comentarios de los directivos de hospitales las prioridades de inversión se ubican en otras áreas más que en la asociada con el consumo energético. A continuación comentamos las variables más importantes de esta opción bajo sus dos vertientes, esto es, con y sin financiamiento.



a) Opción con financiamiento

En este caso la cantidad de toneladas evitadas anuales corresponde al 83 a 84% de las emisiones totales por consumo de combustibles fósiles para calentamiento de agua en los diferentes hospitales. La cantidad de toneladas evitadas depende del nivel de complejidad de los servicios del hospital, de la integración de sus servicios, del número de pacientes y del combustible que consumen.

Para los hospitales que consumen diesel, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 57.20 dólares, la tasa interna de retorno entre 26.4 y 30.3% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 4.4 y 4.9 años. En cambio, para los que consumen gas licuado, estos parámetros tomarían los valores siguientes: 69.62 dólares para la tonelada evitada: entre 23.2 y 24.6% la tasa interna de retorno y entre 5.6 y 5.8 años el tiempo esperado de recuperación de la inversión.

Los establecimientos que consumen gas natural muestran, al igual que en el sector residencial, valores que hacen poco atractiva la implantación de la medida en ellos. Específicamente, el costo promedio de la tonelada evitada sería de 72.47 dólares, la tasa interna de retorno es muy pequeña y el tiempo de recuperación de la inversión es de 16.3 a 17.3 años. De nuevo, el precio del gas natural está en la causa de estos resultados.

Ciertamente, estos valores son fuertemente sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de los hospitales que consumen diesel, que la tonelada evitada se reduciría a 46.04 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 35.4% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 3.8 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 34.87 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 46.5% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.9 años.

En cuanto a los hoteles que consumen gas licuado, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 56.05 dólares, la tasa interna de retorno sería de 30.4% y el tiempo de recuperación de la inversión de 4.3 años. Para una reducción del 40% en el precio se tendría: costo de la tonelada evitada de 42.48 dólares, tasa interna de retorno de 40.3% y tiempo esperado de recuperación de la inversión de 3.3 años.

Para los establecimientos que consumen gas natural hay una mejoría en las variables económicas, sin embargo los tiempos de recuperación de la inversión se ubican entre los 11 y 14 años y el costo de la tonelada evitada entre 44 y 58 dólares, haciendo poco atractiva la implantación de la medida por ahora.

b) Opción sin financiamiento

De la misma manera que en el caso con financiamiento, en este caso la cantidad de toneladas evitadas anuales corresponde al 83 a 84% de las emisiones totales por consumo de combustibles fósiles para calentamiento de agua en los diferentes hospitales. La cantidad de toneladas evitadas depende del nivel de complejidad del hospital, de la integración de sus servicios, del número de pacientes y del combustible que consumen.

Para los hospitales que consumen diesel, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 46.59 dólares, la tasa interna de retorno entre 26.9 y 30.9% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 3.6 y 4.1 años. En cambio, para los que consumen gas licuado, estos parámetros tomarían los valores siguientes: 56.70 dólares para la tonelada evitada, entre 23.8 y 25.2% la tasa interna de retorno y entre 4.3 y 4.5 años el tiempo esperado de recuperación de la inversión.

Para el caso de los establecimientos que consumen gas natural la situación es semejante a la opción con financiamiento, esto es una tasa interna de retorno muy pequeña, el costo promedio de la tonelada evitada es de 59 dólares y el tiempo de recuperación de la inversión de 13.5 a 14.5 años. De nuevo, por el momento, no se considera atractiva la implantación en estos establecimientos.



Asimismo, estos valores son fuertemente sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de los hoteles que consumen diesel, que la tonelada evitada se reduciría a 37.49 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 35.9% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 3.1 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 28.40 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 47% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.4 años.

En cuanto a los hospitales que consumen gas licuado, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 45.65 dólares, la tasa interna de retorno sería de 30.9% y el tiempo de recuperación de la inversión de 3.6 años. Para una reducción del 40% en el precio se tendría: costo de la tonelada evitada de 34.60 dólares, tasa interna de retorno de 41% y tiempo esperado de recuperación de la inversión de 2.7 años.

3.2. Proyecto piloto en el sector hospitalario

Para el Proyecto Piloto o Demostrativo se consideró conveniente incorporar en él a cuatro hospitales (tres consumen diesel y uno gas licuado), atendiendo a su número de usuarios, consumos de agua caliente por usuario, tipo de combustible que emplean y área disponible para la instalación solar. Adicionalmente, sin olvidar las conclusiones que hemos planteado en el caso de hospitales que consumen gas natural, se consideró conveniente incluir uno que consumiese este combustible con el propósito de evaluar, desde el punto de vista práctico, los beneficios y las condiciones que serían adecuadas para la posible implantación de la medida en estos establecimientos. Los valores para estos parámetros se muestran en la Tabla 9. Asimismo, se muestran los consumos de combustibles fósiles en las condiciones actuales, con la aplicación de colectores solares y los ahorros correspondientes. Por otra parte se muestran las emisiones en las condiciones actuales, las emisiones con la aplicación de colectores solares y las emisiones evitadas. Finalmente, se muestran los valores para el Beneficio/Costo, la Tasa Interna de Retorno, el Tiempo Estimado de Recuperación de la Inversión y el costo promedio de la tonelada de CO₂ evitada.

De acuerdo con las conclusiones de la sección 3.2, sólo se presentan los resultados para las opciones A₁ y A₂, esto es, colectores solares, con y sin financiamiento y con sistema convencional existente.

Para la gestión del proyecto piloto planteado será necesario adicionar un porcentaje para la administración, monitoreo, evaluación y certificación. Para ambas opciones se estimó en 20% para este rubro. En consecuencia, el costo total del proyecto demostrativo en hospitales, según la opción que se elija, sería el siguiente:

Proyecto Piloto: Sector Hospitalario

Opción	Costo USD	Costo de la tonelada de CO ₂ evitada USD/ton
A ₁	3 543 550	71.96
A ₂	2 885 966	58.61

En el caso que se decida no incorporar en el Proyecto Piloto un hospital que consuma gas natural, los resultados de la Tabla anterior se verían modificados a los siguientes:

Proyecto Piloto: Sector Hospitalario

Opción	Costo USD	Costo de la tonelada de CO ₂ evitada USD/ton
A ₁	2 886 633	58.62
A ₂	2 350 954	47.74



3.3. Programa de Gran Escala

De acuerdo con los resultados discutidos en la sección 8 y presentados en la Tabla 10, el Programa de Gran Escala se abocaría a cubrir, en su totalidad el sector de hospitales mediante la instalación de la superficie de colectores solares asociada al mercado factible, esto es, 23 053 m², de ser posible, incorporar a éste al resto de hospitales. De incorporarse a los hospitales que no contestaron o aportaron información, el mercado potencial y factible se verían ampliamente incrementados; consideramos que el incremento podría ubicarse en tres a cinco veces el mercado factible reportado en la Tabla 10.

Se recomienda que el mecanismo de administración sea el del Fideicomiso que se instituyó en el Proyecto Piloto, desde luego, con una previa revisión y adecuación de su funcionamiento a la luz de las experiencias adquiridas en la operación del mismo durante el Proyecto Piloto. En todo momento se buscará que la infraestructura de personal y equipo sea la mínima necesaria para su adecuado funcionamiento, mantenido de esta manera bajos costos de operación. Se estima que la duración del Programa de Gran Escala se extienda por un lapso de 5 a 7 años. Los tres o cuatro primeros años a plena capacidad y los restantes tres a una capacidad que le permita llevar a buen fin las actividades de seguimiento, monitoreo, evaluación y certificación, así como el informe final del programa en hospitales.

4. Baños públicos

De acuerdo a los datos que hemos reunido, a principios de 1999 se tenían 252 baños en la ZMVM y al término de este estudio habían cerrado 67, quedando un total de 185. De estos, 127 se ubican en el Distrito Federal y 58 en el Estado de México. Según datos recientes de la CANAIBAL en el Distrito Federal operan del orden de 124 baños públicos en el Distrito Federal. La CANAIBAL clasifica a los establecimientos desde el punto de vista del número de regaderas con que cuenta cada uno de ellos. Así, denomina como especiales a los que tienen más de 50 regaderas, grandes a aquellos que tienen entre 31 y 50 regaderas, medianos a los de 16 a 30 regaderas y chicos a los de 1 a 15 regaderas.

La desaparición de los establecimientos tiene varias razones, entre otras se pueden citar las siguientes: en su origen esta industria atendía la demanda de la población en cuya ubicación habitacional no se contaba con los servicios básicos, por ejemplo agua entubada. Sin embargo, el avance y la modernización de las zonas urbanas, la mejora económica de algunos sectores de la población, y el incremento de población con acceso a servicios básicos, ha dado lugar a una considerable caída en la demanda por el uso del baño público. Otra razón se ubica en la disponibilidad, para un sector de la población menos favorecida, de vivienda de interés social y popular con servicios de agua entubada.

De acuerdo con datos proporcionados por la CANAIBAL los establecimientos existentes operan entre el 50 y 60 por ciento de su capacidad. Su existencia se ve supeditada a las exigencias de dos grandes problemas que enfrenta la sociedad en general: la contaminación del medio ambiente y la disponibilidad del suministro de agua potable. En cuanto al medio ambiente ha recurrido, en los casos en que es posible, a la adquisición de equipos, aditivos y refacciones que permiten reducir las emisiones contaminantes. Algunas acciones condujeron al recorte de chimeneas, mantenimiento adecuado y cursos de capacitación para fonderos impartidos por el Gobierno del Distrito Federal. Hasta 1992, la mayor parte de los establecimientos empleaba combustóleo y como parte de las disposiciones oficiales sobre medio ambiente se sustituyó por el gasóleo con un bajo contenido de azufre.

En febrero de 1994, la CANAIBAL y los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México firmaron un Convenio de Coordinación y Concertación para Controlar y Reducir las Emisiones de estos establecimientos de servicio en la ZMVM. En uno de los puntos de acuerdo se menciona el buscar, por parte de la CANAIBAL en coordinación con ambos Gobiernos, nuevas tecnologías para calentamiento de agua que sean menos contaminantes. En este aspecto los colectores solares planos proporcionan una de las mejores opciones. Dado que buena parte de las actividades de estos establecimientos requieren de vapor se considera que un enfoque adecuado para la penetración



de estos dispositivos sería el precalentamiento de agua para generación de vapor y el calentamiento de agua para uso en las regaderas y lavanderías.

Otro elemento que deberá tomarse en cuenta es la existencia y aplicación de las Normas Ecológicas sobre control de la contaminación atmosférica (NOM-085-ECOL-1994, NOM-086-ECOL-1994 y NOM-CCAT-019-ECOL/1993) en lo que se refiere a contaminación de fuentes fijas, niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera, requisitos y recomendaciones para la operación de equipos de combustión de combustibles líquidos, sólidos y gaseosos.

En cuanto al segundo problema adquieren el agua a un precio que consideran elevado y, a éste, se adiciona el incremento en el costo de los combustibles. Según datos de la CANAIBAL el 40 por ciento de los costos directos corresponde al agua, 30 por ciento al combustible, 15 por ciento a mano de obra y 15 por ciento a mantenimiento en general.

Mediante el convenio suscrito entre la CANAIBAL y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Gobierno del Distrito Federal se dieron los pasos para cumplir con el Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEDA). Las acciones realizadas por el sector de baños públicos en este aspecto han consistido en la sustitución de muebles sanitarios de bajo consumo (6 litros por descarga), regaderas de reducción en su salida y plataformas especiales que cuando no son presionadas cortan, automáticamente, la alimentación de agua a las regaderas. Quedaría por analizar la posibilidad, costos, beneficios de un sistema de reciclado de agua y de sistemas que proporcionen agua para uso confiable por parte de los establecimientos.

Muy recientemente, el 2 de agosto de 2000, se firmó un convenio entre la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y la CANAIBAL para controlar las descargas de aguas residuales e inducir la sustitución de gasóleo y diesel por gas natural o licuado. De acuerdo con este convenio, los establecimientos que inviertan en tecnologías que redunden en mejoras ambientales pueden solicitar a la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación descuentos de hasta el 50 por ciento de los impuestos sobre nómina y el predial.

Asimismo, las personas que tengan árboles plantados en su propiedad que presten servicios ambientales a la ciudad pueden solicitar un descuento en el impuesto predial de hasta el 25 por ciento. Para ello deberán acudir a la Comisión de Recursos Naturales a presentar una solicitud de visita y una vez hecha la verificación correspondiente, las autoridades determinarán el monto de la quita impositiva. Tales beneficios fueron contemplados en el marco de las recientes reformas a la legislación ambiental, además de estar respaldadas en el Código Financiero del Distrito Federal.

Todos los baños públicos están equipados con calderas que generan vapor. Por una parte, el vapor generado se emplea para propósitos de baño (baños de vapor, baños turcos, etcétera) y, por otra parte, para generar agua caliente para las duchas y lavanderías con que cuentan estos establecimientos.

La mezcla energética de estos establecimientos consiste en gasóleo, gas licuado y diesel. La mayor parte de los establecimientos (89.8%) consume gasóleo, 5.5% consume gas licuado y 4.7% consume diesel.

4.1. Análisis de las opciones en el sector hospitalario

De la misma manera que el caso de los sectores hotelero, hospitalario y residencial, se analizaron las siguientes opciones: a) colectores solares con respaldo de caldera existente; b) colectores solares con respaldo de caldera nueva y, c) colectores solares sin respaldo de caldera.

De la misma manera que en los sectores hotelero y hospitalario, los resultados y el análisis conducen a concluir que la primera opción, colectores solares con respaldo de caldera existente, es la más atractiva en términos de los costos de inversión, Beneficio/Costo, tiempo de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno y costo de la tonelada evitada de CO₂.



Asimismo, se distinguen dos casos bajo esta opción: con financiamiento y sin financiamiento. Definitivamente, la opción sin financiamiento es la mejor, sin embargo implica la compra del sistema solar de contado, lo cual podría representar una dificultad importante para su implantación, ya que requiere de la adquisición de los sistemas solares de contado y, de acuerdo con los comentarios de los dueños y operadores de estos establecimientos las condiciones económicas de ellos no les permiten hacer estas inversiones directamente, por lo que financiamientos a bajos niveles de interés podrían conducir a llevarlo a cabo. A continuación comentamos las variables más importantes de esta opción bajo sus dos vertientes, esto es, con y sin financiamiento.

a) Opción con financiamiento

En este caso la cantidad de toneladas evitadas anuales corresponde al 83.9 a 84.6% de las emisiones totales por consumo de combustibles fósiles para calentamiento de agua en los diferentes establecimientos. La cantidad de toneladas evitadas depende del nivel de integración de los servicios del establecimiento, del número de usuarios y del combustible que consumen.

Para los baños que consumen gasóleo, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 44.76 dólares, la tasa interna de retorno entre 17 y 21% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 6.2 y 7.2 años. En cambio, para los que consumen diesel, estos parámetros tomarían los valores siguientes: 46.73 dólares para la tonelada evitada: entre 34.7 y 34.9% la tasa interna de retorno y entre 3.7 y 3.8 años el tiempo esperado de recuperación de la inversión. Por otra parte, los establecimientos que consumen gas licuado, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 55.08 dólares, la tasa interna de retorno entre 31 y 31.2% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 4.2 y 4.3 años.

Ciertamente, estos valores son sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de los baños públicos que consumen gasóleo, que la tonelada evitada se reduciría a 36.04 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 25.8% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 5.1 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 27.31 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 34.6% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.8 años.

En cuanto a los baños públicos que consumen diesel, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 37.62 dólares, la tasa interna de retorno sería de 43.2% y el tiempo de recuperación de la inversión de 3.1 años. Para una reducción del 40% en el precio se tendría: costo de la tonelada evitada de 28.51 dólares, tasa interna de retorno de 56.5% y tiempo esperado de recuperación de la inversión de 2.4 años. Por otra parte, para los baños públicos que consumen gas licuado, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 44.35 dólares, la tasa interna de retorno sería de 38.6% y el tiempo de recuperación de la inversión de 3.5 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 33.62 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 50.7% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.7 años.

b) Opción sin financiamiento

De la misma manera que en el caso con financiamiento, en este caso la cantidad de toneladas evitadas anuales corresponde al 83.9 a 84.6% de las emisiones totales por consumo de combustibles fósiles para calentamiento de agua en los diferentes hospitales. Asimismo, la cantidad de toneladas evitadas depende del nivel de complejidad del hospital, de la integración de sus servicios, del número de pacientes y del combustible que consumen.

Para los baños públicos que consumen gasóleo, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 36.46 dólares, la tasa interna de retorno entre 35.2 y 35.4% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 4.8 y 5.9 años. En cambio, para los que consumen diesel, estos parámetros tomarían los valores siguientes: 38.05 dólares para la tonelada evitada, entre 35.2 y 35.4% la tasa interna de retorno y entre 3.1 y 3.2. años el tiempo esperado de



recuperación de la inversión. Por otra parte, los establecimientos que consumen gas licuado, el costo promedio de la tonelada evitada se ubicaría en 44.86 dólares, la tasa interna de retorno entre 31.1 y 31.7% y el tiempo de recuperación de la inversión entre 3.5 y 3.55 años.

Ciertamente, estos valores son sensibles al precio de los sistemas solares (colectores y termotanque). En este aspecto, los análisis realizados muestran, para una reducción del 20% en el precio del sistema solar y en el caso de los baños públicos que consumen gasóleo, que la tonelada evitada se reduciría a 29.35 dólares, la tasa interna de retorno se incrementaría a 26.32% y el tiempo esperado de recuperación de la inversión se reduciría al orden de 4.1 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 22.55 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 35.2% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 3.2 años.

En cuanto a los baños públicos que consumen diesel, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 30.64 dólares, la tasa interna de retorno sería de 43.7% y el tiempo de recuperación de la inversión de 2.6 años. Para una reducción del 40% en el precio se tendría: costo de la tonelada evitada de 23.22 dólares, tasa interna de retorno de 57% y tiempo esperado de recuperación de la inversión de 1.95 años.

Por otra parte, para los baños públicos que consumen gas licuado, el efecto de reducción en los precios del sistema solar serían, para reducción del 20%, los siguientes: la tonelada evitada se reduciría a 36.12 dólares, la tasa interna de retorno sería de 39.1% y el tiempo de recuperación de la inversión de 2.8 años. Para una reducción en el precio del sistema solar del 40% el costo de la tonelada evitada se reduce a 27.38 dólares, la tasa interna de retorno se incrementa a 51.1% y el tiempo estimado de recuperación de la inversión se reduce a 2.2 años.

4.2. Proyecto piloto en el sector de baños públicos

Para el Proyecto Piloto o Demostrativo se consideró conveniente incorporar en él a seis tipos de baños, atendiendo a su número de usuarios, consumos de agua caliente por usuario, tipo de combustible que emplean y área disponible para la instalación solar. Los valores para estos parámetros se muestran en la Tabla 11. Asimismo, se muestran los consumos de combustibles fósiles en las condiciones actuales, con la aplicación de colectores solares y los ahorros correspondientes.

Por otra parte, en la Tabla 11, se muestran las emisiones en las condiciones actuales, las emisiones con la aplicación de colectores solares y las emisiones evitadas. Finalmente, se muestran los valores para el Beneficio/Costo, la Tasa Interna de Retorno, el Tiempo Estimado de Recuperación de la Inversión y el costo promedio de la tonelada de CO₂ evitada.

De acuerdo con las conclusiones de la sección 4.1, sólo se presentan los resultados para las opciones A₁ y A₂, esto es, colectores solares, con y sin financiamiento y con sistema convencional existente.

Para la gestión del proyecto piloto planteado será necesario adicionar un porcentaje para la administración, monitoreo, evaluación y certificación. Para ambas opciones se estimó en 20% para este rubro. En consecuencia, el costo total del proyecto demostrativo en baños públicos, según la opción que se elija, sería el siguiente:

Proyecto Piloto: Sector Baños Públicos

Opción	Costo USD	Costo de la tonelada de CO ₂ evitada USD/ton
A ₁	868 298	55.32
A ₂	707 166	45.06



4.3. Programa de Gran Escala

De acuerdo con los resultados discutidos en la sección 8 del informe para baños públicos y presentados en la Tabla 12, el Programa de Gran Escala se abocaría a cubrir, en su totalidad el sector de baños públicos mediante la instalación de la superficie de colectores solares asociada al mercado factible, esto es, 12 234 m² y, de ser posible, para los establecimientos que no cuenten con el área suficiente alcanzar al menos la totalidad del área disponible en cada establecimiento bajo la modalidad de precalentamiento.

Se recomienda que el mecanismo de administración sea el del Fideicomiso que se instituyó en el Proyecto Piloto, desde luego, con una previa revisión y adecuación de su funcionamiento a la luz de las experiencias adquiridas en la operación del mismo durante el Proyecto Piloto. En todo momento se buscará que la infraestructura de personal y equipo sea la mínima necesaria para su adecuado funcionamiento, mantenido de esta manera bajos costos de operación. Se estima que la duración del Proyecto Piloto se extienda por un lapso de 5 a 6 años. Los tres primeros años a plena capacidad y los restantes tres a una capacidad que le permita llevar a buen fin las actividades de seguimiento, monitoreo, evaluación y certificación, así como el informe final del programa en baños públicos.

5. Resumen proyecto piloto en sectores residencial, hotelero, hospitalario y de baños públicos

La conjunción de las propuestas de proyecto piloto para los sectores residencial, hotelero, hospitalario y de baños públicos conduce a un proyecto piloto global para estos sectores, cuyo costo se estima según lo mostrado en la Tabla siguiente:

Proyecto Piloto: Sectores Residencial, Hotelero, Hospitalario y de Baños Públicos

Opción	Costo USD	Costo promedio de la tonelada de CO ₂ evitada USD/ton
A ₁	8 508 460	59.55
A ₂	6 688 565	46.81

Es importante mencionar que en los costos están incluidos el costo del sistema solar, su instalación, mantenimiento anual y quinquenal e IVA, así como los gastos de administración del proyecto. Asimismo, el costo promedio de la tonelada de CO₂ evitada no incluye los gastos de administración, los cuales se tomaron como el 20% del costo del proyecto.

6. Conclusión

En adición a todas y cada una de las conclusiones generales, específicas y recomendaciones que se expresaron en cada uno de los informes asociados con los sectores estudiados, se recomienda implantar el Proyecto Piloto propuesto en la sección anterior, recomendando, para el caso específico de éste, lo siguiente:

Para la implantación del Proyecto Piloto mencionado, se recomienda que una vez seleccionados los establecimientos en los que se aplicará, se lleve a cabo, previamente, un monitoreo detallado de las condiciones actuales de operación, sus consumos de combustibles fósiles, tanto para generación de vapor como producción de agua caliente, número de usuarios, consumos detallados de los diferentes servicios en los que se emplea agua caliente, características de las instalaciones (caldera, intercambiadores de calor, tanque de almacenamiento, tuberías, etcétera). En resumen, se recomienda una auditoría lo más detallada posible para partir de bases confiables. De ser posible, se recomienda que la duración del monitoreo de las condiciones actuales sea lo más larga posible. Se estimó que el tiempo de duración



del proyecto piloto sea de dos años, incluyendo un mínimo de seis meses del monitoreo previo, y el resto del tiempo para la instalación de los colectores solares y su seguimiento sistemático.

Antes de iniciar la implementación del proyecto piloto, se recomienda proporcionar entrenamiento y capacitación al operador del establecimiento sobre el uso y cuidado de los colectores solares, así como de otras medidas de uso racional de la energía. Es importante, acordar, desde el principio cual será el mecanismo de monitoreo, seguimiento, evaluación y certificación así como la metodología a seguir en cada una de las diferentes partes del proceso.

Se recomienda que el Proyecto Piloto se administre mediante el mecanismo de Fideicomiso propuesto y, con ello, adquirir experiencia en el manejo de este tipo de instituciones y proyectos. De hacerlo así, tendrá la ventaja de que se podrán afinar los detalles de su funcionamiento con vistas a su aplicación en el Programa de Gran Escala en los sectores Residencial, y de Comercio y Servicios, incluyendo el Sector de Baños Públicos.

Como se había indicado en la propuesta del estudio, el Sector Residencial constituye el sector más atractivo desde diversos puntos de vista. En primer lugar representa el mercado potencial y factible de colectores solares más importante, no sólo por la cantidad de viviendas existentes sino también por el crecimiento en su número en los próximos 20 años. Si bien, geográficamente, constituye un mercado muy disperso, también, presenta cuatro estratos socioeconómicos que, a nuestro juicio, no requerirían de financiamiento y que están geográficamente bien ubicados, tal y como se muestra en los planos del Anexo II asociado al informe final del Sector Residencial. Para los restantes ocho estratos socioeconómicos, consideramos que al menos seis de ellos requerirían de financiamiento. Los dos restantes estratos socioeconómicos podrían requerir del financiamiento, sin embargo también podrían adquirirlos de contado.

Con base en los resultados y análisis efectuados, el Sector Hotelero parecería ser el segundo mercado en importancia en términos de mercado de colectores solares, sin embargo sería necesario disponer de información más completa para el caso de hospitales y poder confirmar, sin lugar a dudas, esta aseveración. En última instancia, estos dos sectores podrían ubicarse en segundo lugar en volumen de mercado. Por último, también en términos de volumen de mercado de colectores solares, se tendría el Sector de Baños Públicos.

Finalmente, se recomienda a los fabricantes, distribuidores y comercializadores de sistemas solares la realización de las acciones y esfuerzos recomendados en cada uno de los estudios. En particular, en lo referente a la reducción de los precios de los sistemas solares para calentamiento de agua, ya que no sólo el precio de los combustibles hará que la inversión sea atractiva sino que se requiere de este esfuerzo. Los resultados del estudio muestran lo importante que es la barrera correspondiente al precio de los sistemas solares y lo importante que resultan los esfuerzos, por parte de los fabricantes, para reducir los precios de los mismos.



ANEXOS



Tabla 1

Emisiones de CO₂ por consumo de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México

1999	Gas licuado ton CO ₂	Gas natural ton CO ₂	Gasóleo ton CO ₂	Diesel especial ton CO ₂	Diesel Sin ton CO ₂	Gas Nova ton CO ₂	Extra/Magna ton CO ₂	Premium ton CO ₂	Total ton CO ₂
Termoeléctricas		870333.47							870333.47
Industria	2315129.96	2899792.89	712082.54	915615.52					6842620.92
Transporte	1596641.35				3912149.27		12725061.96	1058806.53	19292659.11
Doméstico	4071435.45	185934.88							4257370.33
Total	7983206.77	3956061.24	712082.54	915615.52	3912149.27	0.00	12725061.96	1058806.53	31262983.83

Fuente: Cálculo propio con base en los datos de la Tabla 20.

Estructura de las emisiones de CO₂ por consumo de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México

	Gas licuado %	Gas natural %	Gasóleo %	Diesel especial %	Diesel Sin %	Gas Nova %	Extra/Magna %	Premium %	Total %
Termoeléctricas		2.78							2.78
Industria	7.41	9.28	2.28	2.93					21.89
Transporte	5.11				12.51		40.70	3.39	61.71
Doméstico	13.02	0.59							13.62

Fuente: Cálculo propio con base en los datos de la Tabla 20.

Emisiones de CH₄ por consumo de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México

	Gas licuado ton CH ₄	Gas natural ton CH ₄	Gasóleo ton CH ₄	Diesel especial ton CH ₄	Diesel Sin ton CH ₄	Gas Nova ton CH ₄	Extra/Magna ton CH ₄	Premium ton CH ₄	Total ton CH ₄
Termoeléctricas		15.51							15.51
Industria	33.04	72.37	1.92	2.47					109.80
Transporte	253.17				528.19		2974.69	247.51	4003.56
Doméstico	71.01	3.31							74.33
Total	357.22	91.19	1.92	2.47	528.19	0.00	2974.69	247.51	4203.20

Fuente: Cálculo propio con base en los datos de la Tabla 20.



Emisiones de NO_x por consumo de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México

	<i>Gas licuado</i> ton NO _x	<i>Gas natural</i> ton NO _x	<i>Gasóleo</i> ton NO _x	<i>Diesel especial</i> ton NO _x	<i>Diesel Sin</i> ton NO _x	<i>Gas Nova</i> ton NO _x	<i>Extra/Magna</i> ton NO _x	<i>Premium</i> ton NO _x	<i>Total</i> ton NO _x
Termoeléctricas		3 878.49							3 878.49
Industria	3 524.09	3 308.14	624.91	803.53					8 260.68
Transporte	1 189.89				3 433.25		75 285.36	6 264.22	86 172.72
Doméstico	3 034.21	155.77							3 189.98
Total	7 748.18	7 342.41	624.91	803.53	3 433.25		75 285.36	6 264.22	101 501.88

Fuente: Cálculo propio con base en los datos de la Tabla 20.

Emisiones de CO por consumo de combustibles fósiles en la Zona Metropolitana del Valle de México

	<i>Gas licuado</i> ton CO	<i>Gas natural</i> ton CO	<i>Gasóleo</i> ton CO	<i>Diesel especial</i> ton CO	<i>Diesel Sin</i> ton CO	<i>Gas Nova</i> ton CO	<i>Extra/Magna</i> ton CO	<i>Premium</i> ton CO	<i>Total</i> ton CO
Termoeléctricas		279.25							279.25
Industria	624.06	827.04	153.83	197.79					1 802.71
Transporte	253.17				845.11		1 946 401.97	161 953.09	2 109 453.34
Doméstico	645.58	33.14							678.72
Total	1 522.80	1 139.43	153.83	197.79	845.11		1 946 401.97	161 953.09	2 112 214.02

Fuente: Cálculo propio con base en los datos de la Tabla 20.



Tabla 2

Distrito Federal y Ciudad de Toluca: Proyecto piloto residencial

Distrito Federal: Vivienda horizontal con financiamiento y calentador a gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Casa habitación									
Popular	2	4	22 614.96	20	452 299	0.0280	1.77	707.35	67.31
Media	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0421	2.65	1 061.02	64.89
Alta	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0421	2.65	1 061.02	64.89
Condominio horizontal									
Popular	2	4	22 614.96	20	452 299	0.0280	1.77	707.35	67.31
Media	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0421	2.65	1 061.02	64.89
Alta	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0421	2.65	1 061.02	64.89
C. habitacional horizontal									
Popular	2	4	22 614.96	20	452 299	0.0280	1.77	707.35	67.31
Media	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0421	2.65	1 061.02	64.89
Total				160	4 627 129	0.2945	18.57	7 427.14	65.80

Toluca: Vivienda horizontal con financiamiento y calentador a gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Casa habitación									
Popular	2	4	22 614.96	20	452 299	0.0274	1.73	692.39	68.76
Media	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0412	2.60	1 038.59	66.29
Alta	4	8	42 789.66	20	855 793	0.0549	3.46	1 384.78	65.05
Condominio horizontal									
Popular	2	4	22 614.96	20	452 299	0.0274	1.73	692.39	68.76
Media	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0412	2.60	1 038.59	66.29
Alta	4	8	42 789.66	20	855 793	0.0549	3.46	1 384.78	65.05
C. habitacional horizontal									
Popular	2	4	22 614.96	20	452 299	0.0274	1.73	692.39	68.76
Media	3	6	32 702.31	20	654 046	0.0412	2.60	1 038.59	66.29
Total				160	5 030 623	0.3156	19.91	7 962.51	66.91



Tabla 3

Distrito Federal y Ciudad de Toluca: Proyecto piloto residencial

Distrito Federal: Vivienda vertical con financiamiento y calentador a gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Condominio vertical									
Popular	2	4	25 224.38	16	403 590	0.4486	28.29	565.88	75.07
Media	3	6	36 475.65	16	583 610	0.6730	42.44	848.82	72.37
Alta	3	6	36 475.65	16	583 610	0.6730	56.59	1 131.75	54.28
C. habitacional vertical									
Popular	2	4	25 224.38	16	403 590	0.4486	28.29	565.88	75.07
Media	3	6	36 475.65	16	583 610	0.6730	42.44	848.82	72.37
Total				80	2 558 011	2.9162	198.06	3 961.14	69.84

Toluca: Vivienda vertical con financiamiento y calentador a gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Condominio vertical									
Popular	2	4	25 224.38	16	403 590	0.4391	27.70	553.91	76.70
Media	3	6	36 475.65	16	583 610	0.6587	41.54	830.87	73.94
Alta	4	8	47 726.93	16	763 631	0.8783	55.39	1 107.83	72.56
C. habitacional vertical									
Popular	2	4	25 224.38	16	403 590	0.4391	27.70	553.91	76.70
Media	3	6	36 475.65	16	583 610	0.6587	41.54	830.87	73.94
Total				80	2 738 032	3.0739	193.87	3 877.40	74.77



Tabla 4

Distrito Federal y Ciudad de Toluca: Proyecto piloto residencial

Distrito Federal: Vivienda horizontal sin financiamiento y calentador de gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Casa habitación									
Popular	2	4	18 418.25	20	368 365	0.0280	1.77	707.35	54.82
Media	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0421	2.65	1 061.02	52.85
Alta	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0421	2.65	1 061.02	52.85
Condominio horizontal									
Popular	2	4	18 418.25	20	368 365	0.0280	1.77	707.35	54.82
Media	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0421	2.65	1 061.02	52.85
Alta	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0421	2.65	1 061.02	52.85
C. habitacional horizontal									
Popular	2	4	18 418.25	20	368 365	0.0280	1.77	707.35	54.82
Media	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0421	2.65	1 061.02	52.85
Total				160	3 768 462	0.2945	18.57	7 427.14	53.59

Toluca: Vivienda horizontal sin financiamiento y calentador a gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Casa habitación									
Popular	2	4	18 418.25	20	368 365	0.0274	1.73	692.39	56.00
Media	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0412	2.60	1 038.59	53.99
Alta	4	8	34 849.09	20	696 982	0.0549	3.46	1 384.78	52.98
Condominio horizontal									
Popular	2	4	18 418.25	20	368 365	0.0274	1.73	692.39	56.00
Media	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0412	2.60	1 038.59	53.99
Alta	4	8	34 849.09	20	696 982	0.0549	3.46	1 384.78	52.98
C. habitacional horizontal									
Popular	2	4	18 418.25	20	368 365	0.0274	1.73	692.39	56.00
Media	3	6	26 633.67	20	532 673	0.0412	2.60	1 038.59	53.99
Total				160	4 097 079	0.3156	19.91	7 962.51	54.49
Total ZMVM (dls.)					827 952				



Tabla 5

Distrito Federal y Ciudad de Toluca: Proyecto piloto residencial

Distrito Federal: Vivienda vertical sin financiamiento y calentador de gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Condominio vertical									
Popular	2	4	20 543.44	16	328 695	0.4486	28.29	565.88	61.14
Media	3	6	29 706.79	16	475 309	0.6730	42.44	848.82	58.94
Alta	3	6	38 870.14	16	621 922	0.6730	56.59	1 131.75	57.84
C. habitacional vertical									
Popular	2	4	20 543.44	16	328 695	0.4486	28.29	565.88	61.14
Media	3	6	29 706.79	16	475 309	0.6730	42.44	848.82	58.94
Total				80	2 229 930	2.9162	198.06	3 961.14	59.60

Toluca: Vivienda vertical sin financiamiento y calentador a gas existente

	Número de colectores	Area calculada <i>m²</i>	Costo unitario <i>pesos</i>	Número de viviendas	Costo total <i>pesos</i>	Ahorro de combustible <i>TJ</i>	Emisiones anuales de CO ₂ evitadas <i>ton</i>	Emisiones de CO ₂ evitadas en 20 años <i>ton</i>	Costo tonelada evitada de CO ₂ <i>dls./ton</i>
Condominio vertical									
Popular	2	4	20 543.44	16	328 695	0.4391	27.70	553.91	62.46
Media	3	6	29 706.79	16	475 309	0.6587	41.54	830.87	60.22
Alta	4	8	38 870.14	16	621 922	0.8783	55.39	1 107.83	59.09
C. habitacional vertical									
Popular	2	4	20 543.44	16	328 695	0.4391	27.70	553.91	62.46
Media	3	6	29 706.79	16	475 309	0.6587	41.54	830.87	60.22
Total				80	2 229 930	3.0739	193.87	3 877.40	60.89
Total ZMVM (dls.)					469 459				



Tabla 6

Mercado factible de colectores solares en el sector residencial

Mercado factible 2000-2010

Vivienda	Con respaldo existente		Con respaldo nuevo		Sin respaldo	
	inferior m ²	superior m ²	inferior m ²	superior m ²	inferior m ²	superior m ²
Existente	58 838	96 580	58 838	96 580	102 004	139 747
Nueva	56 373	89 134	56 373	89 134	87 274	120 034
Total	115 211	185 714	115 211	185 714	189 278	259 781
Incremento (%)	0.54	1.48	0.54	1.48	1.52	2.46

Mercado factible 2010-2020

Vivienda	Con respaldo existente		Con respaldo nuevo		Sin respaldo	
	inferior m ²	superior m ²	inferior m ²	superior m ²	inferior m ²	superior m ²
Existente						
Nueva	14 919	23 632	14 919	23 632	22 912	31 626
Total	14 919	23 632	14 919	23 632	22 912	31 626

Mercado factible 2000-2020

Vivienda	Con respaldo existente		Con respaldo nuevo		Sin respaldo	
	inferior m ²	superior m ²	inferior m ²	superior m ²	inferior m ²	superior m ²
Existente	588 380	965 800	588 380	965 800	1 020 040	1 397 470
Nueva	712 920	1 127 660	712 920	1 127 660	1 101 860	1 516 600
Total	1 301 300	2 093 460	1 301 300	2 093 460	2 121 900	2 914 070
Total/año	65 065	104 673	65 065	104 673	106 095	145 704
Incremento (%)	-0.13	0.40	-0.13	0.40	0.41	0.94



Tabla 7

Proyecto Piloto de Uso Masivo de la Energía Solar en Hoteles
Opción A₁: Colectores solares, con financiamiento, con respaldo convencional existente

Hotel	Tipo de combustible	Usuarios	Agua caliente por usuario promedio litros	Area de colectores solares m ²	Consumo de energía fósil SCS TJ	Consumo de energía fósil CCS TJ	Ahorro de energía fósil CCS TJ	Inversión VPN pesos	Inversión VPN USD
3	Gas licuado	103	162	306	2.44	0.39	2.05	1 753 569.49	184 586.26
5	Gas licuado	188	205	706	6.01	0.97	5.04	4 031 311.95	424 348.63
13	Diesel	480	231	1 830	15.92	2.56	13.36	10 449 957.19	1 099 995.49
14	Diesel	157	94	217	1.74	0.27	1.47	1 242 889.78	130 830.50
				3 058	26.10	4.19	21.91	17 477 728.42	1 839 760.89

Hotel	Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ por año SCS ton	Emisiones de CO ₂ por año CCS ton	Emisiones de CO ₂ evitadas CCS ton	Beneficio/Costo B/C	Tasa Interna de Retorno TIR %	Tiempo Esperado de Recuperación TER años	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ Pesos/ton	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ USD/ton
3	Gas licuado	153.86	24.42	129.44	4.26	23.18	5.81	663.10	71.30
5	Gas licuado	378.88	61.15	317.73	4.55	25.04	5.30	621.03	66.78
13	Diesel	1 179.06	189.86	989.19	5.19	29.00	4.52	517.09	55.60
14	Diesel	128.75	20.22	108.53	4.78	26.53	4.92	560.53	60.27
		1 840.56	295.66	1 544.89	4.69	25.94	5.14	590.44	63.49

Opción A₂: Colectores solares, sin financiamiento, con respaldo convencional existente

Hotel	Tipo de combustible	Usuarios	Agua caliente por usuario promedio litros	Area de colectores solares m ²	Consumo de energía fósil SCS TJ	Consumo de energía fósil CCS TJ	Ahorro de energía fósil CCS TJ	Inversión VPN pesos	Inversión VPN USD
3	Gas licuado	103	162	306	2.44	0.39	2.05	1 428 155.86	150 332.20
5	Gas licuado	188	205	706	6.01	0.97	5.04	3 283 212.79	345 601.35
13	Diesel	480	231	1 830	15.92	2.56	13.36	8 510 736.33	895 866.98
14	Diesel	157	94	217	1.74	0.27	1.47	1 012 244.07	106 552.01
				3 058	26.10	4.19	21.91	14 234 349.05	1 498 352.53

Hotel	Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ por año SCS ton	Emisiones de CO ₂ por año CCS ton	Emisiones de CO ₂ evitadas CCS ton	Beneficio/Costo B/C	Tasa Interna de Retorno TIR %	Tiempo Esperado de Recuperación TER años	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ Pesos/ton	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ USD/ton
3	Gas licuado	153.86	24.42	129.44	5.23	23.77	4.46	540.05	58.07
5	Gas licuado	378.88	61.15	317.73	5.58	25.62	4.21	505.79	54.39
13	Diesel	1 179.06	189.86	989.19	6.37	29.55	3.69	421.13	45.28
14	Diesel	128.75	20.22	108.53	5.87	27.10	4.00	456.51	49.09
		1 840.56	295.66	1 544.89	5.76	26.51	4.09	480.87	51.71



Tabla 8

Mercado potencial y factible de colectores solares en hoteles

Opción	Diesel		Gas licuado	
	Mercado potencial m^2	Mercado factible m^2	Mercado potencial m^2	Mercado factible m^2
A ₁	12 401	12 401	3 404	3 404
A ₂	12 401	12 401	3 404	3 404
B ₁	12 401	12 401	3 404	3 404
B ₂	12 401	12 401	3 404	3 404
C ₁	17 202	17 202	4 725	4 725
C ₂	17 202	17 202	4 725	4 725
Total				
Opción	Mercado potencial m^2	Mercado factible m^2		
A ₁	15 804	15 804		
A ₂	15 804	15 804		
B ₁	15 804	15 804		
B ₂	15 804	15 804		
C ₁	21 927	21 927		
C ₂	21 927	21 927		



Tabla 9

Proyecto Piloto de Uso Masivo de la Energía Solar en Hospitales
Opción A₁: Colectores solares, con financiamiento, con respaldo convencional existente

Hospital	Tipo de combustible	Usuarios	Agua caliente por usuario promedio litros	Area de colectores solares m ²	Consumo de energía fósil SCS TJ	Consumo de energía fósil CCS TJ	Ahorro de energía fósil CCS TJ	Inversión VPN pesos	Inversión VPN USD
3	Diesel	35	351	225	1.85	0.29	1.56	1 292 518.15	136 054.54
11	Diesel	149	412	1 348	11.37	1.85	9.52	7 698 158.78	810 332.50
17	Diesel	348	301	2 296	19.18	3.13	16.06	13 108 670.57	1 379 860.06
20	Gas LP	39	153	131	1.10	0.17	0.93	753 163.32	79 280.35
21	Gas Natural	157	437	910	8.34	1.32	7.02	5 200 593.98	547 430.94
				4 910	41.84	6.76	35.08	28 053 104.80	2 952 958.40
				3 999	33.51	5.44	28.07	22 852 510.82	2 405 527.45

Hospital	Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ por año SCS ton	Emisiones de CO ₂ por año CCS ton	Emisiones de CO ₂ evitadas CCS ton	Beneficio/Costo B/C	Tasa Interna de Retorno TIR %	Tiempo Esperado de recuperación TER años	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ pesos/ton	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ USD/ton
3	Diesel	137.25	21.62	115.63	4.90	27.26	4.77	547.14	58.83
11	Diesel	842.36	137.01	705.35	5.02	27.99	4.63	534.21	57.44
17	Diesel	1 420.82	231.62	1 189.20	4.97	27.68	4.75	539.55	58.02
20	Gas LP	69.19	10.82	58.37	4.47	24.56	5.56	631.53	67.91
21	Gas Natural	467.74	74.13	393.61	1.38	-	16.31	646.72	69.54
		2 937.37	475.20	2 462.16	4.15	21.50	7.20	579.83	62.35
		2 469.62	401.07	2 068.56	4.84	26.87	4.93	563.11	60.55

Opción A₂: sin financiamiento, con respaldo convencional existente

Hospital	Tipo de combustible	Usuarios	Agua caliente por usuario promedio litros	Area de colectores solares m ²	Consumo de energía fósil SCS TJ	Consumo de energía fósil CCS TJ	Ahorro de energía fósil CCS TJ	Inversión VPN pesos	Inversión VPN USD
3	Diesel	35	351	225	1.85	0.29	1.56	1 052 662.79	110 806.61
11	Diesel	149	412	1 348	11.37	1.85	9.52	6 269 595.02	659 957.37
17	Diesel	348	301	2 296	19.18	3.13	16.06	10 676 066.60	1 123 3796.48
20	Gas LP	39	153	131	1.10	0.17	0.93	613 397.20	64 568.13
21	Gas Natural	157	437	910	8.34	1.32	7.02	4 235 508.65	445 843.02
				4 910	41.84	6.76	35.08	22 847 230.27	2 404 971.61
				3 999	33.51	5.44	28.07	18 611 721.61	1 959 128.59

Hospital	Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ por año SCS ton	Emisiones de CO ₂ por año CCS ton	Emisiones de CO ₂ evitadas CCS ton	Beneficio/Costo B/C	Tasa Interna de Retorno TIR %	Tiempo Esperado de recuperación TER años	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ pesos/ton	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ USD/ton
3	Diesel	137.25	21.62	115.63	6.02	27.82	3.90	445.61	47.91
11	Diesel	842.36	137.01	705.35	6.16	28.55	3.82	435.08	46.78
17	Diesel	1 420.82	231.62	1 189.20	6.10	28.24	3.86	439.43	47.25
20	Gas LP	69.19	10.82	58.37	5.49	25.14	4.29	514.34	55.31
21	Gas Natural	467.74	74.13	393.61	1.69	-	13.54	526.71	56.64
		2 937.37	475.20	2 462.16	5.09	21.95	5.88	472.23	50.78
		2 469.62	401.07	2 068.56	5.94	27.44	3.97	458.61	49.31



Tabla 10

Mercado potencial y factible de colectores solares en hospitales

Opción	Diesel		Gas licuado	
	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²
A ₁	22814	22814	239	239
A ₂	22814	22814	239	239
B ₁	22814	22814	239	239
B ₂	22814	22814	239	239
C ₁	31363	31363	328	328
C ₂	31363	31363	328	328

Opción	Gas natural		Total	
	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²
A ₁	2137		25190	23053
A ₂	2137		25190	23053
B ₁	2137		25190	23053
B ₂	2137		25190	23053
C ₁	2992		34684	31691
C ₂	2992		34684	31691



Tabla 11

Proyecto Piloto de Uso Masivo de la Energía Solar en Baños Públicos
Opción A1: Colectores solares, con financiamiento, con respaldo convencional existente

Baño	Tipo de combustible	Usuarios	Agua caliente por usuario promedio litros	Area de colectores solares m ²	Consumo de energía fósil SCS GJ	Consumo de energía fósil CCS GJ	Ahorro de energía fósil CCS GJ	Inversión VPN pesos	Inversión VPN USDS
1	Gasóleo	10 a 30	200	100	761.70	115.60	646.10	429 942.47	45 257.10
2	Gasóleo	30 a 60	180	150	1 410.20	221.10	1 189.10	777 179.77	81 808.40
3	Gasóleo	70 a 130	160	277	2 872.30	461.10	2 411.20	1 588 023.63	167 160.38
4	Gasóleo	130 a 180	160	350	4 119.40	664.00	3 455.40	2 267 059.77	238 637.87
5	Diesel	30 a 60	140	150	1 622.70	257.00	1 365.70	89 7845.40	94 510.04
6	Gas licuado	30 a 60	160	160	1 650.80	260.60	1 390.10	913 971.21	96 207.50
Total				1 187	12 437.10	1 979.40	10 457.60	6 874 022.25	723 581.29

Baño	Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ por año SCS ton	Emisiones de CO ₂ por año CCS ton	Emisiones de CO ₂ evitadas CCS ton	Beneficio/Costo B/C	Tasa Interna de Retorno TIR %	Tiempo Esperado de Recuperación TER años	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ pesos/ton	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ USDS/ton
1	Gasóleo	58.93	8.94	49.99	3.71	19.42	6.60	421.05	45.27
2	Gasóleo	109.10	17.11	91.99	3.78	19.91	6.50	413.44	44.46
3	Gasóleo	222.22	35.67	186.55	3.74	19.69	6.52	416.67	44.80
4	Gasóleo	318.70	51.37	267.33	3.76	19.79	6.50	415.09	44.63
5	Diesel	120.19	19.03	101.15	6.17	34.79	3.80	434.44	46.71
6	Gas licuado	104.11	16.44	87.67	5.53	31.07	4.26	510.26	54.87
Total		933.25	148.56	784.68	4.45	24.11	5.70	435.16	46.79

Opción A2: Colectores solares, sin financiamiento, con respaldo convencional existente

Baño	Tipo de combustible	Usuarios	Agua caliente por usuario promedio litros	Area de colectores solares m ²	Consumo de energía fósil SCS GJ	Consumo de energía fósil CCS GJ	Ahorro de energía fósil CCS GJ	Inversión VPN pesos	Inversión VPN USDS
1	Gasóleo	10 a 30	200	100	761.70	115.60	646.10	350 157.13	36 858.65
2	Gasóleo	30 a 60	180	150	1 410.20	221.10	1 189.10	632 956.86	66 627.04
3	Gasóleo	70 a 130	160	277	2 872.30	461.10	2 411.20	1 293 330.69	136 140.07
4	Gasóleo	130 a 180	160	350	4 119.40	664.00	3 455.40	1 846 356.65	194 353.33
5	Diesel	30 a 60	140	150	1 622.70	257.00	1 365.70	731 230.32	769 71.61
6	Gas licuado	30 a 60	160	160	1 650.80	260.60	1 390.10	744 363.63	783 54.07
Total				1 187	12 437.10	1 979.40	10 457.60	5 598 395.80	589 304.77

Baño	Tipo de combustible	Emisiones de CO ₂ por año SCS ton	Emisiones de CO ₂ por año CCS ton	Emisiones de CO ₂ evitadas CCS ton	Beneficio/Costo B/C	Tasa Interna de Retorno TIR %	Tiempo Esperado de Recuperación TER años	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ pesos/ton	Costo de la tonelada evitada de CO ₂ USDS/ton
1	Gasóleo	58.93	8.94	49.99	4.55	20.06	5.33	342.92	36.87
2	Gasóleo	109.10	17.11	91.99	4.64	20.54	5.17	336.72	36.21
3	Gasóleo	222.22	35.67	186.55	4.60	20.32	5.19	339.35	36.49
4	Gasóleo	318.70	51.37	267.33	4.62	20.42	5.15	338.06	36.35
5	Diesel	120.19	19.03	101.15	7.58	35.32	3.15	353.82	36.05
6	Gas licuado	104.11	16.44	87.67	6.79	31.62	3.50	415.57	44.68
Total		933.25	148.56	784.68	5.46	24.71	4.58	354.41	37.78



Tabla 12

Mercado potencial y factible de colectores solares en baños públicos

Gasóleo			Gas licuado		
Opción	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²	Opción	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²
A ₁	20523	11473	A ₁	1047	351
A ₂	20523	11473	A ₂	1047	351
B ₁	20523	11473	B ₁	1047	351
B ₂	20523	11473	B ₂	1047	351
C ₁	28394	3360	C ₁	1443	90
C ₂	28394	3360	C ₂	1443	90

Diesel			Total		
Opción	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²	Opción	Mercado potencial <i>m</i> ²	Mercado factible <i>m</i> ²
A ₁	1 486	410	A ₁	23 056	12 234
A ₂	1 486	410	A ₂	23 056	12 234
B ₁	1 486	410	B ₁	23 056	12 234
B ₂	1 486	410	B ₂	23 056	12 234
C ₁	2 047	135	C ₁	31 884	35 85
C ₂	2 047	135	C ₂	31 884	35 85

A₁: Colectores solares, con financiamiento y con respaldo convencional existente.
A₂: Colectores solares, sin financiamiento y con respaldo convencional existente.
B₁: Colectores solares, con financiamiento y con respaldo convencional nuevo.
B₂: Colectores solares, sin financiamiento y con respaldo convencional nuevo.
C₁: Colectores solares, con financiamiento y sin respaldo convencional.
C₂: Colectores solares, sin financiamiento y sin respaldo convencional.

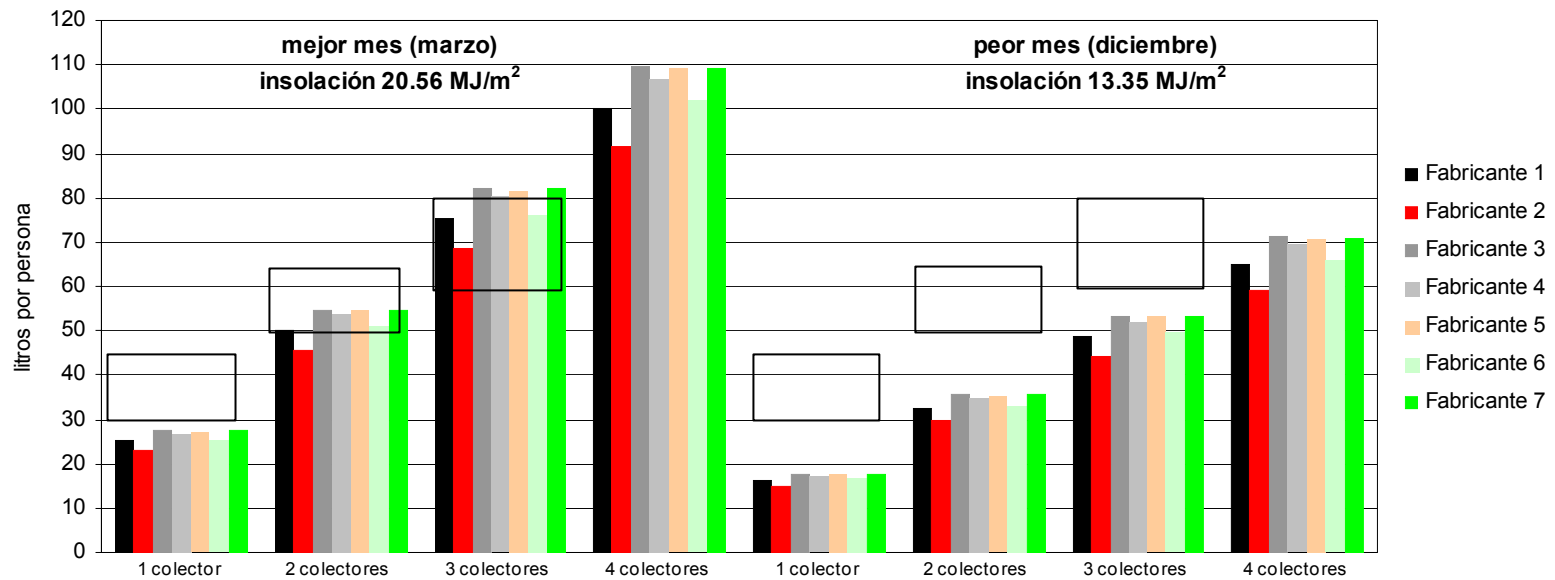


Figura 1. Máximo de litros de agua caliente a 50 °C por número de colectores solares en el Distrito Federal.

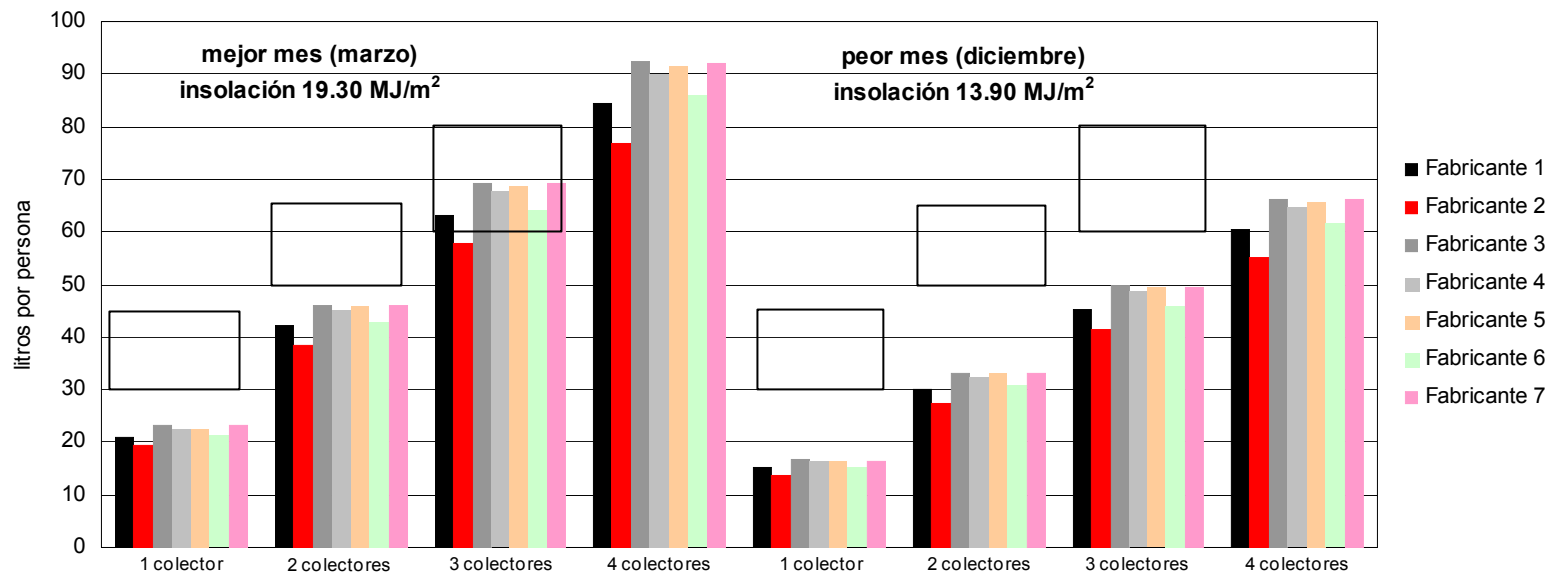


Figura 2. Máximo de litros de agua caliente a 50 °C por número de colectores solares en la Ciudad de Toluca, Estado de México.