

FACTIBILIDAD DEL USO DE COLECTORES SOLARES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA, APLICADA A LA VIVIENDA SOCIAL

José Andrés Palacio Serrano^{1*}, Sandra Vanessa Valarezo Jaramillo¹, Fernando Vinicio Moncayo Serrano²

¹ Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Arquitectura y Arte, Loja, Ecuador

² Universidad Internacional del Ecuador Sede Loja, Facultad Arquitectura, Urbanismo y Ciudad, Loja, Ecuador

*Autor para correspondencia: japalacio1@utpl.edu.ec

Recibido: 2019/05/30

Aprobado: 2019/11/30

DOI: <https://doi.org/10.26621/XV21.2019.12.A03.PUCESI.2550.6684>

RESUMEN

El subsidio de la energía eléctrica y gas licuado de petróleo (GLP) en el Ecuador en algún momento será insostenible, es por ello; que surge la necesidad de buscar y recurrir a fuentes de energía alternativas no contaminantes como la energía solar. En este sentido, la presente investigación busca analizar la factibilidad del uso de colectores solares para la obtención de agua caliente sanitaria (ACS) en vivienda social mediante simulación virtual; tomándose como caso de estudio el proyecto habitacional "Ciudad Victoria" de la ciudad de Loja. La metodología inicia con el cálculo de la demanda energética por familia, de fuentes de origen fósil, eléctrico y solar para su posterior contraste. Luego, se procede con el cálculo y predimensionamiento de los colectores solares en función de la normativa internacional de uso, aplicación e instalación. Finalmente, mediante el método F-Chart se calcula la cobertura anual del colector a partir de datos climáticos del sector. Los resultados demuestran la factibilidad de uso de colectores solares térmicos en el área de estudio, satisfaciendo la necesidad de agua caliente sanitaria de los habitantes a bajo costo, lo que beneficia económicamente a la población, al Estado y a la protección del medio ambiente.

Palabras clave: energía solar, sistema solar térmico; eficiencia energética, Agua Caliente Sanitaria (ACS); vivienda social; Método F- Chart

ABSTRACT

The subsidy for electricity and liquefied petroleum gas (LPG) in Ecuador will at some point be unsustainable, that is why; that the need arises to seek and resort to non-polluting alternative energy sources such as solar energy. In this sense, the present research seeks to analyze the feasibility of using solar collectors to obtain sanitary hot water (DHW) in social housing through virtual simulation; taking as a case study the housing project "Ciudad Victoria" of the city of Loja. The methodology begins with the calculation of energy demand by family, from fossil, electrical and solar sources for subsequent contrast. Then, we proceed with the calculation and pre-sizing of the solar collectors according to the international regulations for use, application and installation. Finally, using the F-Chart method, the annual collector coverage is calculated based on climate data from the sector. The results demonstrate the feasibility of using solar thermal collectors in the study area, satisfying the need for sanitary hot water of the inhabitants at low cost, which economically benefits the population, the State and the protection of the environment.

Keywords: solar energy; solar thermal system; energy efficiency; Sanitary Hot Water (SHW); social housing; F-Chart Method

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la energía eléctrica y el gas licuado del petróleo (GLP) se encuentran subsidiados por el gobierno; esta factura aumenta según el crecimiento de la población y en algún momento será insostenible. En este sentido, surge la necesidad de acudir a recursos energéticos renovables como la energía solar para disminuir los efectos económicos de la energía fósil subsidiada.

Los países de América Latina, por su ubicación geográfica, poseen recursos energéticos renovables como las energías solar (Figura 1), eólica, de la fotosíntesis de los bosques húmedos, etc. Todo ello constituye una importante ventaja que puede permitir en el futuro la aplicación de una política energética global que garantice la independencia de estos países en esta materia. Si bien cuentan con las condiciones naturales favorables para la utilización de la energía solar, no disponen aún de tecnología ni de técnicas adecuadas para el desarrollo de instalaciones solares (Canseco, 2010).

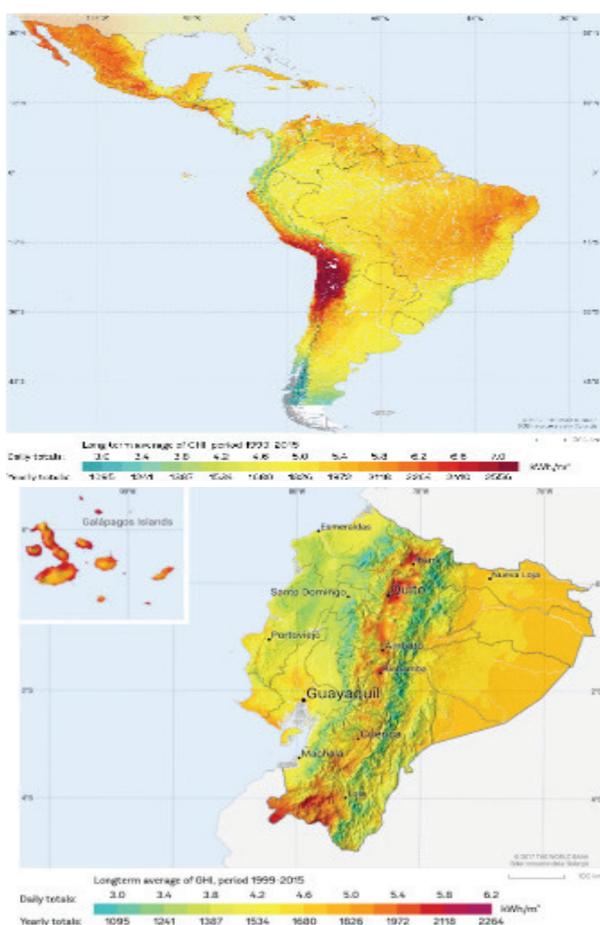


Figura 1. Irradiación global horizontal en América Latina y Ecuador en el periodo 1999-2015

Fuente: GLOBAL WIND ATLAS (2018)

En el periodo comprendido entre los años 2006-2013, la capacidad total de energía renovable en Latinoamérica aumentó más del 270 % (WWF, 2014). En la actualidad, países como Argentina, Chile, Perú, Colombia y Brasil, han desarrollado la industria energética renovable a partir de cambios en las políticas públicas e inversiones en este campo.

En cuanto al aprovechamiento de la energía solar a través de la implementación de colectores solares en nuestro país, Evans y de Schiller (2013) realizaron un estudio del aporte de energía de diferentes ciudades del Ecuador mediante el cálculo de la demanda energética necesaria para el calentamiento de agua. A partir del cálculo de la fracción solar del colector plano usado en el estudio, se estima un importante ahorro de energía eléctrica en base al uso de energía solar, que varía según la región en la que se implemente.

En la ciudad de Loja, se determina que el aporte de energía solar para el calentamiento de agua en una vivienda a partir de un colector plano es del 71,46% de la demanda energética anual para esa familia, siendo necesario un 28,54 % de energía eléctrica para la satisfacción del requerimiento energético. Se observa que a medida que mejoran las condiciones económicas de las familias estas tienden a cambiar las duchas eléctricas por calefones de combustión de gas por el confort y el bajo costo del gas subsidiado.

En este sentido, la presente investigación se centra en buscar alternativas a las fuentes energéticas tradicionales contaminantes, ante un posible escenario de retiro del subsidio del GLP y energía eléctrica. La investigación se basa en determinar la factibilidad del uso de colectores solares térmicos de tubo de vacío para la obtención de ACS aplicada a la vivienda social en la ciudad de Loja.

Existen diferentes formas de simulación energética solar, como la dinámica a través de softwares especializados y simulaciones analíticas como el Método F-chart, las cuales permiten calcular el rendimiento de un sistema solar térmico en un determinado lugar geográfico. Dada la implementación de un sistema, se puede comprobar el aporte energético anual generado por el colector y a su vez calcular los aportes eléctricos complementarios externos.

Como resultado, se propone una alternativa energética, sustentable y económica, al uso de las fuentes de energía tradicionales, algo que beneficiaría al Estado, a los hogares y al medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente metodología exploratoria se basa en la experimentación para el aprovechamiento de energía solar y la obtención de ACS en la urbanización “Ciudad Victoria” de la ciudad de Loja. El estudio se desarrolla en dos fases: la primera consiste en el cálculo de la demanda energética para el sector y la segunda en el predimensionamiento del sistema solar térmico a partir de información geográfica y climática del lugar (Figura 2).

La aplicación del método F-Chart (Duffie y Beckman, 2013) permite calcular la fracción solar mensual y anual del sistema solar térmico propuesto y realizar comparaciones de consumo energético y económico con otras fuentes de energía como la eléctrica y fósil.

Finalmente, para la integración del sistema en las viviendas del sector, se realiza el modelamiento en tres dimensiones

de las dos tipologías de viviendas existentes incluidas las instalaciones hidrosanitarias.

Zona de estudio

Para la presente investigación, por el carácter, condiciones sociales e impacto económico que causaría en su población un hipotético retiro del subsidio del GLP, se toma para el estudio la urbanización “Ciudad Victoria” ubicada al oeste de la ciudad de Loja (Figura 3); latitud -4.0014033 y longitud -79.2341523. La ciudadela cuenta con un área proyectada de 8,24 ha, 38 manzanas y 1716 lotes o solares edificados (VIVEM-EP, 2013).

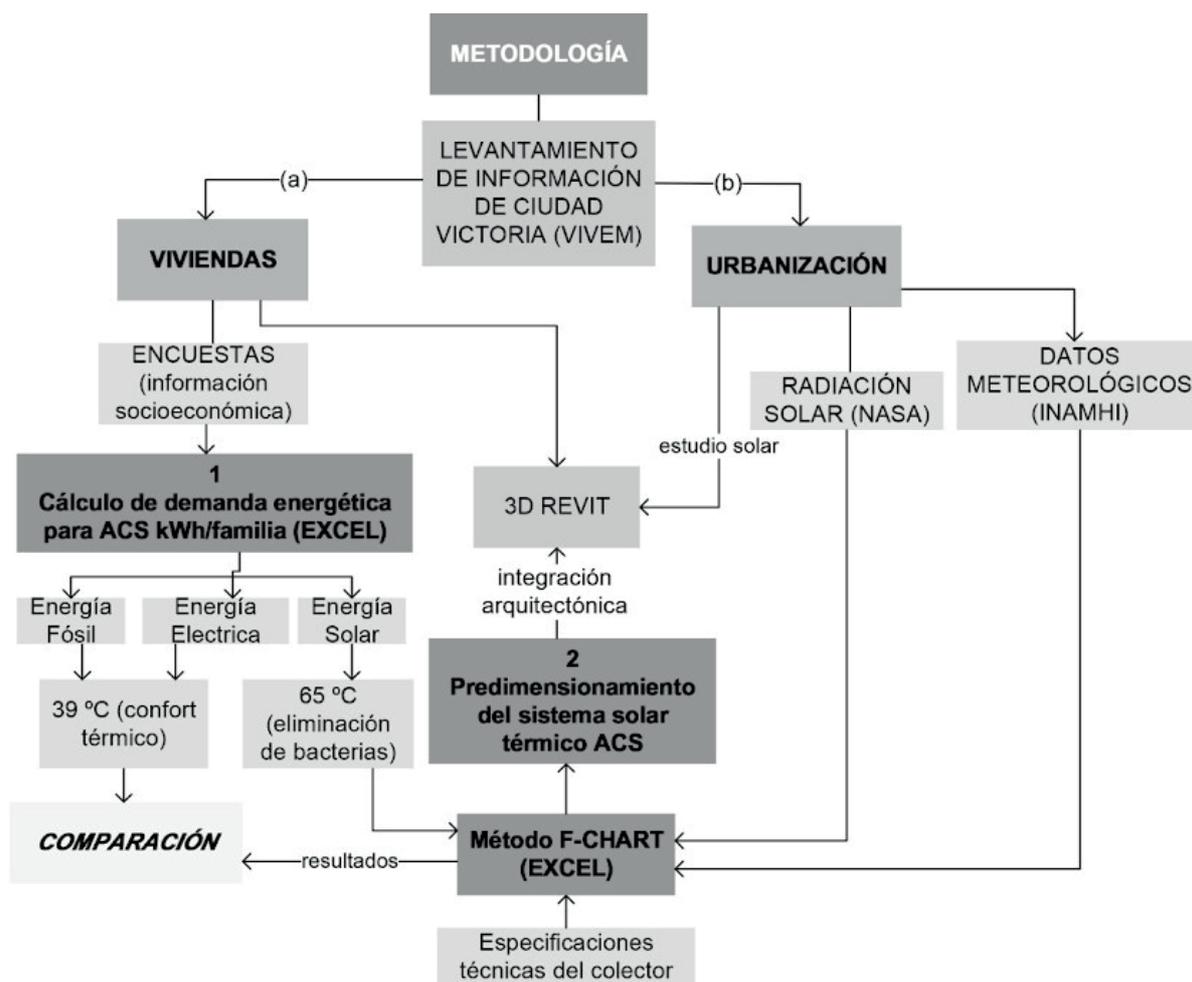


Figura 2. Metodología propuesta para determinar la factibilidad de los colectores solares en Loja

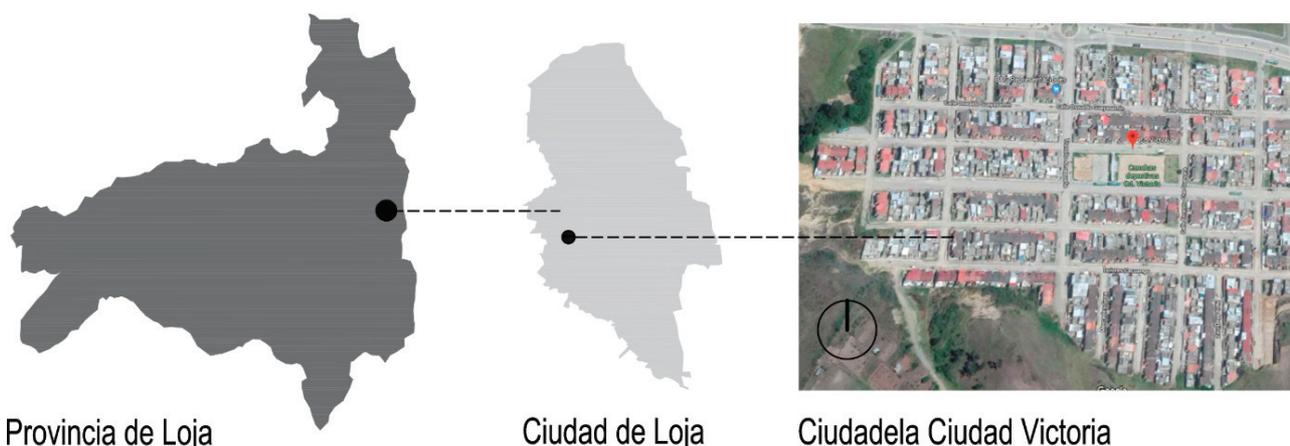


Figura 3. Ubicación y vista satelital de la urbanización Ciudad Victoria

Cálculo de la demanda energética

-Información socioeconómica

Para el cálculo de la demanda energética se realiza el levantamiento de información socioeconómica de la urbanización a través de encuestas. Se considera la fórmula del tamaño de la muestra para población finita, propuesta por Mateu y Casal (2003), para determinar el número de viviendas de dos plantas a encuestar, conociendo el tamaño de la población (663 viviendas):

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

- n**= muestra, viviendas a encuestar
- N**= número total de viviendas de dos plantas: 663
- Z**= nivel de confianza deseado, en este caso usaremos el 95% equivalente a: 1,96
- p**= probabilidad de éxito, para encuestas de este tipo se usa el 95%, equivalente al factor: 0,95
- q**= probabilidad de fracaso, el 5% restante de la probabilidad de éxito con el factor: 0,05
- e**= error matemático, factor similar al de la probabilidad de fracaso: 0,05

$$n = \frac{663 \times 1,96^2 \times 0,95 \times 0,05}{0,05^2 \times (663 - 1) + 1,96^2 \times 0,95 \times 0,05} = 66$$

El tamaño de la muestra determina un número de 66 viviendas por encuestar; a partir de ello, se obtiene información real para la investigación cuyos resultados son los siguientes:

Nº de personas que habitan las viviendas	Porcentaje de viviendas por el número de personas que las habitan	Promedio mensual pago de luz USD		
		Ducha eléctrica	Calefón	Agua fría
1	1%		6,00	
2	6%	11,33	18,00	
3	15%	16,25	15,75	8,00
4	33%	17,56	17,87	17,00
5	26%	18,70	21,16	19,00
6	6%	17,33	17,00	
7	6%	21,00	16,00	25,00
8	3%	22,50		
9	2%			31,00
10	2%		25,00	
Promedio total		17,81	17,09	20,00

Tabla 1. Información socioeconómica obtenida a partir de las encuestas

Se determina que el grupo mayoritario que habita en las viviendas de dos plantas es de 4 personas; por lo tanto, los cálculos posteriores se harán en base a este número.

- Demanda energética para alcanzar el confort térmico

Se realiza el cálculo partiendo de las necesidades energéticas y dotación de ACS de una familia de cuatro personas. El agua caliente usada por persona al día es de alrededor de 40 litros para higiene personal, es decir, las necesidades de esta familia son de aproximadamente 160 litros diarios.

Siendo necesario que el agua alcance los 39 °C (confort térmico) y bajo el supuesto de que su temperatura inicial es de 13,3 °C (Samaniego Ojeda, Hernández, y Correa, 2016), se precisa el siguiente aporte calórico:

$\text{litros diarios} \times (\text{temperatura final} - \text{temperatura inicial}) =$
 $\text{Kilocalorías por día}$

$$160 \times (39 - 13.3) = 4112 \text{ Kilocalorías por día para } 39^\circ\text{C};$$

Dado que 1 kWh = 860 kcal

$$4112 \text{ kcal} = \frac{4112}{860} \text{ kWh} = 4,78 \text{ kWh al día para } 39^\circ\text{C};$$

$$4,78 \times 365 = 1745 \text{ kWh al año para } 39^\circ\text{C}$$

- Demanda energética fósil (GLP) para ACS

Samaniego Ojeda (2016) calcula la energía útil que proporciona un cilindro de gas de 15 kg al ser combustionado por determinado calefón. Para ello se sirve de la siguiente fórmula:

$$\text{Energía útil del cilindro (kWh)} = \frac{\text{masa útil cilindro} \times \text{PCI} \times \eta \text{ calefón}}{3600}$$

$$= \frac{13,64 \times 46168,7 \times 0,87}{3600} = 152,2 \text{ kWh}$$

Donde:

PCI: Poder calórico inferior

η: Rendimiento del calefón (87%)

Como se observa en el apartado anterior, una familia consume al año 1745 kWh para ACS a 39 °C, por lo tanto, se necesitarán:

$$\frac{1745 \text{ kWh}}{152,2 \text{ kWh}} = 11,99 \approx 12 \text{ cilindros de } 15 \text{ kg al año}$$

El 24% de los hogares encuestados usan GLP; por lo tanto, se asume que el 24% del total de viviendas utilizan esta fuente fósil (412).

A continuación, se procede a calcular las emisiones totales de la urbanización por año:

$$1 \text{ vivienda} = 518,7 \text{ kg de CO}_2 \text{ al año}$$

$$412 \text{ viviendas} = 213,7 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ al año}$$

- Demanda eléctrica para ACS

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (2018) indica que "el consumo eléctrico es el consumo de energía en un período determinado de tiempo expresado en kWh". Se establece que el tiempo promedio que una persona utiliza para su ducha diaria es de 8 minutos.

Para calcular el consumo mensual del aparato eléctrico para ACS, se multiplica la potencia del electrodoméstico W por el número de horas usado en el mes.

Con ducha eléctrica:

$$\text{Consumo anual (kWh)} = \frac{\text{Potencia del aparato (W)} \times \text{horas de uso} \times \text{días de uso al año}}{1000}$$

$$= \frac{5200 \times 0,5333 \times 365}{1000} = 1012,2 \text{ kWh al año}$$

Con calefón eléctrico:

$$\text{Consumo anual (kWh)} = \frac{\text{Potencia del aparato (W)} \times \text{horas de uso} \times \text{días de uso al año}}{1000}$$

$$= \frac{11800 \times 0,5333 \times 365}{1000} = 2296,92 \text{ kWh al año}$$

- Demanda energética solar para ACS

Es necesario que el agua alcance los 65 °C para evitar problemas de salud (Zorraquino, San José, de Subijana y Casado, 2004) y considerando una temperatura inicial del 13,3 °C (Samaniego Ojeda et al., 2016) se precisa el siguiente aporte calórico:

$\text{litros diarios} \times (\text{temperatura final} - \text{temperatura inicial}) =$
 $\text{kilocalorías por día}$

$$160 \times (65 - 13,33) = 8267,2 \text{ kilocalorías por día; para alcanzar los } 65^\circ\text{C}$$

Dado que 1 kWh = 860 kcal

$$8267,2 \text{ kcal} = \frac{8267,2}{860} \text{ kWh} = 9,61 \text{ kWh al día para alcanzar los } 65^\circ\text{C};$$

$$9,61 \times 365 = 3507,65 \text{ kWh al año para alcanzar los } 65^\circ\text{C}$$

Fracción solar de un colector de tubo de vacío en Loja

Para realizar el cálculo de la fracción solar de un sistema solar térmico, es necesario el análisis de la radiación global de la ciudad (NASA, 2018) y su situación meteorológica (INAMHI, 2018). En la Figura 4, se muestra el promedio mensual de radiación global en la ciudad de Loja desde 1990 hasta 2012. En el mismo, se observa que durante el primer semestre del año la irradiación global es relativamente baja, mientras que en el segundo semestre es más alta.

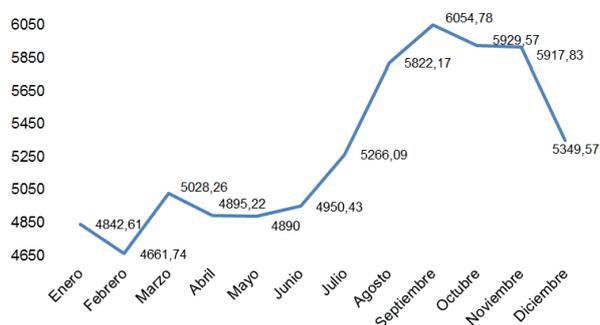


Figura 4. Radiación global (Wh/m2) de la ciudad de Loja promedio diario mensual en el periodo 1990-2012

En la Figura 5 se puede observar que la temperatura media mensual del sector varía entre 15,2°C y 16,6°C durante todo el año.

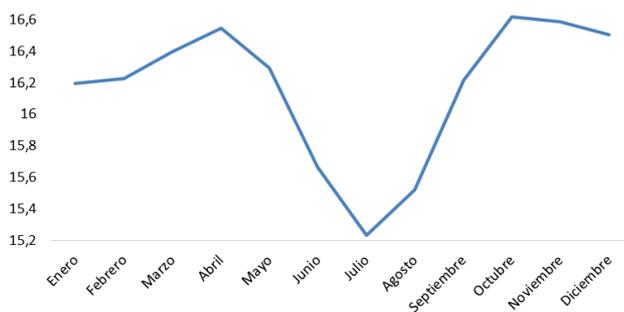


Figura 5. Temperatura media mensual de la ciudad de Loja en el periodo 1990-2012

Método de cálculo F-Chart

El método permite estudiar el comportamiento energético del sistema predimensionado, para comprobar el cumplimiento de las parámetros preestablecidos del mismo (Méndez Muñiz, Cuervo García, y Formación, 2010).

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

Donde:

f = fracción solar

D_1 = relación entre la energía absorbida por el colector y la carga calórica total del calentamiento

D_2 = relación entre las pérdidas de energía y la carga calórica de calentamiento

A continuación, la Tabla 2 muestra a detalle la fracción solar anual del periodo comprendido entre 1990-2012 con el colector de 3,19 m² (tamaño estándar disponible en el mercado). Se calcula la diferencia entre la demanda de energía necesaria y la captada. La diferencia en kWh será proporcionada por un calentador de apoyo. Por lo tanto, habrá un consumo eléctrico que se multiplica por la tarifa normal del kWh/0.091 USD, obteniéndose el valor que se gasta para complementar el requerimiento energético del colector solar.

Tabla 2. Comparación anual entre demanda energética bruta y el aporte de energía solar con un área de captación de 3,19 m²

Año	Fracción Solar %	Demanda Bruta kWh/año	Aporte de energía solar kWh/año	Energía eléctrica de apoyo kWh/año	kWh/0,091 USD
1990	98	3510,75	3436,7	74,05	6,74
1991	97	3510,75	3407,39	103,36	9,41
1992	90	3520,37	3185,88	334,49	30,44
1993	91	3510,75	3199,71	311,04	28,3
1994	92	3510,75	3228,9	281,85	25,65
1995	97	3510,75	3418,75	92	8,37
1996	98	3520,37	3456,67	63,7	5,8
1997	92	3510,75	3242,7	268,05	24,39
1998	93	3510,75	3272,9	237,85	21,64
1999	93	3510,75	3248,17	262,58	23,89
2000	91	3520,37	3216,21	304,16	27,68
2001	92	3510,75	3226,47	284,28	25,87
2002	92	3510,75	3223,32	287,43	26,16
2003	98	3510,75	3432,52	78,23	7,12
2004	96	3520,37	3384,27	136,1	12,39
2005	100	3510,75	3519,58	0	0
2006	98	3510,75	3434,3	76,45	6,96
2007	95	3510,75	3326,31	184,44	16,78
2008	81	3520,37	2853,42	666,95	60,69
2009	84	3510,75	2953,19	557,56	50,74
2010	84	3510,75	2936,63	574,12	52,24
2011	85	3510,75	2977,19	533,56	48,55
2012	84	3520,37	2952,03	568,34	51,72

Fuente: Elaboración propia

En el periodo analizado, se observa que se produce un descenso significativo de la fracción solar, a partir del año 2008; por lo tanto, una de las alternativas para mejorar esta cobertura es incrementar el área de captación del colector. Se observa que el colector de 3,88 m² se aproxima a las necesidades energéticas; por lo tanto, se procede a realizar el cálculo del gasto que generaría un calentador eléctrico de apoyo, Tabla 3.

Tabla 3. Comparación anual entre demanda energética bruta y el aporte de energía solar con un área de captación de 3,88 m²

Año	Fracción Solar %	Demanda Bruta kWh/año	Ahorro con energía solar kWh/año	Energía eléctrica de apoyo kWh/0,091	USD
2008	92	3520,37	3238,86	821,51	25,62
2009	95	3510,75	3342,39	168,36	15,32
2010	95	3510,75	3325,46	185,29	16,86
2011	96	3510,75	3367,04	143,71	13,08
2012	95	3520,37	3341,96	178,41	16,24

Integración del sistema solar térmico

Se parte del modelado volumétrico del área de estudio (Figura 6) a partir del software Revit de Autodesk (BIM) (Zalamea León y García Alvarado, 2014), en base a información proporcionada por el Municipio de la ciudad (VIVEM-EP, 2013) para el análisis del recorrido solar en el sector.

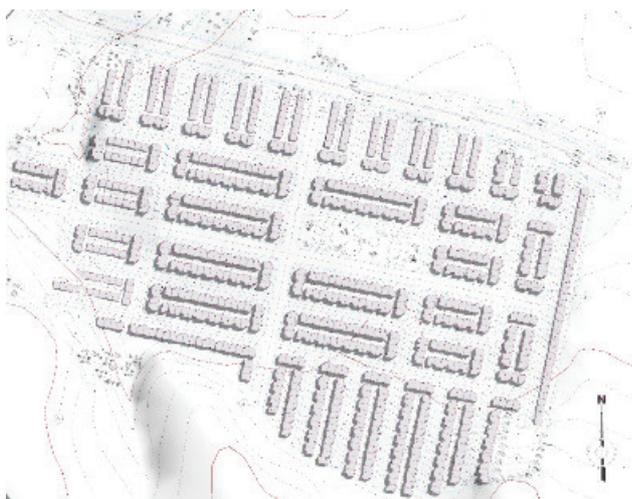


Figura 6. Modelado de la urbanización Ciudad Victoria

- Soleamiento del sector

Para la evaluación del soleamiento de la urbanización se utilizó Revit, para ello; se escogieron los solsticios de verano (21-22 de diciembre) e invierno (21-22 de junio) en el hemisferio Sur, que equivalen al día más largo y más corto del año en cuanto a horas de sol, respectivamente (Figura 7).

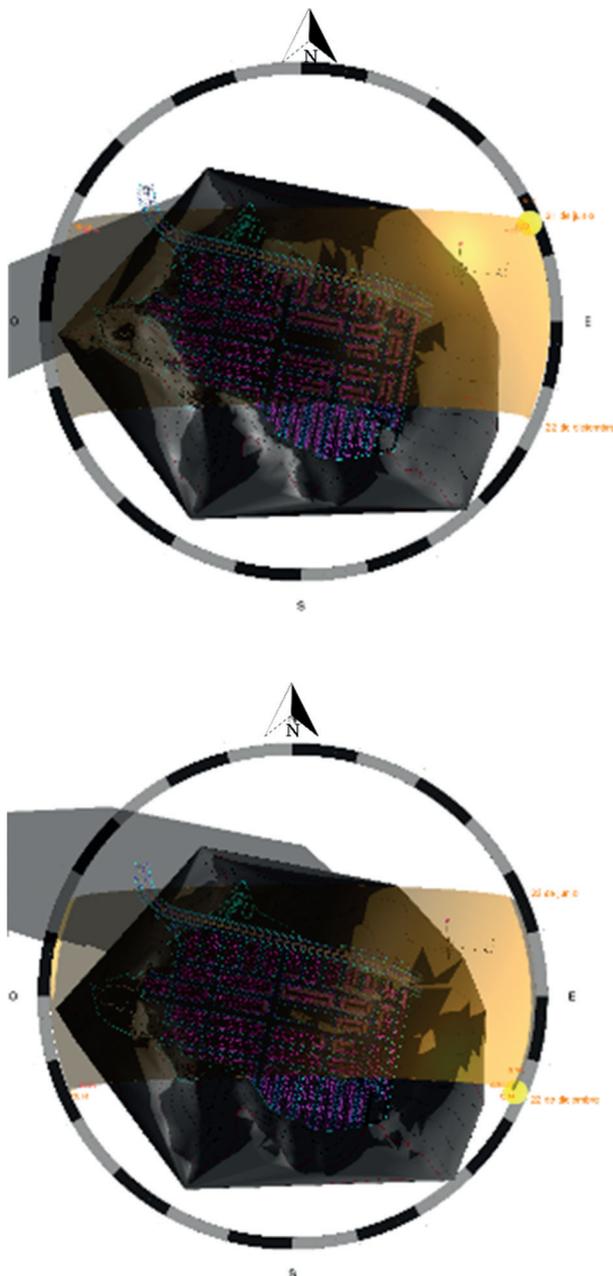


Figura 7. Recorrido del sol entre los solsticios de invierno y verano a las 06:22 en el sector "Ciudad Victoria"

- Modelamiento de tipologías de vivienda del sector

Se procede con la representación en tres dimensiones de las dos tipologías de vivienda del proyecto habitacional (Figura 8), la mayoría emplazadas en lotes adosados de 90. La vivienda de una planta está proyectada para cuatro personas y su área es de 40 m², mientras que la tipología de dos plantas consta de un área de 90 m² proyectada para que habiten cinco personas.



Figura 8. Tipologías de vivienda de una planta y dos plantas de Ciudad Victoria

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Demanda de GLP para ACS

Para cubrir la demanda de ACS de cuatro personas al año, se observa que se necesita al menos un cilindro de gas mensual para calentar el agua; por lo tanto, se usarán doce cilindros anuales que emiten 518,7 kg de CO₂ al

año. El 24% de la urbanización emite 215,78 toneladas de CO₂ al año.

Mientras el subsidio del gas en el país esté vigente, el consumo anual tiene un valor total de \$19,20 sin precio de distribución, \$33,00 con precio de distribución y \$270,00 sin subsidio y distribución (año 2012). Todo ello indica que el gasto se incrementa más de ocho veces en relación al valor actual.

Demanda de electricidad para ACS

Se determina que una familia que usa calentador eléctrico de agua para su aseo personal consume al año 2297 kWh, pagando aproximadamente 209,00 USD anuales; mientras que el consumo se reduce hasta llegar a 1012,2 kWh usando ducha eléctrica, esto es, 92,11 USD anuales (año 2012).

Demanda energética con temperatura de diseño de 65 °C

La temperatura mínima requerida al calentar el agua con colectores solares es de 60 °C, no obstante, se fija una temperatura de diseño de 65 °C para evitar el uso o en la menor medida posible de un dispositivo de apoyo, ya que el material del que está hecho el tanque de almacenamiento térmico del agua la mantiene aislada con pérdidas de hasta 4 °C. Por lo tanto, la demanda anual de energía para satisfacer las necesidades de una familia de cuatro integrantes es mayor, hasta llegar a los 3507,65 Kwh al año.

Fracción solar del colector Heat Pipe

El periodo estudiado de 1990-2012 muestra un rendimiento regular del colector de 3,19 m² de superficie, con bajos de hasta el 90% en 1992 y máximos que llegan al 100% en el año 2005. En el 2008 se produce descenso importante que llega al 81%; desde entonces hasta el 2012 se llega al 84%. Esto significa que la tendencia es descendente. Por lo tanto, si se usa un calentador de apoyo que ayude a llegar a la temperatura de diseño, habrá un costo anual de electricidad promedio de \$52,00.

Para reducir el consumo eléctrico anual se plantea un área mayor de captación de 3,88 m², obteniendo así una mejor fracción en el periodo 2008-2012, donde 2008 es el año más bajo con 92% y 2011 el más alto con 96%. De la misma manera, se usa un calentador eléctrico de apoyo con un gasto anual promedio de \$17,00.

Se procede a comparar los resultados obtenidos, que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación de resultados del año 2012

Energía		kWh/ anual	USD/anual	CO2/anual
Renovable	Colector solar	178,41	16,24	0
Eléctrica	Calefón	2297	209,00	0
	Ducha	1012,2	92,12	0
Fósil		1745	270,00 (sin subsidio y distribución)	518,70 kg
	Calefón de gas	1745	33,00 (con subsidio y distribución)	518,70 kg
		1745	19,20 (con subsidio sin distribución)	518,70 kg

Se demuestra de esta manera que a pesar de que la demanda energética solar duplica la demanda para llegar al confort térmico, resulta más económica que la energía eléctrica consumida por una ducha. Queda descartado el GLP, ya que en el momento en que se retire el subsidio o se reduzca al mínimo, su precio sería demasiado elevado, causando por ende gran impacto económico en las familias. En cuanto a emisiones, las energías más limpias son la solar y eléctrica, que no emiten CO2, mientras que con GLP una familia de cuatro personas emite más de media tonelada al año.

En cuanto al gasto anual, el consumo de energía eléctrica de apoyo es mínimo como complemento del colector solar, siendo cinco veces menor que el gasto producido por la ducha eléctrica.

Precio del colector solar Heat Pipe

En el estudio de mercado en diferentes locales que venden e instalan este tipo de tecnología solar, se encontró un colector que cumple con los requerimientos de la investigación, a un costo de 950,00 USD. La Tabla 5 muestra la relación entre el precio del colector y el costo anual de GLP y electricidad para ducharse.

Tabla 5. Recuperación de inversión luego de la instalación del colector solar

Precio anual USD		Recuperación de la inversión
Colector solar	270,00 (GLP sin subsidio)	3 años y medio
\$950,00	209,00 (Consumo calentador eléctrico)	4 años y medio
	92,12 (Consumo ducha eléctrica)	10 años y cuatro meses

Se estima también en cada caso el tiempo necesario para

pagar la tecnología solar y si se hace relación a la vida útil de la misma (20 años), es decir, su tiempo de amortización; las familias obtendrán un ahorro considerable a mediano y largo plazo.

En cuanto al mantenimiento que requiere el colector solar Heat Pipe compacto, es importante señalar que los tubos de borosilicato son resistentes a la intemperie y en caso de daños éstos pueden ser remplazados con facilidad sin detener la instalación. Además, al estar inclinado más de 20° y la forma cilíndrica de los tubos, hace que la limpieza se dé con facilidad a través de las frecuentes precipitaciones en el sector (Méndez Muñiz, Cuervo García, y Formación, 2010).

En la Tabla 6, se observa la clara ventaja del uso de los colectores tanto en lo económico como en lo ecológico, siendo únicamente la inversión inicial de la tecnología solar más alta que la eléctrica y combustible.

Tabla 6. Proyección de costos y emisiones de CO2 en un período de veinte años

Energía		USD Precio de aparato e instalación	Consumo USD/20 años	USD Instalación y consumo	CO2/20 años
Renovable	Colector solar	950	324,8	1274,8	0
Eléctrica	Calefón	300	4180	4480	0
	Ducha	50	1842,4	1892,4	0
Fósil			5400 (sin subsidio y distribución)	5810	10,374 t
	Calefón de gas	410	660 (con subsidio y distribución)	1070	10,374 t
			384 (con subsidio sin distribución)	794	10,374 t

Instalación de los colectores solares en las viviendas

Se orienta el colector hacia el norte y la inclinación óptima es de 23, 45°, sin embargo; se deben cuidar siempre aspectos como la superposición arquitectónica para reducir el impacto visual en el entorno y evitar sombras (Méndez Muñiz, Cuervo García, y Formación, 2010).

En las viviendas de una planta, cuya cubierta es de losa de hormigón, se facilita dar la orientación e inclinación adecuada al colector y permite un fácil mantenimiento del mismo (Figura 9).

Cuando la vivienda de dos plantas se encuentra orientada hacia al Este u Oeste, complica la instalación de los colectores, ya que estos tienen que orientarse siempre hacia el Norte, por lo que en situaciones como la de la Figura 10, se deberá emplear una instalación general con una estructura superpuesta en la cubierta.

En la Figura 11, el colector se coloca paralelo a la cubierta, situándose por detrás de las paredes frontales para evitar que las mismas generen sombra al sistema termosolar.

Después de analizar las diferentes maneras de instalar los colectores solares en las viviendas según su orientación, se elige un sector del conjunto habitacional para la integración de los sistemas solares y obtener un escenario del proyecto (Figura 12).

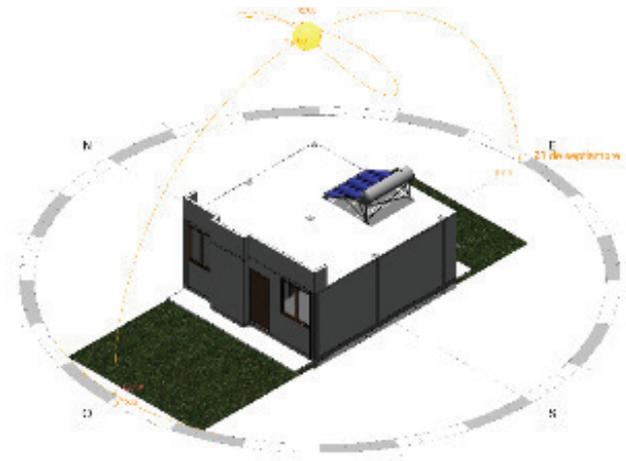


Figura 9. Integración general propuesta para la vivienda de una planta e instalación de ACS

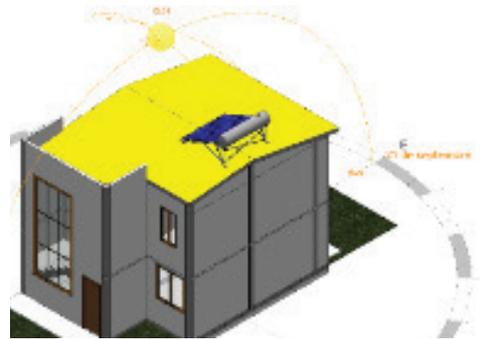


Figura 10. Instalación general en la vivienda de dos plantas e instalación de ACS

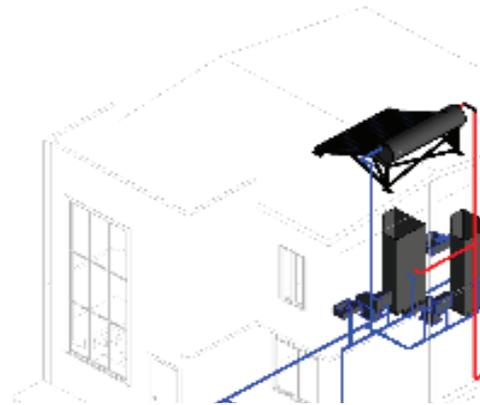


Figura 11. Superposición arquitectónica en la vivienda de dos plantas e instalación de ACS

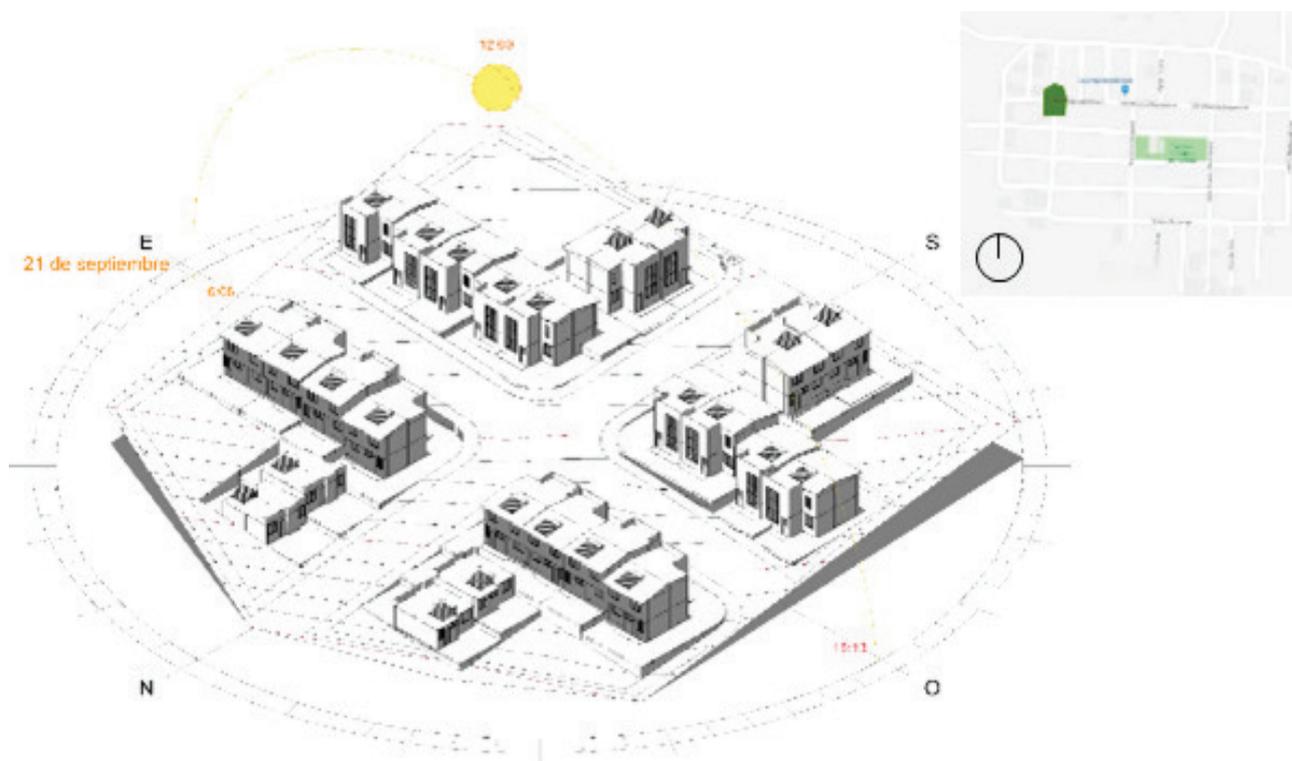


Figura 12. Escenario de la instalación de colectores solares Heat Pipe en sector del conjunto Ciudad Victoria

CONCLUSIONES

Mediante el método F-Chart se determina que el colector Heat Pipe tiene un gran rendimiento en la ciudad de Loja, lo que demuestra la factibilidad de uso de este sistema para la obtención de ACS en “Ciudad Victoria”, una alternativa más ecológica y económica comparada con la ducha eléctrica y el calefón de gas. En cuanto al gasto anual, el consumo de energía eléctrica de apoyo al colector solar es mínimo, siendo cinco veces menor que el gasto producido por la ducha eléctrica.

A pesar de que la demanda energética solar duplica la demanda de electricidad requerida por una ducha, ésta resulta más económica. Se descarta el GLP, ya que sin subsidio su precio sería demasiado elevado y causaría un gran impacto económico en las familias y las emisiones promedio por hogar superan la media tonelada.

Por lo tanto, después de obtener resultados positivos del cálculo de la fracción solar del colector en el sector

“Ciudad Victoria” y de la gran acogida que tendría este sistema por sus habitantes, el Estado debería plantear soluciones a este problema que actualmente afecta al

medio ambiente y a la economía del país, a través de una política energética en consonancia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Canseco, M. (2010). Energías renovables en América Latina. Fundación Ciudadanía y Valores. Madrid-España, 1-12.
- Centro Sur. (2018). Calcular consumo. Recuperado de <http://www.centrosur.gob.ec/calculador-consumo>
- Duffie, J. A., y Beckman, W. A. (2013). Solar engineering of thermal processes (4.a ed.). New Jersey, EE.UU: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118671603>
- Evans, J. M., y de Schiller, S. (2013). Promoción de Eficiencia Energética y Uso de Energía Solar en Vivienda del Ecuador. En Primer Congreso Internacional y Expo Científica (p. 8). Quito, Ecuador.
- GLOBAL WIND ATLAS. (2018). GLOBAL SOLAR ATLAS. Recuperado de <http://globalsolaratlas.info/>
- INAMHI. (2018). Anuarios meteorológicos. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>
- Mateu, E., & Casal, J. (2003). Tamaño de la muestra. Rev. Epidem. Med. Prev, 1, 8-14. Recuperado de <https://>

www.academia.edu/33717140/TAMAÑO_DE_LA_MUESTRA

- Méndez Muñoz, J. M., Cuervo García, J. M., y Formación, B. V. (2010). *Energía solar térmica* (3.a ed.). Madrid, España: Fundación Confemetal.
- NASA. (2018). *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources*. Recuperado de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Samaniego Ojeda, C., Hernández, O. H. Á., y Correa, J. M. (2016). Emisiones provocadas por combustión de GLP a partir de calefones en la ciudad de Loja y su posible relación con enfermedades respiratorias agudas (ERA's). *CEDAMAZ*, 6(1), 60-67. Recuperado de <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/62>
- VIVEM-EP. (2013). *Empresa pública municipal de vivienda de Loja Vivem-Ep. Quienes somos*. Loja, Ecuador. Recuperado de http://www.loja.gob.ec/files/quienes_somos.pdf
- WWF. (2014). *Líderes en energía limpia: Países top en energía renovable en Latinoamérica*. Gland, Suiza. Recuperado de http://awsassets.wwf.es/downloads/tabare_lideres_en_energias_limpias_baja_r.pdf
- Zalamea León, E., y García Alvarado, R. (2014). Diseño arquitectónico integrado de sistemas solares térmicos en techumbres de viviendas. *Arquitectura y Urbanismo*, 35(3), 18-36. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982014000300003
- Zorraquino, J. V. M., San José, R. G., de Subijana, R. L., y Casado, J. M. (2004). Minimización de riesgos de legionelosis en las instalaciones de ACS solar. *DYNA*, 79(7), 41-45. Recuperado de <https://www.revistadyna.com/Articulos/Ficha.aspx?idMenu=a5c9d895-28e0-4f92-b0c2-c0f86f2a940b&Cod=1199&codigoacceso=bd7e8338-d542-408e-aca6-7d2269dfdc2>