

## Indicators of Photovoltaic and Solar Thermal Collection for Andean Equatorial Cities, for Claims of Family Nuclei and Urban Consumption

### Indicadores de Captación Fotovoltaica y Solar Térmica para Ciudades Ecuatoriales Andinas, para Demandas de Núcleos Familiares y Consumos Urbanos.

E. Zalamea-León<sup>1</sup> A. Barragán-Escandón<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador  
E-mail: esteban.zalamea@ucuenca.edu.ec

<sup>2</sup>Universidad Politécnica Salesiana  
E-mail: ebarragan@ups.edu.ec

#### Abstract

*In Ecuador, fuel subsidies have been established to mitigate economic familiar shortage, especially in the most needy social sectors. However, these policies prevent the transition to clean and efficient renewable energy sources. This work reviews the irradiation conditions against climatic, environmental and family consumption characteristics, revealing the great potential that would allow counteracting such demands with solar energy. By concatenating research projects previously developed by applying factors and indicators of consumption and production, spatial requirements for solar photovoltaic and solar thermal collection are anticipated. It has been concluded that, compared to similar works developed in other latitudes, irradiation conditions are an ideal alternative for the case study in Cuenca, Ecuador. The analysis is carried out from a family nucleus of four people, to which electricity is required between 6 m<sup>2</sup> of photovoltaics to cover current consumption indicators up to 34,5 m<sup>2</sup> when considering transportation and cooking with electricity. In addition to between 2 and 4 m<sup>2</sup> of solar thermal collection to cover sanitary hot water, thus reaching practically a neutral energy balance.*

*Index terms* – – Solar energy; renewable energy; energy self-provisioning.

#### Resumen

En Ecuador se han establecido políticas de subsidios a combustibles para lograr mitigar las carencias económicas, en especial de los sectores sociales más necesitados. Sin embargo, estas políticas impiden la transición a alternativas limpias y eficientes. Este trabajo revisa las condiciones de irradiación frente a características climáticas, ambientales y consumos familiares, revelando el gran potencial que permitiría el contrarrestar dichas demandas con energía solar. A través de concatenar trabajos de investigación desarrollados previamente aplicando factores e indicadores de consumo y producción se prevé requerimientos espaciales de recolección solar fotovoltaica y solar térmica. Se concluye que, frente a trabajos similares desarrollados en otras latitudes, por condiciones de irradiación son una alternativa idónea para el caso de estudio en Cuenca, Ecuador. El análisis se ejecuta a partir de un núcleo familiar de cuatro personas, al cual para abastecer de electricidad se requiere entre 6 m<sup>2</sup> de fotovoltaicos para cubrir indicadores de consumo actuales hasta 34,5 m<sup>2</sup> al considerar abastecer transporte y cocción con electricidad. Además de entre 2 y 4 m<sup>2</sup> de recolección solar térmica para cubrir agua caliente sanitaria, alcanzando así prácticamente un balance energético neutro.

*Palabras clave* – – Energía solar; energías renovables; autoaprovisionamiento energético.

Recibido: 18-10-2019, Aprobado tras revisión: 18-12-2019

Forma sugerida de citación: E. Zalamea-León y A. Barragán-Escandón, "Indicadores de captación fotovoltaica y solar térmica para ciudades ecuatoriales andinas, para demandas de núcleos familiares y consumos urbanos", *ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica*, vol. 1, no. 2, pp. 01-06, 2019.

## 1. INTRODUCCIÓN

Frente al escenario del calentamiento global, es necesario explorar alternativas energéticas que puedan ser introducidas y que impliquen posibilidades de reducir costos en importaciones, ser limpias y amigables con el medio ambiente, posibiliten crear fuentes de trabajo, logrando que los recursos que actualmente se destinan a combustión de hidrocarburos se dirijan a la producción local desde recursos limpios. En este escenario la energía solar es un recurso gigantesco que excede en más de 23 000 veces la cantidad de energía requerida por el planeta [1]. La Agencia Internacional de la Energía (IEA) en sus procesos de investigación ha cuantificado que con microgeneración fotovoltaica (PV) se generan diez veces más puestos de trabajo que con la generación PV; o con la obtención de energía Solar Térmica (ST) alrededor de 6 veces más [2]. Básicamente, en el Ecuador, contexto de estudio implicaría que recursos del estado que actualmente se destinan para la importación de hidrocarburos, pueden destinarse a mano de obra local para instalaciones y mantenimiento de miles de micro-productores, más allá de la necesidad de importar inicialmente los equipos tecnológicos.

### 1.1. Contexto ecuatoriano

El Ecuador en octubre del 2019, se vio enfrentado a problemas sociales y de protestas en un escenario complejo, por la eliminación del subsidio a los combustibles (gasolina y diésel), con el fin de contrarrestar los efectos de la iliquidez por endeudamiento y por deuda social [3]. Estos subsidios han implicado cuantioso gasto para el estado, recursos que en gran medida han debido ser destinados a importaciones, cercano a los cuarenta y un mil millones de dólares entre 1989 a 2015 [4]. En el 2015, la proporción de este gasto fue de alrededor de 62,53 % en diésel; 17,44 % para gasolina extra; el 16,21 % para gas licuado de petróleo (GLP). Pero si bien se tratan de ayudas económicas bien intencionadas en su concepción original, resultan altamente ineficientes. Así, ya se ha establecido que de cada dólar que llega al quintil de menores ingresos a través de combustibles subsidiados, seis son aprovechados por el quintil de la población con mayor poder adquisitivo; pero por otra parte el incremento potencial de veinticinco centavos por litro de combustible, puede implicar hasta un 5 % de gasto mensual para las familias con menos ingresos, lo que es una magnitud muy significativa [5].

Por otra parte, el subsidio implica e impulsa además efectos colaterales que reducen la calidad de vida de la población, como el facilitar y promover ciudades extensas y dispersas [6]. Los combustibles baratos desincentivan el ahorro de estos recursos por parte de las clases más pudientes. Los países en desarrollo en donde se concentran estos subsidios, son los que presentan a su

vez el más significativo crecimiento de gases de efecto invernadero, por el crecimiento económico y colateralmente existe mayor acceso justamente a fuentes energéticas desde combustibles fósiles, así como un mayor crecimiento poblacional.

En este mismo sentido, y con las intenciones descritas, el gobierno ecuatoriano introdujo inicialmente políticas para reducir el consumo de combustibles fósiles, con una alta inversión en centrales hidroeléctricas [7] o introducción masiva de cocinas de inducción [8]; pero la preferencia de las tecnologías limpias sobre las contaminantes, no son viables sin incentivos económicos para las primeras, por lo menos hasta que posibiliten el desarrollo inicial. El costo de 1,60 USD de GLP o de 1,037 USD el galón de diésel, torna inviable y poco atractiva cualquier otra alternativa energética limpia, ello conlleva a la necesidad de entregar fuertes subsidios para las alternativas limpias y para la micro generación. Además es importante posibilitar fuentes de financiamiento en este sentido, ya que una segunda barrera es el alto costo de la inversión inicial de las tecnologías de microgeneración; el gasto inicial es alto, frente al modelo de abastecimiento convencional, el costo de la energía se paga paulatinamente. Pero, frente a ello, las energías renovables y sobre todo las de fuente solar ya son la fuente energética más económica y la de mayor crecimiento en el mundo

Por otra parte, se ha establecido que en las ciudades, lugar en donde está la mayor parte de consumo energético, es una localización ideal para implantar la producción energética, en el mismo lugar en donde radica su consumo. Es primordial el reducir el impacto ambiental consecuente de la obtención de energía, por más que esta resulte desde fuentes renovables. Existen estudios que analizan diversos aspectos de la generación a gran escala tanto para la fuente eólica [9], hidroeléctricas [10] incluso las propias solares y fotovoltaicas [11]. El lograr significativos niveles de autoaprovisionamiento urbano, representa serios retos para una implementación efectiva. Concretamente la ciudad de Cuenca, centro urbano en localización andina y próxima a la línea ecuatorial, muestra un potencial de autogeneración de hasta un 10 % [12]. No obstante, este limitado margen es consecuencia del alto consumo de combustibles en transporte, que representa el 60 % del consumo urbano; a ello se suma los altos niveles de utilización de GLP para cocción y agua caliente sanitaria, impulsada por el fuerte incentivo a su utilización.

### 1.2. Metodologías aplicadas

A partir de estas realidades nacionales, en la Universidad de Cuenca, la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca y el Centro de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, ha desarrollado dos proyectos de investigación, tendientes a determinar potenciales globales iniciales de energías renovables

existentes desde los recursos presentes dentro de los límites urbanos, encontrándose que la tecnología solar es aquella por lejos, la que posee superior potencial

En estas investigaciones, en primera instancia, desde archivo climático se determinó las posibilidades de producción en distintas inclinaciones y orientaciones. En segunda instancia se detecta las posibilidades de irradiación desde el software SAM (System Advisor Model) y a partir de este modelo, se ha encontrado rendimientos de irradiación acorde a distintas inclinaciones y orientaciones. Una tercera instancia describe algunos indicadores determinados de rendimiento solar térmico, acorde a rendimientos y necesidades espaciales, para producir agua caliente sanitaria (ACS). Desde estos estudios previos, este trabajo calcula las superficies requeridas de captación PV y ST bajo escenarios de demandas actuales y bajo escenarios de demandas incrementadas para reducir consumo en transporte, cocción y ACS, así como también el espacio requerido para lograr autoabastecimiento urbano total.

## 2. RESULTADOS

### 2.1. Abastecimiento eléctrico urbano

El modelo utilizado para simulación PV ha sido construido y validado por la Universidad de Cuenca en investigación desarrollada por Izquierdo y otros, en el marco del proyecto de investigación “*Determinación de Potencial de Integración Arquitectónica de Captación Solar Activa en Tipología Constructiva de Baja Altura*”. De acuerdo al análisis realizado para medir el rendimiento PV acorde a distintas inclinaciones y orientaciones en Cuenca, se establece que en el peor de los escenarios simulados en dicho estudio (inclinación de 26° y orientación oeste), se puede producir 109,5 kWh/año, en una superficie de 0,65 m<sup>2</sup> [13]; esta magnitud es apenas un 7 % inferior al máximo potencial (117,2 kWh) establecido en la mejor orientación (Este) y con pendiente baja. No obstante es significativo y remarcable que ello supone ciertamente un potencial muy superior a lo observado en países estacionales en los que el rendimiento PV se ve significativamente afectado por la disposición de los paneles PV, en donde con desviaciones importantes a la orientación óptima significan reducciones importantes de producción eléctrica. Para el análisis, se toma referencialmente el menor rendimiento por considerar la magnitud menos favorable, bajo las condiciones de irradiación y orientación.

A partir de este rendimiento, considerando una extrapolación a rendimiento en 1 m<sup>2</sup>, se establece que este estará alrededor de 168,5 kWh/año. El consumo promedio de electricidad de cada cuencano está en el orden de 1 082,11 kWh/hab/año, en total (considerando el consumo total eléctrico) lo que, en buenos términos, implica la necesidad de entre 6,5 m<sup>2</sup> de paneles

fotovoltaicos (en adelante PV) por persona. Esto llevado a productos PV comerciales típicos para aplicación urbana y adaptados a edificios, uno de los formatos característicos más difundidos son las placas de sílice de 60 celdas de 6 pulgadas cada una; ello genera placas de 1,56 m<sup>2</sup>. En consecuencia, para cada habitante se requieren poco más de 4 placas PV por habitante. Teniendo en cuenta una población estimada de 391 000 habitantes del área urbana, se requiere en total una superficie de 2 541 500 m<sup>2</sup> para cubrir la totalidad de las demandas. Acorde a los estudios de Barragán [12], existiría sobre dieciséis y medio kilómetros cuadrados de cubiertas disponibles en Cuenca, lo que supone que con una ocupación del 15,4 % de techumbres de la ciudad, es posible abastecer la demanda eléctrica urbana total.

Ahora por otra parte, si consideramos solamente el consumo residencial, el cual corresponde una proporción limitada del consumo eléctrico total actual, de solo el 39 %, eso implica un consumo de 422,0 kWh/año por persona. Entonces, la totalidad de superficie PV requerida por habitante promedio se reduce a 2,5 m<sup>2</sup> por habitante o lo que significa menos de dos placas PV de 60 celdas por habitante.

Complementariamente, la opción y alternativa ideal es lograr abastecer en mayor medida los consumos urbanos. Para ello es necesaria la conversión desde combustibles fósiles a abastecimiento solar eléctrico. Actualmente, el transporte conlleva un 60 % de consumo urbano de combustibles. Marca sobre-medida que, de este porcentaje, el 40 % corresponde a gasolina, que en una gran proporción es utilizada por automóviles menores, particulares o taxis. Más allá de la implicación y problema espacial que implica la gran cantidad de vehículos particulares, una alternativa obvia para reducir efectivamente el consumo de los combustibles es el transporte eléctrico particular o mejor aún transporte masivo eléctrico. El rendimiento energético de transporte en auto eléctrico es alrededor de 6 km de recorrido por kWh. Si pensamos un recorrido promedio de 30 km diarios por auto familiar, que es un margen razonable para una ciudad de magnitud intermedia como Cuenca, el requerimiento diario estará en el orden de 5 kWh por vehículo. Ello implica bajo el rendimiento establecido previamente, que en un año se requiere por automóvil, alrededor de 1 826,3 kWh, lo cual, con los rendimientos determinados previamente, es alcanzable con 10,8 m<sup>2</sup> de placas PV. Considerando esta magnitud respecto al formato típico de placas PV de sílice, se requeriría alrededor de 7 placas PV de 60 celdas, por automóvil.

Por último, otra de las importantes demandas urbanas en combustibles corresponde al uso residencial, en cocción y agua caliente sanitaria, normalmente y gran proporción abastecido con GLP altamente subsidiado. Actualmente corresponde alrededor de 16,40 % del requerimiento total urbano el abastecido por este tipo de combustible; si bien su totalidad no está dirigido a uso residencial, si una gran proporción. Investigaciones previas locales, consideran

una magnitud razonable de uso por vivienda de alrededor de 240 kWh / mes [14]. No obstante, creemos importante el considerar una ocupación del máximo 80 % de este índice, por días de no cocción por ausencia de residentes, por vacaciones, situaciones laborales, etc.; en consecuencia, se adopta 192 kWh mensual o 2 304 kWh anual, para una familia de cuatro personas. Para abastecer este consumo, es necesario 13,7 m<sup>2</sup> de placas PV o prácticamente 9 placas PV de sesenta celdas adicionales.

De acuerdo a las estimaciones de consumo descritos previamente, en la Tabla 1 se señala un resumen de superficies PV requeridas para abastecer una vivienda en concordancia con cada una de los tipos de demanda, considerando un núcleo familiar de cuatro habitantes y las superficies potenciales de captación PV. En resumen, para lograr abastecer en balance anual los requerimientos desde los consumos típicos actuales promedio por habitantes, se requieren 6 placas, hasta un escenario ideal hipotético de cubrir el consumo total urbano, para lo que se requiere 32 placas PV por habitante.

Tabla 1: Requerimientos de superficie PV para vivienda de 4 habitantes promedio de Cuenca

Carga	kWh/año	Superficie PV (m <sup>2</sup> )	Placas PV (60 celdas)
Residencia (4 habitantes)	1 688,0	10,0	6
Cocción eléctrica	2 304,0	13,7	9
Transporte auto eléctrico	1 823,0	10,8	7
Consumo urbano no residencial	2 640,4	16,0	10
<b>TOTAL</b>	<b>8 455,4</b>	<b>50,2</b>	<b>32</b>

## 2.2. Abastecimiento Solar Térmico

Al igual que en el caso de abastecimiento PV, es factible el predeterminar el requerimiento espacial y de instalación de tecnologías ST. En estudio local para Cuenca, se ha establecido que el requerimiento aproximado de agua caliente estaría en el orden de 0,005 m<sup>3</sup> por persona a una temperatura de 60 °C. Ello supondría acorde al mismo estudio la necesidad de 4 450 kWh/año para un grupo de cuatro integrantes [15]. Los colectores ST comerciales tienen una superficie de captación de alrededor de 2 m<sup>2</sup>. Considerando una contribución solar factible del 70 % [16], se requiere por lo menos una producción de 1 557,5 kWh/m<sup>2</sup>. La irradiación disponible en Cuenca es de 1 528,5 kWh/año, lo cual refleja que un colector no alcanzaría a suplir la demanda total. Ello implica que es necesario por lo menos 4 m<sup>2</sup> para el consumo de 200 L y ello puede ya significar un abastecimiento del 89% [16]. Estos datos son preliminares, desde consumos e irradiación adecuada, como la existente en Cuenca.

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo plantea la problemática energética actual recurrente en varios países en desarrollo, sumado a la necesidad de plantear opciones de abastecimiento energético limpio, como alternativa a las tecnologías tradicionales contaminantes. Pero adicionalmente se plantea y discute en la introducción, que especialmente cuando se plantean en microgeneradores dentro de las ciudades en edificaciones, es una alternativa ideal, ya que, como establecen los directivos de la Agencia Internacional de la energía y de la Alianza Solar Internacional [17], la introducción masiva de estas alternativas energéticas son el único camino para lograr conjuntamente el mejorar la accesibilidad energética a todos, se logra democratizar y alcanzar seguridad energética indistintamente de la coyuntura internacional, crecimiento económico e inclusivo, aire limpio especialmente en ciudades y una contribución significativa para mitigar el calentamiento global, este último como una amenaza seria a la humanidad y en especial a la población de países en vías de desarrollo.

Se ha analizado el caso de Ecuador concretamente, en el que los incentivos económicos a combustibles fósiles impiden el desarrollo a cualquier alternativa de microgeneración y autoabastecimiento, por más que en su tecnología hayan alcanzado precios competitivos o Grid-Parity en el mercado internacional. No obstante, a escala comercial esta competitividad de precio es solamente plausible en cuanto exista la decisión política para promover, ayudar y subsidiar las tecnologías emergentes que, sin duda, es un impacto para una sociedad en la que existe la costumbre de que el estado entregue la energía a precios bajos, por más contaminante e impactante que resulte la combustión tradicional o la masificación de represas eléctricas a lo largo de los causes de los ríos. Resulta paradójico que grupos ambientalistas exijan combustible económico a pesar del alto impacto que conllevará ello afectando zonas agrestes incluso altamente protegidas y estratégicas en la amazonia, costos de impacto no considerados en el precio de la energía.

A partir de estudios recientes en cuanto a potencial solar, demandas, indicadores per cápita se ha podido pre-establecer magnitudes de instalaciones solares PV's para abastecer la totalidad de consumo eléctrico, por habitante y por núcleos familiares o residenciales de cuatro personas. Para abastecer solamente el consumo de demanda eléctrica de una familia promedio con 6 placas PV's de formato típico sería suficiente; para abastecer además un auto eléctrico con consumo de una familia típica, se requeriría incrementar a 13 placas y además si consideramos cocción eléctrica hasta 22 placas. Además, para alcanzar la demanda eléctrica total urbana se requieren 10 placas adicionales; no obstante, esta última demanda es electricidad consumida por otras instalaciones urbanas, pero además por usos particulares no residenciales, como comercio e industrias que

deberían poseer su instalación propia no residencial. Estas pueden ser instalaciones de gran magnitud también urbanas [18]. Más allá de potencialidades puntuales, la intención de este trabajo es entregar al lector magnitudes de captación requeridas por habitante o núcleo familiar que, en tendencia ocupa una vivienda.

Es necesaria también el análisis de implicaciones en red de la conexión de PV's a gran escala urbana. En este aspecto existe un estudio previo de los autores en el que se determina que acorde a ocupación de una tipología de vivienda de baja altura, en zona de uso mixto comercial-residencial, se puede ocupar alrededor de 16 % de techos disponibles, de un sector urbano alimentado por un transformador, sin que ello implique una afectación a la red. Superficies superiores sí pueden implicar impacto por lo que se debería incrementar la demanda en horas de máxima irradiación, establecer almacenamiento eléctrico o modificar la red para recibir dichos excedentes e implementar una red inteligente (Smart Grid).

Finalmente, si consideramos la posibilidad de lograr un abastecimiento solar casi total, es compaginable la instalación PV con colectores ST complementarios. Por ello se ha establecido que para alcanzar una demanda cercana al 89 % del consumo residencial de 4 personas, se requerirían 4 m<sup>2</sup> de captación. No obstante se advierte en la literatura, que con esa proporción existe gran cantidad de ineficiencia, al estar la instalación solar térmica sobredimensionada al generar excedentes no útiles la mayor parte del año; por ello otro estudio realizado localmente con 2 m<sup>2</sup> se ha detectado una contribución posible del 44 % con excedentes menores[15].

Integrando los resultados, se concluye que una unidad familiar de cuatro integrantes requiere entre 10 m<sup>2</sup> PV más 2 m<sup>2</sup> de energía solar térmica para alcanzar un margen significativo, casi total abastecimiento eléctrico y térmico considerando consumos promedios actuales. Para maximizar el autoaprovisionamiento incluyendo cocción y vehículo eléctrico la superficie de captación PV puede incrementarse hasta 34,5 m<sup>2</sup> y 4 m<sup>2</sup> ST, para cuatro personas. Si queremos alcanzar un autoconsumo urbano total, incluyendo otros requerimientos no residenciales, ello significaría en consecuencia 12,6 m<sup>2</sup> por cuencano. Si ello llevamos a la población urbana total (391 000 hab.), significa 4 926 600 m<sup>2</sup> de captación solar PV que es cercano a la ¼ parte de techumbres estimadas por Barragán y otros[19]. Además, entre 195 000 y 391 000 m<sup>2</sup> de colectores ST's complementariamente.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto de investigación "Calibración de modelo F-Chart para colectores solares térmicos con parametrización y validación acorde a disposiciones típicas para integración arquitectónica en climas ecuatoriales andinos" financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca y la Empresa Pública Cuenca.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Munari, *Architectural Integration and Design of Solar Thermal Systems* École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2009.
- [2] *Cities , Towns & Renewable Energy Cities , Towns*. Paris: IEA/OECD, 2009.
- [3] B. N. Mundo, "Crisis en Ecuador: continúan las protestas mientras el gobierno y el movimiento indígena se preparan para dialogar este domingo," *British Broadcasting Corporation*, Londres, 13-Oct-2019.
- [4] B. Creamer-Guillen y R. Becerra-Robalino, "Cuantificación de los Subsidios de Derivados del Petróleo a los Hidrocarburos en el Ecuador," *Bol. Estadístico del Sect. Hidrocarburos*, vol. 2, pp. 9–26, 2016.
- [5] F. J. Arze del Granado, D. Coady, and R. Gillingham, "The Unequal Benefits of Fuel Subsidies: A Review of Evidence for Developing Countries," *World Dev.*, vol. 40, no. 11, pp. 2234–2248, 2012.
- [6] M. A. Hermida, C. Hermida, N. Cabrera, y C. Calle, "La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad .," *EURE*, vol. 41, no. 124, pp. 25–44, 2015.
- [7] M. A. Ponce-Jara, M. Castro, M. R. Pelaez-Samaniego, J. L. Espinoza-Abad, and E. Ruiz, "Electricity sector in Ecuador: An overview of the 2007–2017 decade," *Energy Policy*, vol. 113, pp. 513–522, 2018.
- [8] J. M. Vizhñay, *Análisis de la incidencia del uso de cocinas eléctricas de inducción*. Cuenca, 2013.
- [9] I. Sobrino García, "Las evaluaciones de impacto ambiental en los proyectos eólicos. especial mención a la afectación en red natura 2000 1," *Rev. la Esc. Jacobea Posgrado*, pp. 69–102, 2018.
- [10] T. P. Karjalainen and T. Järviokski, "Negotiating river ecosystems: Impact assessment and conflict mediation in the cases of hydro-power construction," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 30, no. 5, pp. 319–327, 2010.
- [11] F. Poggi, A. Firmino, and M. Amado, "Planning renewable energy in rural areas: impacts on occupation and land use," *Energy*, 2018.
- [12] E. Barragán-Escandón, *El Autoabastecimiento Energético en los Países en vías de Desarrollo en el Marco del Metabolismo Urbano: Caso Cuenca, Ecuador*. Universidad de jaen, 2018.
- [13] I. F. Izquierdo-torres, M. G. Pacheco-portilla, L. G. Gonzalez-Morales, y E. F. Zalamea-Leon, "Simulación fotovoltaica considerando parámetros de integración en edificaciones Photovoltaic simulation considering building integration parameters," *INGENIUS Rev. Cienc. y Technol.*, vol. 21, pp. 9–19, 2019.

[14] M. A. Mejía, A. Padilha-Feltrin, J. D. Melo, and S. Zambrano-Asanza, "Spatial-Temporal model for demand estimation due to appliances with high energy consumption," *2017 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Conf. - Lat. Am. ISGT Lat. Am. 2017*, vol. 2017-Janua, no. July, pp. 1–6, 2017.

[15] J. Calle-Siguencia and Ó. Tinoco-Gómez, "Obtención de ACS con energía solar en el cantón Cuenca y análisis de la contaminación ambiental Obtaining of SHW with solar energy in the canton cuenca and analysis of environmental pollution," *Ingenius*, no. 19, pp. 89–101, 2018.

[16] Minenergia, *Manual Práctico del Técnico Solar*, vol. 53, no. 9. Santiago de Chile, 2013.

[17] International energy agency, "Solar Energy: Mapping the road ahead," Paris, 2019.

[18] D. Marin-López, E. F. Zalamea-León, E. A. Barragán-Escandón, D. S. Marin-Lopez, E. F. Zalamea-León, y E. A. Barragán-Escandón, "Potencial Fotovoltaico En Techumbre De Edificios Industriales de Alta Demanda Energética, En Zonas Ecuatoriales. A," *Habitat Sustentable*, vol. 8, no. 1, pp. 28–41, 2018.

[19] A. Barragán-Escandón, E. Zalamea-León, and J. Terrados-Cepeda, "Incidence of photovoltaics in cities based on indicators of occupancy and urban sustainability," *Energies*, vol. 12, no. 5, pp. 1–26, 2019.

docente, de secundaria, pregrado y posgrado. 5 en la Universidad Politécnica Salesiana. Miembro del Grupo de Investigación de Energía de la UPS. Investigador asociado de la Universidad de Cuenca. Ha sido investigador en varios proyectos. Tiene varias publicaciones dentro de las que destacan las indexadas en WoS, Scopus, Latindex. Revisor de revistas científicas internacionales.



**Esteban Zalamea-León.** – Arquitecto de la Universidad de Cuenca. Magister en Construcciones y Doctor en Arquitectura y Urbanismo de la Universidad del Bio-bio. Docente e Investigador de la Universidad de Cuenca, con participación en cinco proyectos de los que ha dirigido tres.



**Antonio Barragán-Escandón.** - Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Cuenca. Doctor en Energías Renovables por la Universidad de Jaén, España. Máster en Energías Renovables de la Universidad de León, España. Máster en Sistemas Eléctricos de Potencia por la Universidad de Cuenca. Tiene posgrados en sistemas de calidad, ambiente y redes de telecomunicaciones por la Escuela Politécnica Nacional. Más de 15 años como