



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL PARA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

ANTHONY MARCELO LÓPEZ VEGA
anthony.lopez@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. Santiago Vaca, PhD
santiago.vaca@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Ing. Freddy Ordoñez, PhD
freddy.ordonez@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Anthony Marcelo López Vega**, bajo mi supervisión.

Ing. Santiago Vaca, PhD

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Freddy Ordoñez, PhD

CODIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, **Anthony Marcelo López Vega**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Anthony Marcelo López Vega

DEDICATORIA

Al ángel que pone mi vida de cabeza, al ser de luz que en su tan corta vida ya me ha enseñado el significado del estar vivo y apreciar cada detalle.

Siempre procuraré transmitirte nuestro propósito aquí, el cual es aprender y transmitir nuestro conocimiento a la nuevas generaciones, con el fin de sacar el mejor provecho a nuestro corto tiempo bajo las estrellas.

Para ti mi Amara Sofia, que, en tu llegada, ya te has robado mi alma y mi vida entera.

Siempre estaré contigo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas las bendiciones que me ha dado, principalmente por permitirme estar
acá disfrutando de cada oportunidad.

A mi mamá y papá por darme la vida, las enseñanzas y valores que me han formado a
lo largo de mis años como estudiante.

A mis amigos que son pocos, las anécdotas no nos las quita nadie, ustedes fueron
fundamentales en los momentos más difíciles y siempre supieron darme una mano
amiga.

A mis maestros, por todas las enseñanzas que han compartido conmigo durante toda
mi vida estudiantil. Un agradecimiento especial al Ing. Santiago Vaca, Ing. Freddy
Ordoñez y al resto del grupo Sinergy por la oportunidad, por el tiempo y paciencia que
me han brindado durante todo este recorrido.

Finalmente, al amor de mi vida, Jeslyn, no existe forma en que pueda plasmar en
pocas líneas la gratitud que te tengo. Desde tu llegada todo ha sido mejor, este triunfo
es de ambos y siempre estaré agradecido por tu apoyo y por tu ayuda en todo.

A todos espero corresponder a ese apoyo con trabajo y honradez a lo largo de mi vida.

ÍNDICE

Pregunta de Investigación	1
Objetivo general	1
Objetivos específicos	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Vehículos eléctricos.....	2
1.2. Sistemas fotovoltaicos (FV).....	4
Sistemas fotovoltaicos residenciales	5
Sistemas FV residenciales interconectados a la red	5
1.3. Políticas o beneficios que incentiven el uso de las FV y PHEV en el Ecuador	6
2. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	8
3. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Demanda energética en la vivienda	13
3.2. Necesidades de movilidad urbana	14
3.3. Automóvil PHEV	16
Demanda energética del automóvil PHEV	17
3.4. Planteamiento de los escenarios.....	17
3.5. Dimensionamiento del sistema FV	18
Modelamiento del sistema en SAM	18
Información meteorológica.....	18
Modelamiento de la superficie del sistema.....	19
Sombras procedentes por paneles propios del sistema o por objetos cercanos ..	19
Módulo fotovoltaico e inversor	19
Perdidas eléctricas.....	21
3.6. Análisis de viabilidad económica.....	21
Valor actual neto (VAN)	21
Tasa interna de retorno (TIR)	22
Relación Beneficio/Costo (B/C)	22

Periodo de recuperación (PR)	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
Movilidad del quiteño promedio	24
Demanda energética del automóvil	24
Demanda energética en el hogar	25
Requerimiento energético de los escenarios	26
Modelamiento del sistema FV en SAM.....	27
Análisis de viabilidad económica	33
5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	35
5.1. Conclusiones.....	35
5.2. Trabajos futuros	36
Referencias Bibliográficas	38
Anexos	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación del funcionamiento de un sistema FV interconectado a la red.	6
Figura 2.1 Modelo de la vivienda seleccionada para el caso de estudio.....	8
Figura 2.2 Dimensiones de inclinación del techo 1 de la vivienda.....	9
Figura 2.3 Área del techo 1 de la vivienda.....	9
Figura 2.4 Dimensiones de inclinación del techo 2 de la vivienda.....	10
Figura 2.5 Área del techo 2 de la vivienda.....	10
Figura 3.1 Flujograma de la metodología utilizada en el presente estudio.....	12
Figura 3.2 Localización espacial de las diferentes zonas del DMQ.....	15
Figura 3.3 Desplazamientos en Transporte Privado al Hipercentro de Quito.....	15
Figura 3.4 Escenarios separados por componentes planteados para el modelamiento en SAM.	18
Figura 4.1 Demanda energética promedio mensual en el hogar de los encuestados.	25
Figura 4.2 Demanda energética por componente al día por persona dentro de un hogar.	26
Figura 4.3 Demanda eléctrica por escenario al día.....	27
Figura 4.4 Demanda eléctrica por escenario y energía generada por el sistema FV al año.....	30
Figura 4.5 Módulos fotovoltaicos necesarios para cada escenario.	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de vehículos convencionales y no convencionales.	2
Tabla 2.1 Características socioeconómicas promedio para un hogar Nivel B.	11
Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del automóvil PRIUS PLUG-IN ADVANCE.....	17
Tabla 3.2 Consideraciones para la superficie del sistema.	19
Tabla 4.1 Distancias promedio en Transporte privado por sector.	24
Tabla 4.2 Demanda de energía del PHEV.....	25
Tabla 4.3 Especificaciones técnicas y escenarios de aplicación de los módulos fotovoltaicos.....	28
Tabla 4.4 Especificaciones técnicas y escenarios de aplicación de los inversores.	28
Tabla 4.5 Disponibilidad del techo 1 y techo 2 de la vivienda para los módulos FV. ...	32
Tabla 4.6 Costos estimados de cada componente para el sistema FV.	33
Tabla 4.7 Análisis de viabilidad para los diferentes escenarios.	33

RESUMEN

El Ecuador es un país con tipologías climáticas muy variadas que otorgan un excelso potencial para el uso de energías renovables. Dando paso a la implementación de regulaciones que favorecen el uso de energías limpias como la solar, la cual actualmente busca mitigar el impacto ambiental que resulta del uso de combustibles fósiles en los sectores residenciales y de transporte. El presente trabajo tiene como objetivo realizar el análisis de un sistema FV interconectado a la red con inclusión de movilidad eléctrica para una familia de cuatro personas en una vivienda unifamiliar ubicada en Quito, sector la Vicentina. Para esto se determinó el requerimiento energético de la vivienda para actividades domésticas y de movilidad, se analizaron los datos disponibles sobre movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito (encuestas y reportes), y se determinaron las principales cargas de demanda eléctrica dentro del hogar y la movilidad del quiteño promedio para así obtener la carga necesaria para el vehículo designado. El estudio que se presenta a continuación establece cinco escenarios. Estos consideran diferentes requerimientos energéticos basándose en el tipo de cocción, de calentamiento de agua y la movilidad eléctrica dentro de la ciudad. El sistema fue simulado usando el paquete informático técnico-económico System Advisor Model. El resultado de esta simulación entrega el dimensionamiento del sistema FV y el espacio requerido para su implementación. Posterior se realiza un análisis de viabilidad económica teniendo en cuenta los costos de los componentes principales del sistema FV y el costo de electricidad donde se evalúa con y sin subsidio tarifario mediante indicadores como son el VAN, TIR, periodo de recuperación y la relación costo beneficio. Se observa que para el escenario dos en términos de requerimiento energético existe una viabilidad económica de implementación, donde el costo de electricidad no preside del subsidio tarifario. Finalmente, el resto de los escenarios son cubiertos por sus requisitos energéticos sin embargo no resultan viables económicamente.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico residencial, movilidad eléctrica, análisis económico, PHEV, red eléctrica.

ABSTRACT

Ecuador is a country with very varied climatic typologies that grant an excellent potential for the use of renewable energies. Giving way to the implementation of regulations that favor the use of clean energy such as solar, which currently seeks to mitigate the environmental impact resulting from the use of fossil fuels in the residential and transportation sectors. The objective of this work is to carry out the analysis of a PV system interconnected to the grid including electric mobility for a family of four in a single-family home located in Quito, La Vicentina sector. For this, the energy requirement of the house for domestic and mobility activities was determined, the data available on mobility in the Metropolitan District of Quito was analyzed (surveys and reports), and the main loads of electricity demand were determined within the home and the mobility of the average Quito to obtain the necessary load for the designated vehicle. The study presented below establishes five scenarios. These consider different energy requirements based on the type of cooking, water heating and electric mobility within the city. The system was simulated using the technical-economic software package System Advisor Model. The result of this simulation provides the dimensioning of the PV system and the space required for its implementation. Subsequently, an economic viability analysis is carried out considering the costs of the main components of the PV system and the cost of electricity where it is evaluated with and without a tariff subsidy through indicators such as NPV, IRR, recovery period and cost-benefit ratio. It is observed that for scenario two in terms of energy requirement there is an economic feasibility of implementation, where the cost of electricity does not preside over the tariff subsidy. Finally, the rest of the scenarios are covered by their energy requirements, however they are not economically viable.

Keywords: Residential photovoltaic system, electric mobility, economic analysis, PHEV, electricity grid.

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL PARA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.

Pregunta de Investigación

¿Qué características debe tener un sistema residencial FV para que pueda dotar de energía eléctrica a la residencia y las necesidades de movilidad de sus ocupantes dentro del Distrito Metropolitano de Quito?

Objetivo general

Diseñar un sistema fotovoltaico residencial para uso de movilidad eléctrica y que satisfaga la necesidad de energía de una vivienda unifamiliar ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos energéticos para realizar las actividades comunes de la vivienda y de movilidad de los habitantes de esta, para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Establecer los escenarios por componentes energéticos a partir de las necesidades domésticas y de movilidad eléctrica.
- Seleccionar el vehículo de acuerdo con la necesidad de movilidad y que mejor se adapte al modelamiento del sistema FV.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico con inclusión de movilidad eléctrica a través de System Advisor Model (SAM).
- Realizar un análisis económico de los distintos escenarios propuestos para identificar la factibilidad de inversión en la implementación de la movilidad eléctrica con el uso de sistemas fotovoltaicos residenciales.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte es uno de los principales sectores que contribuyen al consumo energético mundial. Además, produce una cuarta parte de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), y es uno de los principales sectores donde las emisiones siguen aumentando. Esto debido a que este sector utiliza principalmente combustibles fósiles (Girod et al., 2013). Según la ONU-Hábitat (2019), las ciudades consumen el 78% de la energía producida mundialmente.

De acuerdo con un informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), la limitación del calentamiento global a 1,5 grados centígrados requerirá una transición rápida y de gran alcance relativa al uso de la energía en los espacios urbanos y rurales, medios de transporte, edificios y los sistemas industriales (Carrere, 2021).

La electrificación de la movilidad, con energías alternativas, se considera una solución atractiva para reducir la dependencia del petróleo e impacto ambiental del transporte por carretera, reducir las emisiones directas de GEI (Weiss et al., 2015). Vehículos con bajas emisiones de GEI, como los vehículos eléctricos o híbridos, ofrecen una alternativa a las tecnologías convencionales de combustibles fósiles.

1.1. Vehículos eléctricos

La mayoría de los automóviles modernos emplean motores de combustión interna (IC), que arrancan rápidamente y proporcionan energía tan pronto como los conductores necesitan. Pero funcionan de manera ineficiente y desperdician energía cuando están inactivos (Sanna, 2005).

Los vehículos que son accionados por electricidad, o la utilizan como fuente principal de energía, emergen para perfeccionar la eficiencia de diseños vehiculares convencionales. Estos automóviles se logran fraccionar en tres clases como se aprecia en la Tabla 1.1 donde se evalúa su funcionamiento y ventajas sobre el vehículo convencional.

Tabla 1.1 Clasificación de vehículos convencionales y no convencionales.

Motor	Ventajas	Desventajas
Vehículo convencional		

Motor de combustión interna	<p>Arranque rápido, aceleración y potencia relativamente rápidas.</p> <p>Excelente autonomía.</p> <p>Toda la red vial está definida para que estos tengan lugares de relleno.</p>	Emisión de GEI, dependencia de los combustibles fósiles.
Vehículos totalmente eléctricos (EV, por sus siglas en inglés)		
Emplean baterías para acumular la energía eléctrica que impulsa uno o más motores.	<p>Las baterías se cargan al conectar el vehículo a la red eléctrica.</p> <p>Frenado regenerativo¹.</p> <p>Carecen de un motor de combustión interna, evitando así la generación de gases de escape.</p>	<p>Existen emisiones que se deducen a partir del llamado “ciclo de vida” que son implícitas en la mayor parte de los sistemas de producción de electricidad del mundo.</p> <p>La autonomía de desplazamiento para cada carga es inferior a la de los vehículos convencionales.</p> <p>Las temperaturas ambiente extremas y conducir a altas velocidades tienden a reducir la autonomía.</p>
Vehículo eléctrico híbrido (HEV, por sus siglas en inglés)		
Motor de combustión interna conjuntamente a un motor eléctrico que aprovecha la energía acumulada en una batería de gran tamaño.	<p>Frenado regenerativo y ahorro de combustible.</p> <p>La batería alimenta las cargas auxiliares y logra disminuir la velocidad de relanti del motor cuando el vehículo está parado.</p>	La batería no puede ser cargada a partir de la red.
Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV, por sus siglas en inglés)		

¹Dispositivo que permite disminuir la velocidad de un vehículo modificando parte de su energía cinética al transformarla en energía eléctrica, la cual es acumulada para un uso futuro.

<p>Motor eléctrico más grande y batería con motor de combustión interna más pequeño que los HEV</p>	<p>Baterías más grandes que los HEV, permitiendo una mayor autonomía. Las baterías se pueden cargar por la red eléctrica o a través del motor de combustión interna y el frenado regenerativo.</p>	<p>Mas caros que los HEV. Debido al motor de combustión debe realizarse mantenimientos constantes. No existe mayor disponibilidad en el mercado.</p>
---	--	--

(Fuente: Sovacool & Hirsh, 2009; U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2015)

Los vehículos no convencionales tienen altas oportunidades de disminución del uso de combustibles producidos a partir del petróleo y la emisión de gases que provocan los vehículos en todo el mundo. Sin embargo, una política de electrificación del transporte podría producir una demanda adicional de electricidad, que podría resultar en un aumento de las emisiones de GEI, si la electricidad se origina a partir de combustibles fósiles (Zhang & Fujimori, 2020).

1.2. Sistemas fotovoltaicos (FV)

Los sistemas FV suplen electricidad a partir de una fuente de energía renovable, la radiación solar. Las instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento solar, en un solo eje o en dos ejes.

Para el 2018, la potencia fotovoltaica instalada en el mundo se ubicaba en 495 GW. La Agencia Internacional de la Energía prevé que para 2040 se haya multiplicado por seis esta potencia, hasta superar los 3000 GW (e incluso los 4800 MW en su escenario más sostenible (acciona, 2020). La luz solar se captura por medio de los módulos FV los cuales son encargados de producir corriente eléctrica continua (CC), la cual para ser aprovechada debe ser transformada a corriente alterna (CA). Esta transformación se realiza con la ayuda de dispositivos denominados inversores. Conjuntamente, se requieren otros componentes para completar el sistema: cables, cajas de conexiones, protecciones, interruptores, baterías o acumulador y un medidor eléctrico bidireccional en el caso de los sistemas interconectados a la red, el cual calcula cuanta electricidad se consume de la red eléctrica y descuenta la electricidad que se entrega a la red, donde dependiendo de la legislación puede generar beneficios económicos o crédito de energía a favor o en contra del consumidor.

Sistemas fotovoltaicos residenciales

Los sistemas FV residenciales son aquellos que no exceden los 20 kW y generalmente se montan en las cubiertas de las viviendas (IRENA, 2012). Estos se aplican cada vez más a las viviendas y tienen como objetivo proporcionar suministro de energía continuo y confiable a las cargas domésticas (Li & Shi, 2019). Estos pueden ser de dos tipos dependiendo su disposición y funcionamiento; sistemas fotovoltaicos conectados a la red y sistemas fotovoltaicos no conectados a la red. La gran mayoría de sistemas instalados son del tipo interconectado a la red, ya que son más baratos económicamente. Esto podría ser beneficioso a la hora de aplicar la electrificación dentro del sector del transporte terrestre ya que reducirían la emisión de GEI en este sector y la dependencia de los combustibles fósiles (Scorrano et al., 2020).

Sistemas FV residenciales interconectados a la red

Este es uno de los sistemas más utilizados en la actualidad y se caracterizan por no poseer un sistema de acumulación (baterías) como se observa en la Figura 1.1, y son los más económicos, ya que generalmente, el mantenimiento requerido se limita a la limpieza de los paneles FV para excluir la suciedad y el polvo.

La energía emanada durante las horas de insolación es encaminada a la red eléctrica y, al inverso, durante las horas de insolación exigua o nula, la carga viene sustentada por la red. De igual manera estos sistemas también pueden proveer carga para un auto, cuando exista un excedente de energía de los paneles FV debido a que hay una baja en la demanda dentro de la residencia.

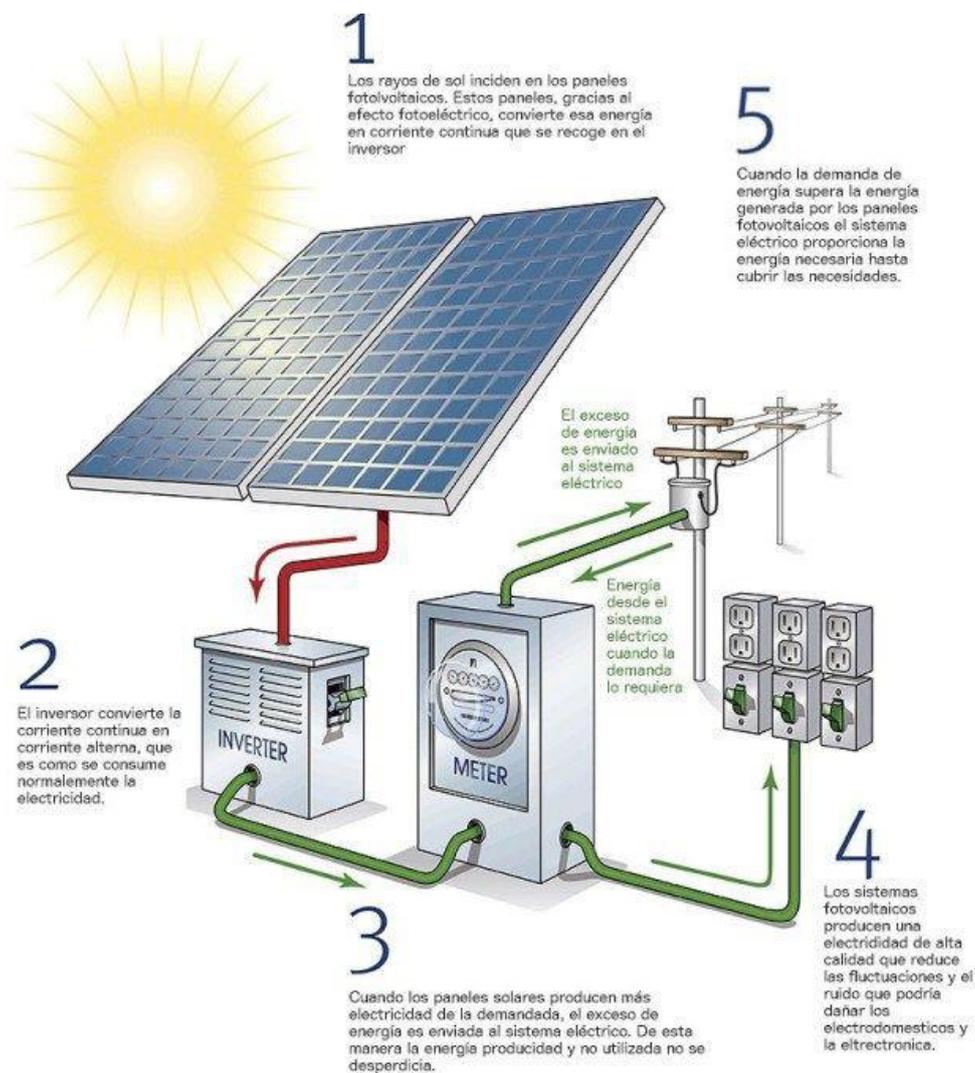


Figura 1.1 Representación del funcionamiento de un sistema FV interconectado a la red.
(Fuente: EcoInventos, 2021)

De tal manera que la energía solar puede ser una servicial alternativa para combatir el consumo energético y la producción de GEI. Sin embargo, esto no se puede conseguir sin una planificación sostenible y la ayuda de políticas o beneficios que garanticen una transición correcta a las energías alternativas.

1.3. Políticas o beneficios que incentiven el uso de las FV y PHEV en el Ecuador

En Ecuador actualmente existe una tarifa diferencial para las personas que dispongan de vehículos eléctricos, sin embargo, los costos de recarga siguen siendo un problema. En el pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica (Dirección de Regulación

Económica y Tarifas del Sector Eléctrico, 2021) se establece los valores a pagar por cargar el vehículo a partir de la red eléctrica con bajo, mediano y alto voltaje donde va a depender de la hora en la que se realice la carga de este teniendo así valores variables en horas pico y horas valle. Sin embargo, si se tiene un sistema de generación autónomo, este puede ampliarse en caso de sumar una nueva carga, como es la del vehículo eléctrico PHEV, sin tener que pasar otra vez por autorizaciones extra de autoconsumo con la distribuidora de electricidad.

En cuanto a la energía fotovoltaica ha existido un avance impresionante por su tecnología y su bajo costo de producción, en Ecuador la REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001/2021 expedida en la Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021 abre la posibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos residenciales conectados a la red. Sin embargo, aún no se ha analizado el impacto de tal implementación para suplir las necesidades de movilidad de los habitantes de la vivienda. Los sistemas fotovoltaicos podrían proveer una mayor descarbonización en el sistema, especialmente cuando son instalados en viviendas, ya que permiten que el usuario del vehículo y el productor de electricidad sean la misma persona. No obstante, estas experiencias en el país son muy limitadas.

En este trabajo de titulación se busca proveer un diseño de un sistema fotovoltaico residencial para satisfacer las necesidades energéticas y de movilidad de sus moradores, considerando el uso de un vehículo PHEV. Para lo cual en el capítulo dos se describe el caso de estudio. En este capítulo se indicarán las características principales como la ubicación, ocupación, construcción y el nivel socioeconómico de la familia y la residencia. En el capítulo tres se describe la metodología usada para obtener los distintos datos de entrada pasando por el planteamiento de los escenarios y así obtener la simulación en SAM para finalmente realizar el análisis de viabilidad económica, en el capítulo cuatro se muestran los resultados y la discusión sobre todo el estudio realizado.

2. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El lugar de construcción será en la ciudad de Quito, sector la Vicentina. La vivienda es unifamiliar para cuatro personas y está conformada por el jefe de hogar, la esposa y dos hijos, es de construcción moderna, posee tres plantas donde el tipo de energía escogida para satisfacer la demanda energética del hogar y de movilidad será la fotovoltaica y el posicionamiento de los módulos fotovoltaicos será analizado en el Techo 1 ubicado en la fachada sur de la casa y el techo 2 ubicado en la fachada norte de la vivienda como se aprecia en la Figura 2.1.

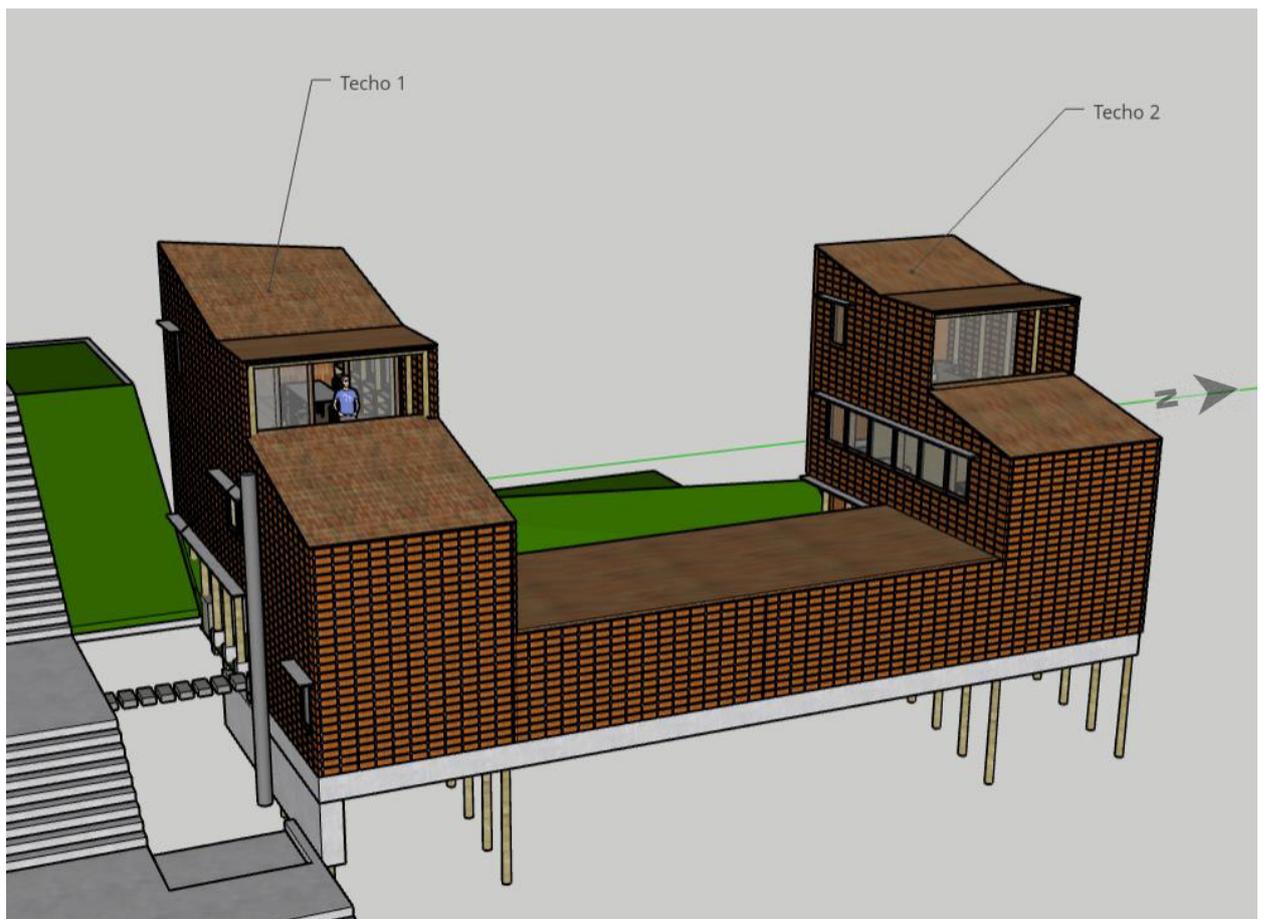


Figura 2.1 Modelo de la vivienda seleccionada para el caso de estudio.
(Fuente: Propia)

El techo 1 presenta una inclinación de 16° con una orientación hacia el Este como se aprecia en la Figura 2.2, donde sus dimensiones están dadas en metros y serán analizados a la hora de definir la superficie del sistema FV.

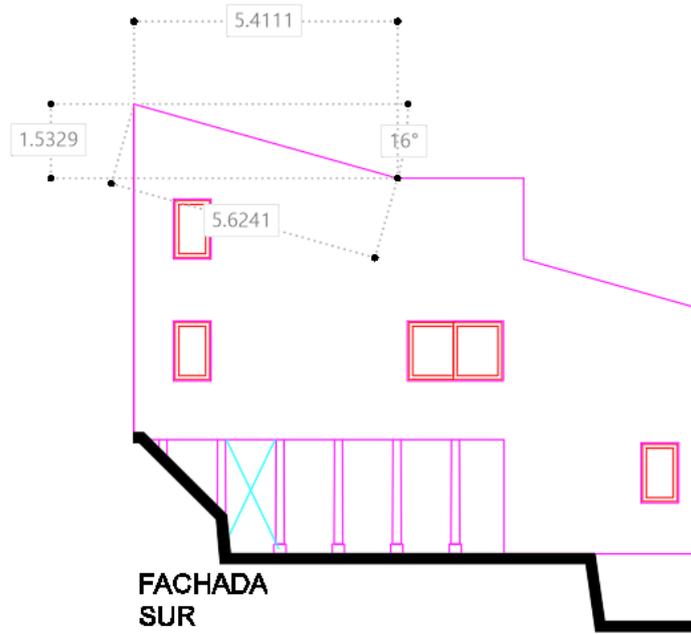


Figura 2.2 Dimensiones de inclinación del techo 1 de la vivienda.
(Fuente: Propia)

De igual manera se puede apreciar el área disponible en metros cuadrados del techo 1 en la Figura 2.3 que servirá para la discusión del posicionamiento de los módulos fotovoltaicos.

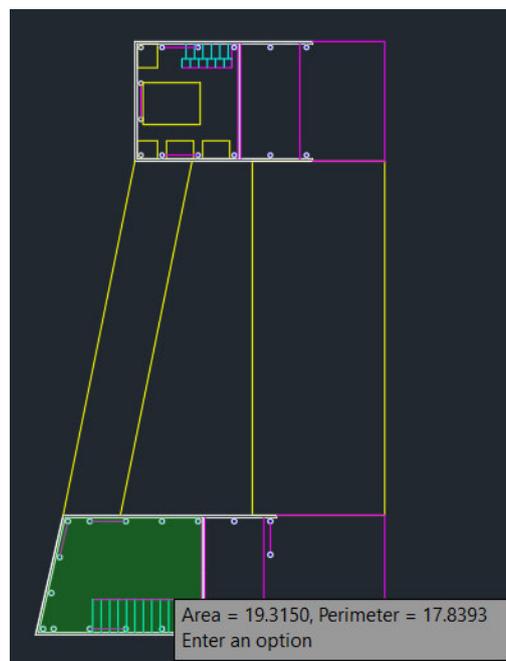


Figura 2.3 Área del techo 1 de la vivienda.
(Fuente: Propia)

El techo 2 de igual manera presenta una inclinación de 16° y una orientación hacia el Este como se aprecia en la Figura 2.4, estos datos están dados en metros y serán analizados a la hora de definir la superficie del sistema FV.

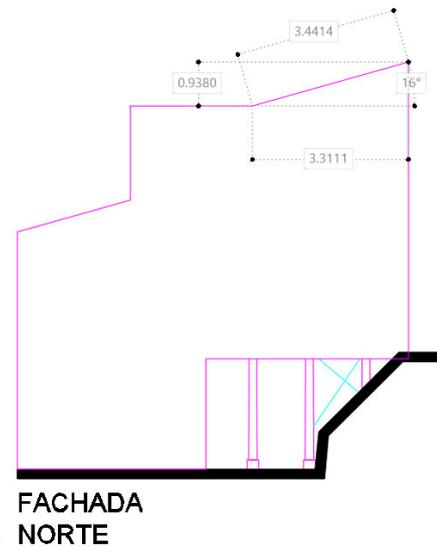


Figura 2.4 Dimensiones de inclinación del techo 2 de la vivienda.
(Fuente: Propia)

De igual manera se puede apreciar el área en metros cuadrados disponible del techo 2 en la Figura 2.5 que servirá para la discusión del posicionamiento de los módulos fotovoltaicos.

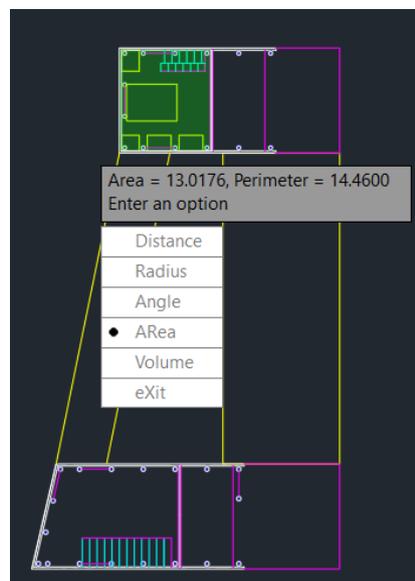


Figura 2.5 Área del techo 2 de la vivienda.
(Fuente: Propia)

El lugar de estudio es cercano a la Escuela Politécnica Nacional, razón por la cual se toma esta ubicación para el estudio son (0° 12' 41,64" S 78° 29' 19,076" W) proporcionando una elevación de 2809 metros sobre el nivel del mar. Alrededor de este lugar estarán definidas las condiciones de movilidad y el modelamiento del sistema FV.

El nivel socioeconómico seleccionado para la familia es de Nivel B según la Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico NSE (INEC, 2011), donde las características principales se puede apreciar en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características socioeconómicas promedio para un hogar Nivel B.

Características de la vivienda	El componente dominante del piso de la vivienda es de duela, parquet, tablón o piso flotante. En promedio se tiene dos cuartos de baño con ducha de uso propio para el hogar.
Bienes	En promedio goza de servicio de teléfono fijo, lavadora, dos televisores, cocina con horno, refrigeradora, equipo de sonido, y un automóvil de uso propio para el hogar.
Tecnología	Cuentan con servicio de internet y computadora de escritorio. Asimismo, puede disponer de laptop y en promedio tres teléfonos móviles en el hogar.
Hábitos de consumo	Las individuos del hogar adquieren en gran parte la vestimenta en centros comerciales. Manejan el internet, e-mail personal y están registrados en alguna página social en la red.
Educación	El jefe de hogar posee un nivel de educación superior
Economía	Los jefes de hogar se instruyen como científicos, intelectuales, técnicos y profesionales del nivel medio. Pueden estar velados por algún seguro (IESS, ISSFA o ISSPOL) o al igual que pueden tener seguro de salud privada.

(Fuente: INEC, 2011)

El automóvil seleccionado para la movilidad dentro de la ciudad será un PHEV de una casa comercial disponible en el mercado ecuatoriano. Tomando en cuenta que la familia que vivirá en la vivienda tiene un perfil de necesidad de movilidad similar al quiteño promedio que usa por lo menos un automóvil privado. Este vehículo será utilizado por una persona del hogar y será cargado una vez al día en el hogar, de preferencia en la noche.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se especifica la metodología implementada para el actual estudio en el cual a partir del flujograma (Figura 3.1) se aprecian los pasos que permiten llegar al diseño del sistema FV y su análisis de viabilidad económica.

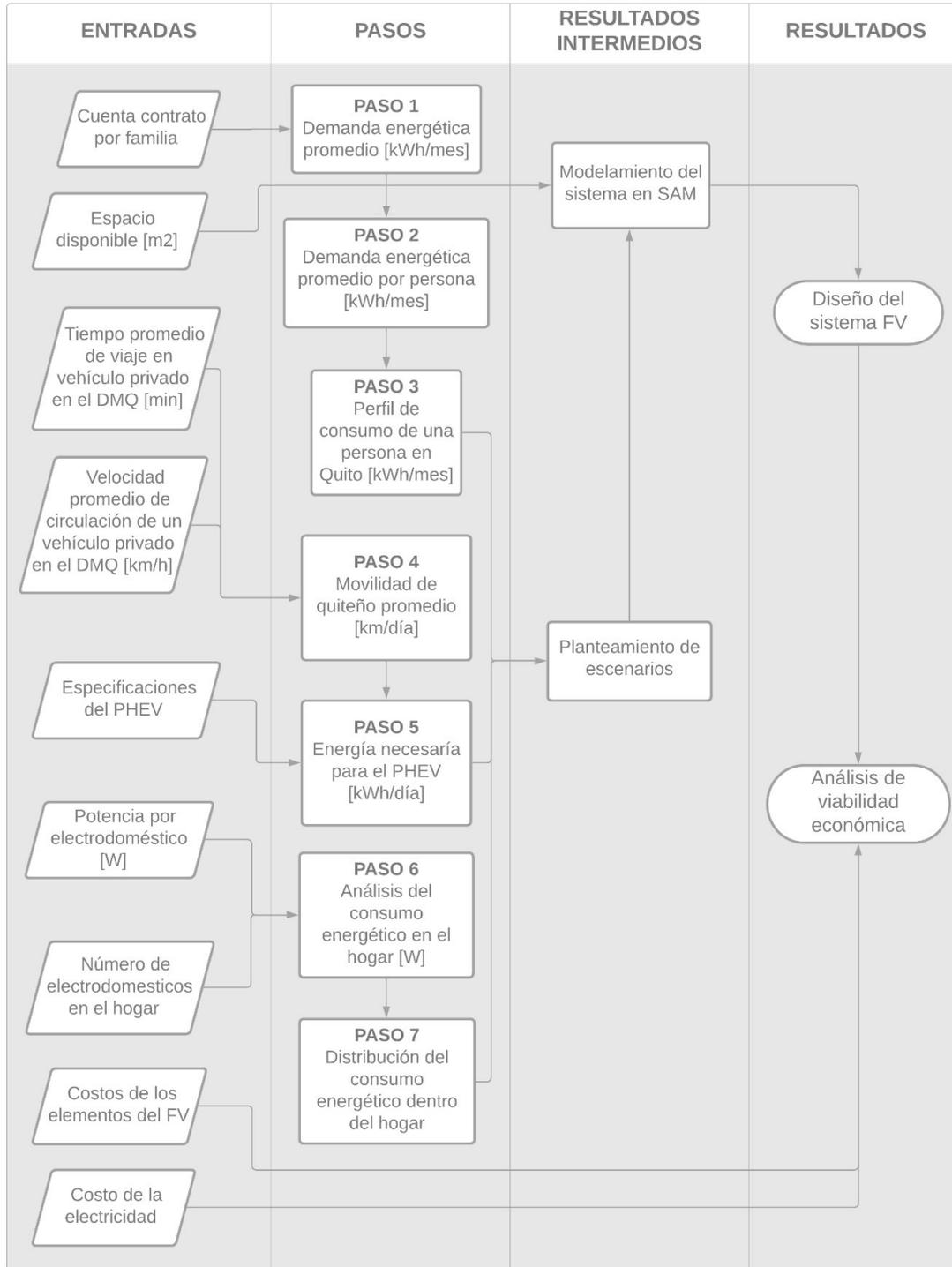


Figura 3.1 Flujo de la metodología utilizada en el presente estudio.
(Fuente: Propia)

Donde el proceso inicia en la recopilación de datos, dadas por encuestas detalladas más adelante, en las cuales se obtiene información como la cuenta contrato, el número de electrodomésticos y su potencia [W] permitiendo obtener la demanda energética de los habitantes de la vivienda. De igual manera para la movilidad eléctrica se indaga en los datos disponibles de movilidad en el DMQ que permite definir el perfil de movilidad del quiteño promedio y ligado con las especificaciones del PHEV seleccionado llegar a la demanda de energía necesaria de carga para el automóvil. De esta manera se procede al planteamiento de escenarios tomando en cuenta la distribución del consumo energético dentro del hogar y las características socioeconómicas mencionadas en el capítulo anterior permitiendo así el modelamiento del sistema en SAM y llegar a los resultados y su análisis presentados en el siguiente capítulo.

3.1. Demanda energética en la vivienda

El perfil de consumo de una persona en Quito se construye a partir de datos reales de familias que residen en el DMQ. Se evaluará el requerimiento energético por parte de los habitantes de la vivienda mediante encuestas de consumo eléctrico a diferentes familias residentes en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), disponible en el Anexo II. De esta forma se obtendrá ciertos datos de interés para el estudio como el consumo energético dentro del hogar por electrodoméstico, los hábitos de consumo dentro de la cocina, al igual que la cuenta contrato, con la cual se ingresa en la página de la EMPRESA ELÉCTRICA QUITO para obtener el historial de consumo en el hogar a partir del año 2017 en adelante. Los encuestados presentan un perfil universitario seleccionadas principalmente por el grado de fidelidad en las respuestas.

Se sabe que cada familia que hace uso de la red eléctrica dentro de la jurisdicción de la Empresa Eléctrica Quito (EQQ), dispone de una cuenta contrato. Este es un número de identificación comercial (códigos alfanuméricos), mediante el cual la EQQ identifica a un consumidor del servicio público de energía eléctrica (GOB.EC, 2019). Dentro de la información proporcionada por la cuenta contrato se puede visualizar el consumo energético facturado de cada vivienda (medidor).

Si bien se pueden usar los datos desde el 2017 hasta la fecha, para el presente trabajo se considera que el consumo energético durante la pandemia es temporal y no representativo. Debido a esto, se toma el historial de consumo energético por hogar del año 2019, siendo un año representativo de consumo anterior a la pandemia.

Se tiene un desglose de consumo energético por mes (EMPRESA ELÉCTRICA QUITO, 2021), los cuales se tratan estadísticamente. Primero se obtiene el promedio mensual de todo el año 2019 de cada una de las 21 familias que respondieron la encuestas, pero para esto se eliminan las observaciones anormales. En este estudio, son lecturas bajas que se dan por que la familia no estuvo en el hogar o porque no existe lectura de ciertos meses en la página ya que puede ser nueva la vivienda o existió cambio de propietario.

Luego se divide por componentes a modo de electrodomésticos, tipo de cocción y calentamiento de agua. Para el tipo de cocción se tiene la cocina a gas y a inducción. Para el calentamiento de agua se tiene por calefón a gas, ducha y calefón eléctricos. Todos los cálculos son realizados para una unidad funcional de una persona por vivienda. Es decir, una vez separado por componentes se promedia y los valores obtenidos se dividen por el número de ocupantes de cada vivienda teniendo así el consumo energético que necesita una persona por componente en el hogar. Luego este valor es multiplicado por los cuatro ocupantes de la vivienda de la casa de estudio.

3.2. Necesidades de movilidad urbana

Para el caso de movilidad se realiza el estudio en base a los datos disponibles en el Plan Maestro de Movilidad (PMM) para el Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025, los cuales detallan información acerca del entorno de la movilidad en el DMQ al año 2008 con una tendencia hasta el 2025.

Se sabe que la macro centralidad de Quito acoge al 72% de la metrópoli del DMQ, donde se encierra una eminente concentración de equipamientos urbanos, servicios públicos, comerciales, financieros, educativos y de profesionales liberales (Núñez et al., 2009a). Y que, dentro de esta se sitúa conjuntamente una zona, el hipercentro, donde los índices de concentración de población son aún más excelsos. En conjunto las dos zonas mencionadas que se muestran en la Figura 3.2 , son los lugares urbanos que mayor número de viajes generan o reciben. De modo que, son lugares que necesitan un cuidado profundo en términos de movilidad.

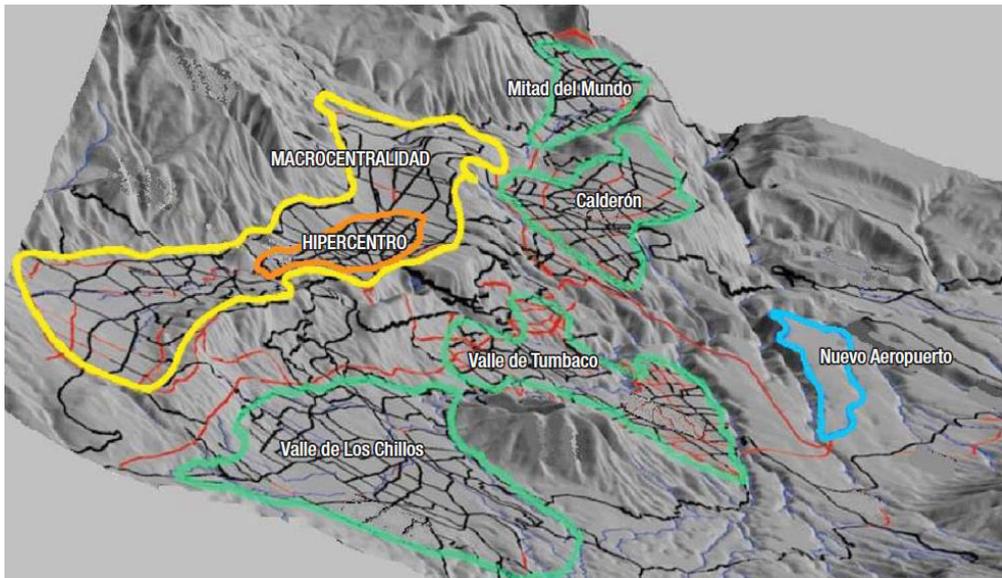


Figura 3.2 Localización espacial de las diferentes zonas del DMQ.
(Fuente: Núñez et al., 2009)

En específico, se usarán los datos relacionados al transporte privado (TPr) como se muestran en la Figura 3.3 donde se analiza la movilidad entorno al hipercentro (HC) de la ciudad.

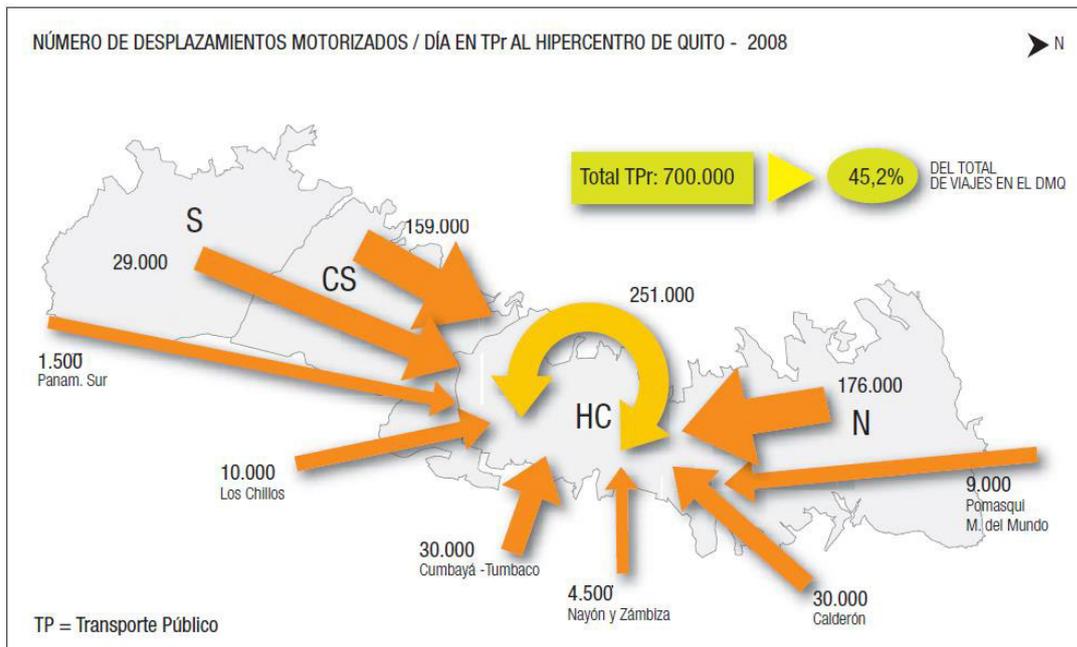


Figura 3.3 Desplazamientos en Transporte Privado al Hipercentro de Quito.
(Fuente: Núñez et al., 2009b)

A partir de estos datos los cuales se pueden observar más a detalle en el Anexo I, se conforma la movilidad de un quiteño promedio dentro del DMQ, utilizando la ecuación (3.1).

$$D_{prom. \text{ en } TPr} = V_{prom.} * tiempo \quad (3.1)$$

La cual se puede mejorar al tomar en cuenta el número de desplazamientos en transporte privado al día, esto con el fin de limitar las zonas con mayor desplazamiento vehicular. Se aplica un factor de desplazamiento (FD) mediante la ecuación (3.2) de la siguiente manera.

$$FD = \frac{N^{\circ} \text{ desplazamientos por sector al HC}}{N^{\circ} \text{ total de desplazamientos al HC}} * 100\% \quad (3.2)$$

De esta forma se tendrá la distancia promedio por sector aplicado el factor (D_{FD}) en la ecuación (3.3), a partir de las ecuaciones (3.1) y (3.2).

$$D_{FD} = FD * D_{prom. \text{ en } TPr} \quad (3.3)$$

Y el valor de la distancia promedio total (\bar{X}) sería:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{prom. \text{ aplicado } FD_i}}{n} \quad (3.4)$$

Donde n , es el número de sectores. Por consiguiente, esta distancia deberá ser corroborada con una encuesta de movilidad aplicada a 30 familias del DMQ de perfil universitario donde se obtiene la movilidad promedio de los miembros de familia entre semana y los fines de semana, sus principales razones de movilidad dentro de la ciudad, al igual que su disposición de un automóvil y su uso dentro de la ciudad, esta se encuentra en el Anexo II. De esta manera se realizará un análisis de la movilidad con los datos disponibles en comparación a la movilidad de un escenario prepandemia en la ciudad de Quito.

3.3. Automóvil PHEV

Para el presente trabajo se busca un automóvil PHEV que satisfaga las necesidades de la familia y cumpla con los requisitos de movilidad dentro de la ciudad. Para ello se selecciona el automóvil Toyota Prius Plug-in PHEV Hybrid Advance, el cual tiene las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 3.1 Especificaciones técnicas del automóvil PRIUS PLUG-IN ADVANCE.

Autonomía en modo eléctrico (km)	50
Capacidad Batería HV (kWh)	8,8
Consumo en condiciones mixtas WLTP (L/100 km)	1,3

(Fuente: TOYOTA FRANCE, 2020)

Demanda energética del automóvil PHEV

Se asume un escenario donde el motor eléctrico va a estar apoyado del motor a combustión sabiendo que existen días que el PHEV se movilizará más allá del promedio calculado y de igual manera para corregir los desajustes de potencia del automóvil. De tal forma el factor representa el consumo del motor a combustión (FMC), como se tiene en la ecuación (3.5).

$$Demanda\ de\ carga_{FMC} = 50\% * Demanda\ de\ carga \quad (3.5)$$

Donde al saber cuál es la movilidad de un quiteño promedio (MQ) y las especificaciones técnicas del PHEV con el que se va a movilizar la familia se puede obtener la demanda de carga necesaria para el automóvil en modo eléctrico como se muestra en la ecuación (3.6) sabiendo que este solo será usado por una persona de la familia y estará funcionando con el factor antes mencionado.

$$Demanda\ de\ carga = \frac{MQ * Capacidad\ Bateria\ HV}{Autonomía\ en\ modo\ eléctrico} \quad (3.6)$$

3.4. Planteamiento de los escenarios

Los escenarios están desarrollados a partir de las principales componentes responsables de la demanda energética dentro de un hogar quiteño promedio, como se muestra en la Figura 3.4, donde la demanda energética por escenario se divide en movilidad de color amarillo y la no movilidad de color verde.

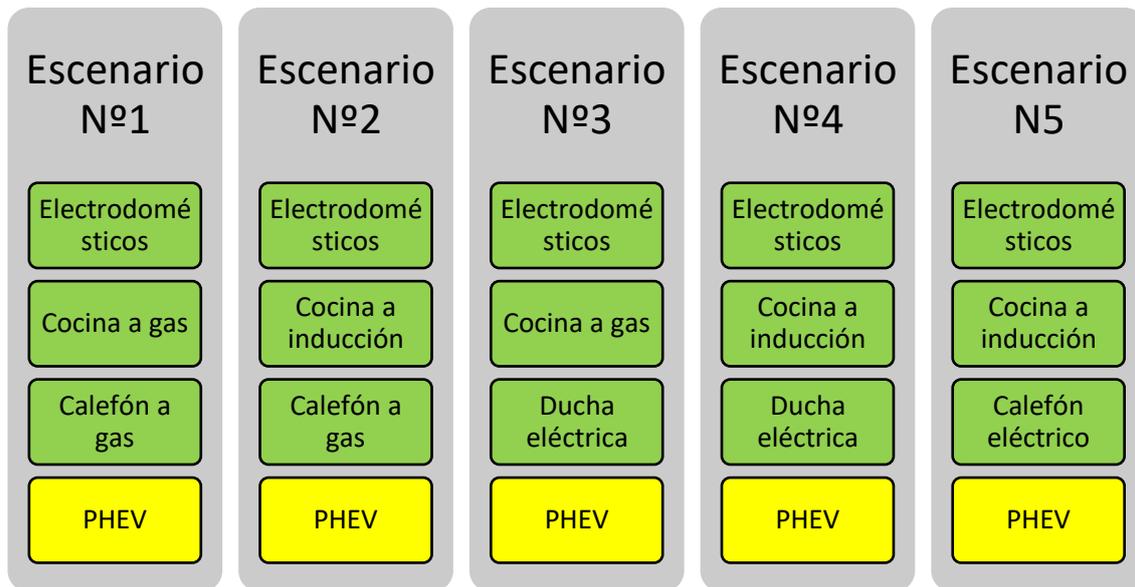


Figura 3.4 Escenarios separados por componentes planteados para el modelamiento en SAM.

(Fuente: Propia)

3.5. Dimensionamiento del sistema FV

Modelamiento del sistema en SAM

El paquete computacional seleccionado para realizar el modelamiento de los escenarios es System Advisor Model (SAM). Este programa permite predicciones de rendimiento para proyectos de energía en base a los parámetros de diseño que se van a definir a continuación.

Información meteorológica

A partir de la ubicación establecida en la sección del caso de estudio se va a obtener la información meteorológica y posterior el potencial de radiación solar en el sitio como se representa a continuación.

La información meteorológica se obtiene a partir de bases de datos en línea del National Renewable Energy Laboratory – National Solar Radiation Database (NREL-NSRDB), la misma está disponible en SAM (NREL, 2020).

Para el modelamiento del sistema se ha utilizado un año típico meteorológico (TMY), este es un año representativo, es decir toma la información de varios años registrados y analiza 12 meses que representen mejor las condiciones típicas durante el periodo a largo plazo.

Modelamiento de la superficie del sistema

En este estudio se determina un arreglo fijo teniendo en cuenta las características del sitio donde se instalará. Los parámetros necesarios para determinar la posición de los módulos FV se basan en el ángulo de elevación y ángulo azimut, estas se pueden apreciar en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Consideraciones para la superficie del sistema.

Tipo de arreglo	Arreglo fijo
Ángulo de elevación (°)	16
Ángulo azimut (°)	90

(Fuente: Propia)

Debido a la inclinación del techo de la vivienda para el caso de estudio el ángulo de elevación será de 16° y debido a las limitaciones espaciales que tenemos de la arquitectura del lugar el sistema FV debe estar orientado hacia al este, teniendo así un ángulo de azimut de 90° según la configuración que presenta SAM.

Sombras procedentes por paneles propios del sistema o por objetos cercanos

El sombreado de objetos cercanos a la matriz, como edificios, postes, árboles, colinas etc. produce una reducción de la irradiancia incidente. SAM representa el porcentaje de pérdida por sombreado durante cada hora a lo largo del día por factores de pérdida. En cuanto a las sombras producidas por los módulos propios del sistema estos se ven afectados por el apartamiento entre las hileras de los arreglos de paneles.

Contemplando el posicionamiento del sistema FV y la arquitectura del lugar se considera que no existirá sombras producidas por paneles del mismo arreglo. En cuanto a la presencia de objetos cercanos tampoco se considera un factor importante para el presente trabajo, ya que los paneles se instalarán en la cubierta mas alta, que se encuentra libre de sombras.

Módulo fotovoltaico e inversor

La viabilidad del uso de un PHEV depende de los costos del vehículo y del combustible, así como del rango de conducción y los costos de la infraestructura de carga (Coffman et al., 2017). Por tal motivo al ser un sistema FV interconectado a la red, el sistema comprende módulos FV e inversores, pero no de un banco de baterías.

- **Módulo fotovoltaico**

Al tener varios escenarios se debe elegir los módulos que mejor se adapten al modelo usando la información disponible en SAM y que se encuentren disponibles en el mercado ecuatoriano con el fin de poder analizar su viabilidad más adelante.

La energía en DC que se obtiene a la salida del arreglo de módulos fotovoltaicos se la obtiene a través del modelo de diodo único de cinco parámetros (Gilman, 2015), este es implementado por SAM y este permite calcular la corriente y el voltaje de un módulo en un rango de condiciones de recursos solares (representadas por una curva I-V) utilizando un circuito eléctrico equivalente cuyas propiedades eléctricas se pueden determinar a partir de un conjunto de cinco parámetros de referencia.

Estos cinco parámetros son la fotocorriente I_L , la corriente de saturación inversa I_0 , dados en condiciones de referencia y la resistencia en serie (constante) R_s , resistencia de derivación R_{sh} , y el factor de idealidad α , entregados por las propiedades eléctricas propias del fabricante del módulo.

De igual manera el funcionamiento del módulo fotovoltaico depende de la temperatura del panel ya que la potencia de este puede disminuir al aumentar la temperatura. Para establecer la temperatura de operación del módulo se empleara el modelo de temperatura de la celda de transferencia de calor desarrollado por Neises (2011), este método es implementado por SAM y utiliza un modelo de transferencia de calor de estado estable para calcular las temperaturas de la celda. Los algoritmos de corrección de temperatura utilizan la velocidad del viento y los datos de temperatura ambiente (bulbo seco) del archivo meteorológico (NREL, 2020).

- **Inversor**

En cuanto a la selección de los inversores deben ser adecuados y al igual que los módulos deben estar disponibles en SAM y en el mercado ecuatoriano. Cabe recalcar que se busca obtener un factor de conversión de AC/DC igual a 1 dentro de la simulación con el fin de tener una mínima pérdida de potencia.

Pérdidas eléctricas

En pérdidas eléctricas se asumen los valores predeterminados por SAM. Para el lado DC del sistema se establece un total de 4,5% dividido en 2% de pérdidas en cableados, 2% para los desfases en el módulo (mismatch) y 0,5% en pérdidas debido a los diodos y conexiones de protección. Para las pérdidas eléctricas en el cableado AC entre el inversor y el punto de conexión a la red del sistema se establece un valor del 1%.

3.6. Análisis de viabilidad económica

El análisis de viabilidad económica medirá la bondad económica de cada uno de los escenarios debido a su rentabilidad o rendimiento aplicando los siguientes métodos de evaluación.

Valor actual neto (VAN)

Es el valor logrado a la actualidad, segregado para cada año (o periodo de vida del proyecto), la diferencia entre todas las entradas (ingresos) y salidas (egresos) de efectivos que se originan durante toda la existencia de un proyecto a una tasa de interés fija determinada con anterioridad. Esta diferencia se actualiza hasta el instante en que se da por iniciado el proyecto (Rodríguez et al., 2014). Entonces, matemáticamente el VAN puede expresarse como sigue.

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{(I_j - E_j)}{(1 + i)^j} - \ln I \quad (3.7)$$

Dada una tasa de interés pasiva referencial anual (i) de 7,48% al mes de octubre del año 2021 (BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 2021) para el presente análisis. El estudio se hace a un periodo (n) de 20 años sabiendo que ese es el promedio de vida útil de un sistema fotovoltaico.

Se tiene que las entradas o ingresos (I_j) van a ser consideradas el ahorro que se tiene al realizar el pago de la factura de la electricidad (PFL) al año establecido en la ecuación (3.8).

$$PFL = CE * PME \quad (3.8)$$

Donde (CE) es el consumo de energía de los principales componentes del hogar en cada escenario, y el precio medio de la energía (PME) es analizado para dos casos; donde no se aplica el subsidio cruzado (NS) en el sector residencial teniendo un valor de 10,11 USD c/kWh y para el caso facturado a clientes regulados considerando los subsidios (S) para el DMQ en el año 2020 (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020) siendo el costo de 9,19 USD c/kWh.

Las salidas o egresos (E_j) van a ser los costes anualizados de operación y mantenimiento OM definidos en 1% del costo total de la inversión (Muñoz et al., 2018). Y la inversión inicial (I) del proyecto serán los costos estimados de cada componente FV en el mercado ecuatoriano. Se considera que los costos relacionados con mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y equipamiento de protección ineludibles para la instalación alcanzan en conjunto un valor de 0,27 USD/Wp.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa de descuento o tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa de reajuste a la cual el valor presente de las entradas en efectivo es igual al valor presente de las salidas en efectivo de un proyecto (Rodríguez et al., 2014). En otras palabras, es la relación en la que el valor presente de lo producido por el proyecto es igual al valor presente de la inversión, es decir, el valor actual neto del proyecto es cero. Se expresa de la siguiente manera.

$$\ln I = \sum_{j=1}^n \frac{(I_j - E_j)}{(1 + i)^j} \quad (3.9)$$

Donde en este caso, la (i) es la tasa de descuento ajustada el riesgo que se va a obtener.

Relación Beneficio/Costo (B/C)

La relación expone una razón, afirmando que la relación de beneficios supera a los costos (Alvarado, 2014). Cabe señalar que el cálculo requiere que los beneficios y los costos estén en la misma unidad de tiempo, tal como se describe a continuación.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum VPI}{\sum VPE} \quad (3.10)$$

Donde $\sum VPI$ es el valor presente de todos los ingresos y $\sum VPE$ es el valor presente de los egresos que existirán en el periodo de vida útil del proyecto.

Periodo de recuperación (PR)

Este es un procedimiento a montos constantes, el cual radica en sumar los montos del flujo de caja (F) las veces necesarias hasta que la suma sea mayor o igual a la inversión inicial (I_o). Como se aprecia en la ecuación (3.11).

$$PR = n + \frac{I_o - \sum F}{F_t} \quad (3.11)$$

Donde (n) se refiere al número de periodos que anteceden hasta el instante donde se completa la recuperación de la (I_o). Por su parte ($\sum F$) concierne a la suma de los flujos de caja hasta llegar al final del periodo correspondiente a (n). Por último, (F_t) simboliza el valor del flujo de caja creado en el año en el que se obtiene la recuperación de la inversión.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados son expuestos de forma consecutiva en función de la etapa de análisis, obteniendo así el modelamiento en SAM y como parte final los resultados del análisis de viabilidad económica.

Movilidad del quiteño promedio

Considerando que el tiempo promedio de un viaje en vehículo privado es de 23 minutos (Núñez et al., 2009b) se tiene una distancia promedio en TPr de 13,70 km en un solo sentido para un quiteño promedio dentro del DMQ como se aprecia en la Tabla 4.1 pero al aplicar el factor de desplazamiento por sector se obtiene una delimitación de zonas con mayor desplazamiento vehicular de esta manera se obtiene una distancia promedio de 9,68 km en un solo sentido.

Tabla 4.1 Distancias promedio en Transporte privado por sector.

Año de estudio	SECTOR	Distancia promedio en TPr	Distancia promedio en TPr aplicado el FD
		km	km
2008	Sur	10,62	0,44
	Centro Sur	10,62	2,41
	Hipercentro	6,86	2,46
	Panamericana Sur	23,92	0,05
	Los Chillos	12,61	0,18
	Cumbaya- Tumbaco	12,61	0,54
	Nayón y Zámbriza	12,61	0,08
	Norte	10,62	2,67
	Calderón	12,61	0,54
	Pomasquí - Mitad del mundo	23,92	0,31
	PROMEDIO	13,70	9,68

(Fuente: Propia)

En consecuencia, la distancia promedio tomando en cuenta ida y vuelta al hipercentro de la ciudad es de 19.36 km.

Demanda energética del automóvil

Una vez determinada la movilidad del quiteño se procede a calcular la demanda energética del PHEV, esta se presenta en la Tabla 4.2 donde el valor de carga se muestra en modo eléctrico y aplicado el factor que representa el uso del motor de combustión.

Tabla 4.2 Demanda de energía del PHEV

Combinación de carga para el PHEV	Valor de carga [kWh/día]
Solo motor eléctrico	3,41
Motor eléctrico + Motor a combustión al 50%	1,70

(Fuente: Propia)

Demanda energética en el hogar

Una de las más importantes orientaciones de este estudio es el análisis de la demanda energética dentro de un hogar. Por este motivo en respuesta a las encuestas realizadas se obtiene el consumo promedio mensual de todas las familias (Figura 4.1) a partir del cual se obtiene los componentes responsables de la demanda energética dentro del hogar.

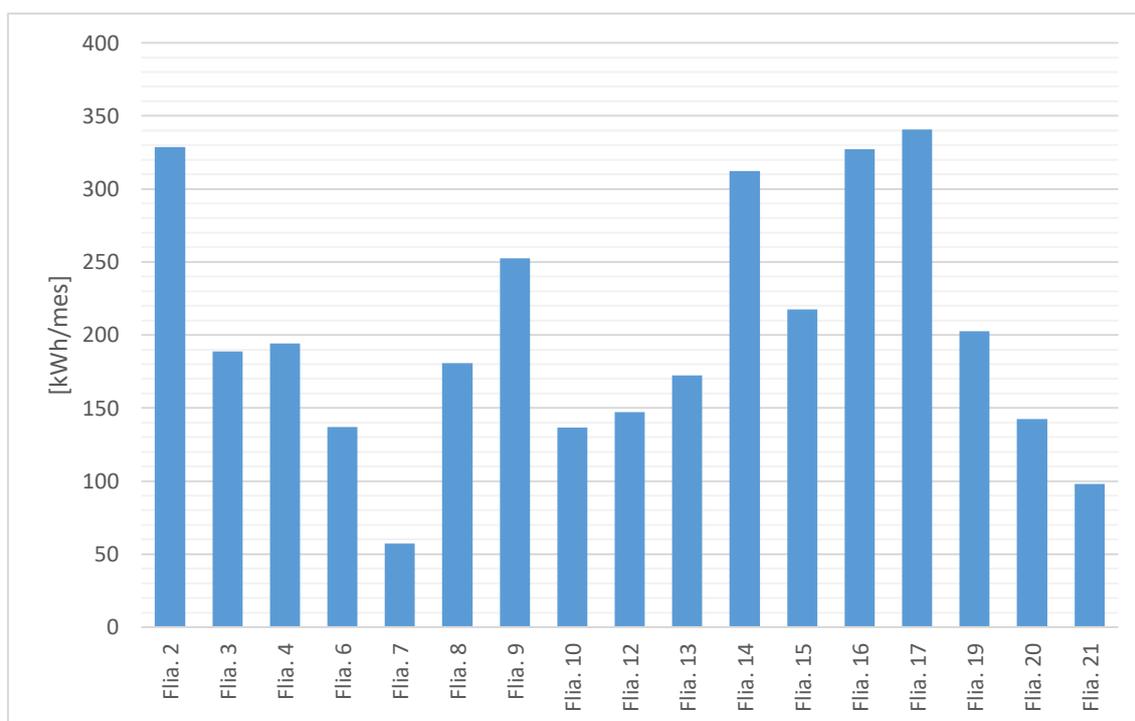


Figura 4.1 Demanda energética promedio mensual en el hogar de los encuestados.
(Fuente: propia)

Una vez realizado la separación categórica se logra obtener la demanda energética por persona dentro del hogar separadas en componentes, sin tomar en cuenta la movilidad (Figura 4.2.). De tal modo estos valores serán usados para formar los escenarios.

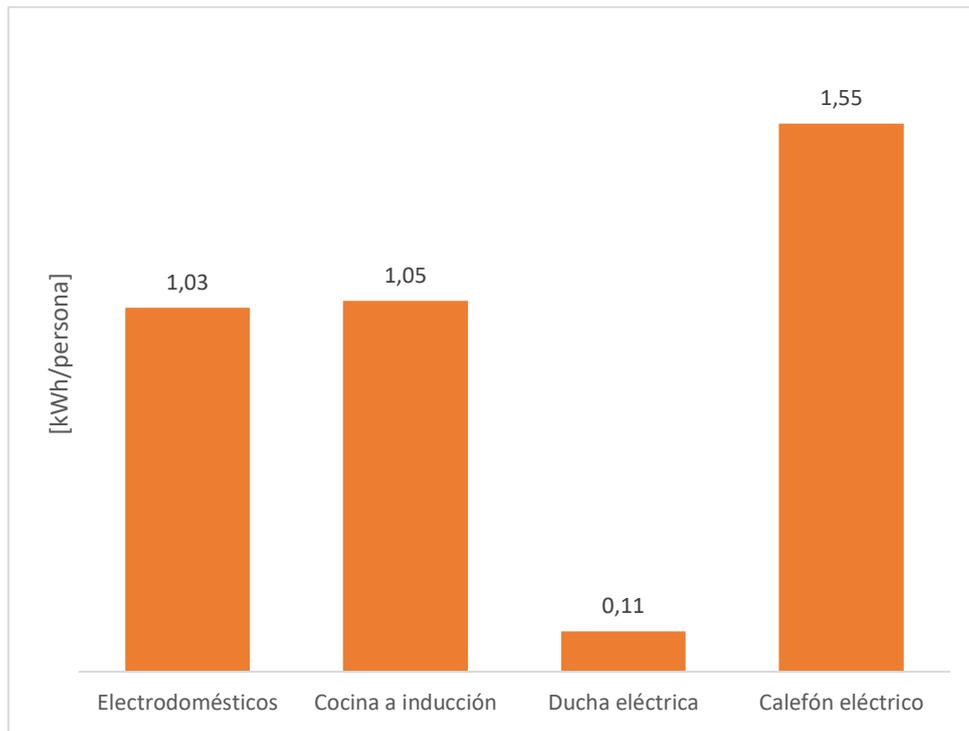


Figura 4.2 Demanda energética por componente al día por persona dentro de un hogar.
(Fuente: propia)

Requerimiento energético de los escenarios

La demanda eléctrica necesaria al día al igual que la concepción de cada componente por escenario se muestra en la Figura 4.3 donde el escenario 5 es el más representativo.

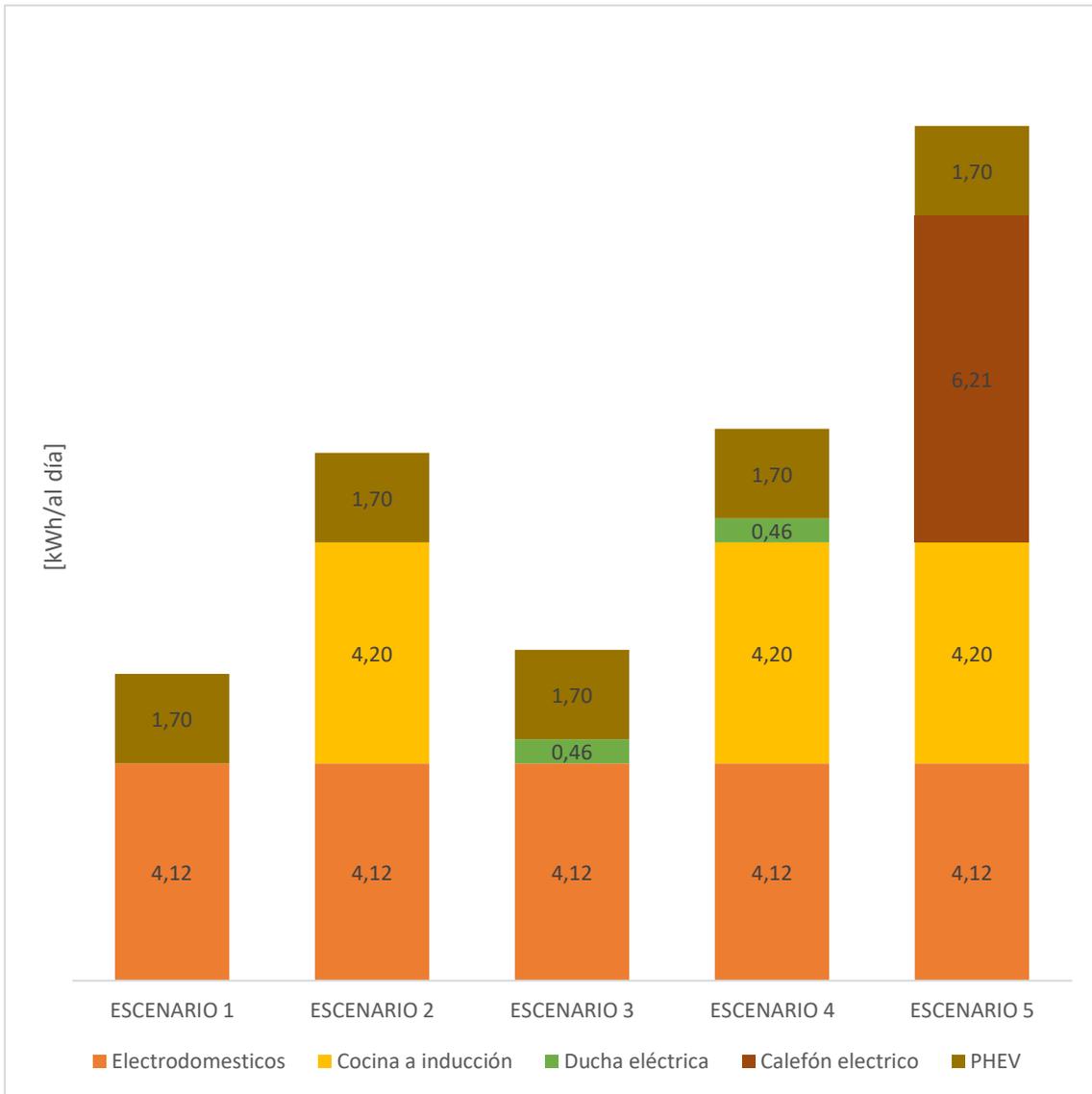


Figura 4.3 Demanda eléctrica por escenario al día
(Fuente: propia)

Modelamiento del sistema FV en SAM

A partir del planteamiento de escenarios y del modelamiento en SAM se tiene los módulos fotovoltaicos e inversores seleccionados presentados en las Tabla 4.3 y Tabla 4.4 donde se pueden observar las especificaciones técnicas y sus escenarios de aplicación.

Tabla 4.3 Especificaciones técnicas y escenarios de aplicación de los módulos fotovoltaicos.

		SunPower SPR-X21- 345-COM	Bluesun Solar Energy BSM310M-60
Potencia Máxima [Wdc]	Pmp	344,946	310,530
Eficiencia Nominal [%]		21,1494	19,0509
Voltaje de máxima Potencia [Vdc]	Vmp	57,3	33,0
Corriente de máxima potencia [Adc]	Imp	6,0	9,4
Voltaje en circuito abierto [Vdc]	Voc	68,2	40,2
Corriente de cortocircuito [Adc]	Isc	6,4	10,1
Escenario de aplicación	Nº1	X	
	Nº2		X
	Nº3	X	
	Nº4		X
	Nº5	X	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.4 Especificaciones técnicas y escenarios de aplicación de los inversores.

	Growatt 1500-US [240V]	Growatt 2500HF-US [240V]	Growatt 2000HF-US [240V]	SMA SB2500HFUS -30 [240V]	SMA SB3000US [240V]
Eficiencia en función de la normativa europea [%]	95,566	94,667	94,628	96,294	95,208
Potencia Máxima en AC [Wac]	1650	2500	2000	2530	3000
Potencia Máxima en DC [Wdc]	1708,22	2618,01	2092,74	2620,36	3154,68

Potencia consumida durante la operación [Wdc]	15,5607	22,8173	24,1145	15,4278	19,677
Potencia consumida durante la noche [Wac]	0,495	0,75	0,6	0,759	0,9
Voltaje nominal en AC [Vac]	240	240	240	240	240
Voltaje máximo en DC [Vdc]	360	450	450	480	400
Corriente máxima en DC [Adc]	5,17641	7,27225	5,81317	6,31412	12,6187
Voltaje mínimo en DC para el sistema MPPT [Vdc]	100	100	100	100	100
Voltaje nominal en DC [Vdc]	330	360	360	415	250
Voltaje máximo en DC para el sistema MPPT [Vdc]	360	450	450	480	400
Escenario de aplicación	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5

(Fuente: Propia)

La energía eléctrica generada por el sistema FV para satisfacer cada escenario es superior y cubre toda la demanda establecida como se aprecia en la Figura 4.4, de tal forma que cada simulación fue realizada correctamente y los módulos FV y los inversores también fueron escogidos correctamente.

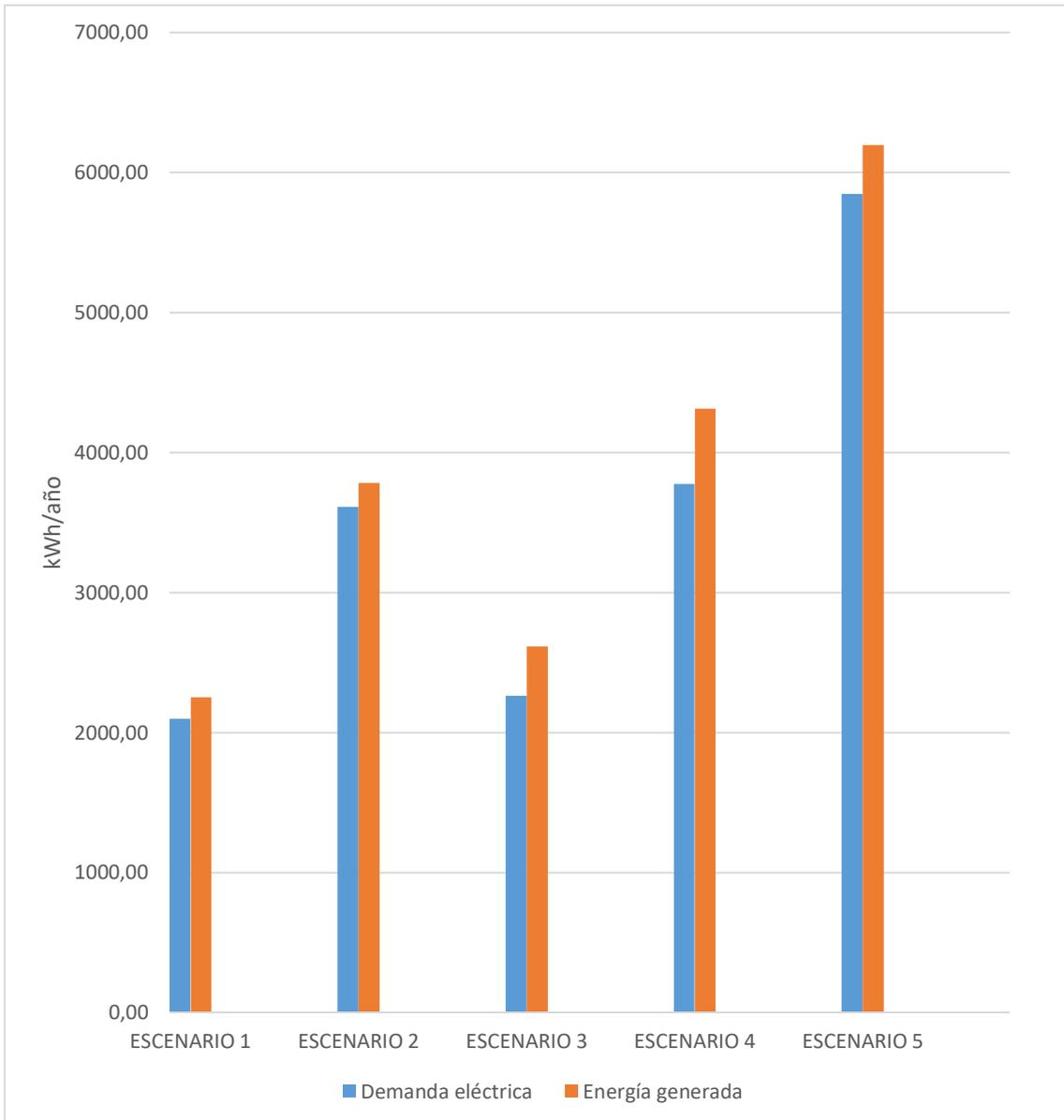


Figura 4.4 Demanda eléctrica por escenario y energía generada por el sistema FV al año
(Fuente: propia)

De igual manera se puede apreciar el número de módulos fotovoltaicos necesarios para cada escenario, estos se dividen por componente, como se aprecia en la Figura 4.5.

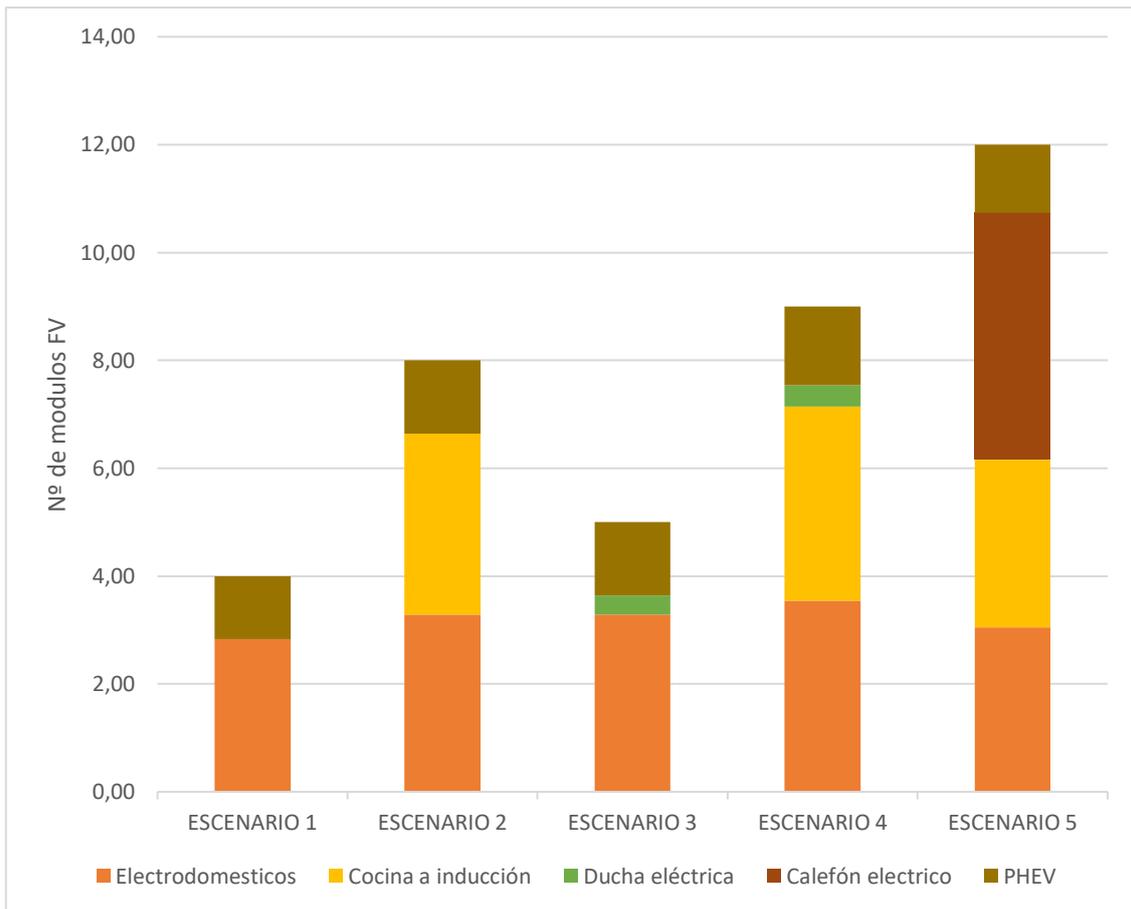


Figura 4.5 Módulos fotovoltaicos necesarios para cada escenario.
(Fuente: propia)

Donde el escenario uno es considerado el escenario base debido a que solo tiene la carga del vehículo PHEV y no posee la electrificación de la cocción y el agua caliente sanitaria (ACS), a partir de este se hace las variaciones del resto de componentes y así formar los demás escenarios. Del cual se obtiene una demanda eléctrica incluida la parte de movilidad de 2098,41 [kWh/año] por familia que va a ser cubierta por cuatro módulos fotovoltaicos.

El escenario dos presenta una demanda eléctrica de 3611,40 [kWh/año] debido a las cargas producidas por electrodomésticos, cocina de inducción y la carga del PHEV, estos van a ser cubiertos por ocho módulos fotovoltaicos. Para el escenario tres se tiene una demanda de 2262,55 [kWh/año] donde los responsables son los electrodomésticos, ducha eléctrica para el ACS y la carga del PHEV, estos van a ser cubiertos por cinco módulos fotovoltaicos.

El escenario cuatro se diferencia del escenario dos únicamente por la implementación de la ducha eléctrica para el ACS, produciendo una demanda eléctrica de 3775,54

[kWh/año] y son cubiertos por nueve módulos fotovoltaicos. Finalmente, el escenario cinco presenta los componentes que presentan mayor demanda eléctrica como son el calefón eléctrico para el ACS, cocina a inducción, los electrodomésticos y la carga del PHEV produciendo así una demanda muy superior al resto de escenarios de 5847,01 [kWh/año], el cual va a ser cubierto por doce paneles fotovoltaicos. Cabe recalcar que sus componentes de cocción y ACS dependen netamente del sistema FV.

En cuanto a la carga del PHEV se puede apreciar que en ninguno de los escenarios supera el 30% del sistema fotovoltaico, demostrando así que no es una carga demandante dentro del presente estudio en comparación con el consumo de algunos electrodomésticos. Al ser una familia compuesta por varios miembros se entiende que existe una movilidad alta, sin embargo, para el presente estudio solo se considera un automóvil PHEV para su movilidad. Del mismo modo las cargas más representativas dentro del sistema son producidas por el calefón eléctrico y la cocina a inducción.

En cuanto al área disponible de la residencia para la implementación del sistema FV se define en la Tabla 4.5 donde se aprecia el espacio requerido para cada escenario planteado.

Tabla 4.5 Disponibilidad del techo 1 y techo 2 de la vivienda para los módulos FV.

Escenario	Espacio requerido para los módulos FV (m ²)	Techo 1	Techo 2
Nº 1	6,5	Cumple	Cumple
Nº 2	13	Cumple	Cumple
Nº 3	8,2	Cumple	Cumple
Nº 4	14,7	Cumple	No cumple
Nº 5	19,6	No cumple	No cumple

(Fuente: Propia)

De este modo el área necesaria para posicionar los módulos FV en los escenarios planteados se cumple para el techo 1 a excepción del escenario cinco y para el techo 2 se cumple a excepción del escenario cuatro y cinco. Sin embargo, se puede posicionar los módulos FV para el escenario cuatro y cinco en los dos techos en conjunto con el fin de aprovechar las dos áreas.

Análisis de viabilidad económica

A partir de las especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos y los inversores se puede encontrar en el mercado ecuatoriano los costos para el análisis de viabilidad económica, esto se representa en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Costos estimados de cada componente para el sistema FV.

ELEMENTO	MODELO	PRECIO UNITARIO [\$]
Panel	SunPower X21-345-COM	354
	BLUESUN BSM310M-60	216
Inversor	Growatt 1500-US	499
	Growatt 2500HF-US	699
	Growatt 2000HF-US	614
	SMA SB2500HFUS-30	1358
	SMA SB3000 US	1516

(Fuente: Propia)

Tomando en cuenta los resultados expuestos en la Tabla 4.6 y lo establecido en la parte de metodología se realiza el análisis económico dando así los valores presentes en la Tabla 4.7 aplicando el subsidio tarifario (S) para un caso y para el otro no (NS).

Tabla 4.7 Análisis de viabilidad para los diferentes escenarios.

Escenario	VAN		TIR		B/C		PR (años)	
	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S
Nº1	\$-2.002,74	\$-2.028,52	7%	6%	0,12	0,11	10,79	11,86
Nº2	\$-2.649,93	\$-2.694,30	9%	7%	0,16	0,14	9,27	10,29
Nº3	\$-2.580,20	\$-2.608,00	3%	2%	0,11	0,10	14,22	15,87
Nº4	\$-3.599,27	\$-3.645,65	6%	4%	0,12	0,11	11,89	13,23
Nº5	\$-6.179,11	\$-6.250,94	4%	3%	0,11	0,10	13,17	14,68

(Fuente: Propia)

Donde los escenarios analizados en su mayoría no son viables económicamente debido a que ninguno presenta ganancias. En el escenario uno no se genera una tasa interna de rendimiento favorable en ninguno de los dos casos (NS) y (S) analizados. Su periodo de recuperación supera los 10 años. En cuanto a viabilidad económica para el escenario dos en el caso (NS) presenta una tasa interna de rendimiento superior a la establecida volviéndose viable. De igual manera su periodo de recuperación es en un periodo menor

a 10 años. Sin embargo, en el caso (S) su tasa interna de rendimiento no supera la tasa establecida y su tiempo de recuperación supera los 10 años.

En el escenario tres la tasa interna de rendimiento es la más baja para el caso (S) a comparación a los otros escenarios siendo el menos viable económicamente. Su periodo de recuperación supera los 14 años, siendo muy elevado en comparación a los demás escenarios. De igual manera para el escenario cuatro la tasa de rendimiento interno no resulta viable para ninguno de los dos casos analizados y el periodo de recuperación supera los 10 años. Finalmente, el escenario cinco es el que más se demora en presentar un periodo de recuperación. Los demás escenarios, aunque existan variantes en el tipo de cocción y el tipo de calentamiento de agua resultan más factibles en inversión inicial.

De todo lo analizado anteriormente se puede apreciar que la demanda energética en el hogar depende netamente de los equipos eléctricos que dispone y sus hábitos de consumo. En la Figura 4.1 y la Figura 4.2 se puede apreciar que existe una gran variación de consumo debido al número de habitantes por hogar, su tipo de cocción y la forma en como calientan el agua. Este análisis que se usó para determinar los escenarios permite separar categóricamente según los componentes que consumen más electricidad dentro del hogar. De esta manera, se puede obtener una aproximación del consumo probable diario por persona de energía, sin tomar en cuenta la movilización.

Para la movilización de un quiteño promedio resulta fiable a partir del factor de desplazamiento establecido ya que este permite considerar las zonas de mayor afluencia de viajes. Además, permite obtener la demanda energética del PHEV al día que resulta ser superior a todas las componentes dentro del hogar para una persona. Sin embargo, a la hora de plantear los escenarios no resulta representativa ya que es una carga única y no se usa por todos los habitantes de la residencia.

Finalmente, la relación costo beneficio de todos los escenarios no supera el 1, lo cual representa que ninguno es rentable, sin embargo, si se analiza entre ellos, el escenario dos es el que posee un mayor índice en la relación para ambos casos analizados. De igual manera el VAN de todos los escenarios no presenta beneficios debido a que los valores obtenidos son menores que cero, sin embargo, el escenario uno es el que presenta mayor rentabilidad si se analiza entre ellos.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. Conclusiones

El sistema fotovoltaico es una posible alternativa a la hora de producir energía a través de la radiación solar por el gran potencial que tiene la zona analizada en el estudio y gracias a que el mercado ecuatoriano empieza a comercializar los componentes del sistema FV a precios internacionales. Sin embargo, las regulaciones vigentes en el Ecuador siguen siendo una limitación a la hora de analizar su viabilidad ya que sigue dando ventajas a la matriz eléctrica actual impulsada por fuentes no renovables.

Los resultados indicaron que con estos sistemas se pueden generar beneficios para ambos sectores, el de transporte terrestre y el residencial. Sin embargo, el análisis de viabilidad económico permitió determinar que no existe una factibilidad de inversión sobre el caso de estudio en general ya que la energía al ser subsidiada sigue siendo más viable depender de la red eléctrica directamente.

La componente de movilidad eléctrica en todos los escenarios resulto ser menor que algunos consumos domésticos, esto debido a que solo se considera un automóvil para la movilidad de la familia dentro de la ciudad. Sin embargo, al ser una familia compuesta por varios miembros es incierto la movilidad de todos en ciertos casos especiales.

Los sistemas fotovoltaicos residenciales interconectados a la red son una alternativa factible a la hora de acelerar la transición a las energías renovables en el sector de transporte. Esto debido a que provee una forma de solucionar la deficiencia de puntos de carga para los automóviles EV, HEV, PHEV, que actualmente existe en la infraestructura de la ciudad. Esto ayudaría a la implementación y comercialización de este tipo de vehículos en el país.

De todos los escenarios analizados el escenario dos donde el tipo de calentamiento de ACS no se considera dependiente del sistema FV, presenta una viabilidad económica para el caso (NS), este es apto para ser implementado en la residencia de estudio ya que cumple con el área requerida para su implementación y satisface la carga del PHEV sin ningún problema. De tal modo que la viabilidad de conectar sistemas eléctricos de movilidad se dará al desconectar los sistemas de ACS del sistema FV.

La inclusión de movilidad eléctrica del PHEV consiste aproximadamente en el 30% del sistema FV, teniendo así un sistema que puede evitar al consumidor problemas en el futuro por posibles cargos de tiempo variable y se independiza de la red de distribución que genera complicaciones de costos de carga.

5.2. Trabajos futuros

El sistema de carga del PHEV tiene unas características eléctricas específicas de voltaje y amperaje, lo cual no fue considerado en el presente estudio. Sin embargo, deberían ser analizados ya que el dimensionamiento del sistema FV se podría ver afectado generando variaciones en los módulos FV e inversor seleccionados.

De igual manera se recomienda analizar las sombras producidas por los objetos cercanos a las residencias ya que la mayoría de los techos no son inclinados. Además, la orografía del Distrito Metropolitano de Quito puede ocasionar sombras importantes que afectarían los resultados obtenidos en este estudio.

Al ser un estudio realizando a pocas familias a nivel de ciudad, no representa una generalización total de como están compuestas todas las familias ecuatorianas, sin embargo nos da una idea de por donde van las cosas, para la cual se recomienda realizar un estudio con un muestro más amplio donde se consideren mas familias y una mayor diversidad de movilidad eléctrica aparte del automóvil como lo son las bicicletas eléctricas, scooter eléctrico, motos eléctricas, y de igual manera un sistema de transporte publico 100% eléctrico.

Se puede apreciar que en cualquiera de los escenarios es posible utilizar la energía excedente generada para comercializarla a la red produciendo un alivio a la red eléctrica centralizada gracias a la implementación del PHEV y la no dependencia de un banco de baterías. Por lo cual se recomienda considerar el efecto que puede tener el PHEV como una batería, evitando así el uso de estas.

El presente estudio abre una brecha al estudio sobre la movilidad en Quito en la actualidad, ya que se tiene datos de movilidad de los quiteños del 2008 con tendencias al 2025 sin embargo existen factores que pueden ver variar esas tendencias. De igual manera se puede considerar una variación de perfiles de las personas ya que no toda la población puede acceder a un vehículo, de tal forma se puede analizar la

implementación de bicicletas eléctricas o inclusive el sistema de transporte urbano eléctrico.

Referencias Bibliográficas

- acciona. (2020). *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*.
<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). *ESTADÍSTICA ANUAL Y MULTIANUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO 2020*.
- Alvarado, V. (2014). *Ingeniería Económica. Nuevo enfoque* (G. E. PATRIA (ed.)).
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. (2021). *TASAS DE INTERÉS EFECTIVAS VIGENTES*.
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasHistorico.htm>
- Carrere, M. (2021). *Informe del IPCC sobre cambio climático: daños causados al planeta son irreversibles y la humanidad es la responsable*.
<https://es.mongabay.com/2021/08/informe-ipcc-cambio-climatico-calentamiento-global/>
- Coffman, M., Bernstein, P., & Wee, S. (2017). Integrating electric vehicles and residential solar PV. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.08.008>
- Dirección de Regulación Económica y Tarifas del Sector Eléctrico. (2021). Pliego Tarifario Del Servicio Público De Energía Eléctrica Periodo: Enero-Diciembre 2021 Informe Institucional. *AEGNCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES*.
- EcolInventos. (2021). *Energía solar residencial: todo lo que debes saber*.
<https://ecoinventos.com/energia-solar-residencial/#:~:text=La energía solar residencial es,la factura de la luz.>
- EMPRESA ELÉCTRICA QUITO. (2021). *Consulta de deuda*.
<http://186.46.168.153:8080/ServiciosEEQ/paginas/ConsultadeDeuda.html>
- Gilman, P. (2015). SAM Photovoltaic Model Technical Reference SAM. In *National Renewable Energy Laboratory* (Vol. 63, Issue May). www.nrel.gov/publications.
- Girod, B., van Vuuren, D. P., Grahn, M., Kitous, A., Kim, S. H., & Kyle, P. (2013). Climate impact of transportation A model comparison. *Climatic Change*.
<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0663-6>
- GOB.EC. (2019). *Consulta de cuenta contrato del servicio de energía eléctrica*.
<https://www.gob.ec/ee-centrosur/tramites/consulta-cuenta-contrato-servicio-energia-electrica#:~:text=Cuenta Contrato%3A Número de identificación,servicio prestado a dicho consumidor.>
- INEC. (2011). Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico NSE 2011. In *Inec*.
http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Estratificacion_Nivel_Socioeconomico/1112_20_NSE_Presentacion.pdf
- IRENA. (2012). Solar photovoltaics (PV). *RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES: COST ANALYSIS SERIES*, 1(4), 237–295. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814853-2.00008-4>
- Li, R., & Shi, F. (2019). Control and optimization of residential photovoltaic power

- generation system with high efficiency isolated bidirectional dc-dc converter. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935344>
- Muñoz, J., Rojas, M., & Barreto, C. (2018). Incentive Pertaining To Energy the Generation Distributed in Ecuador. *Ingenius-Revista De Ciencia Y Tecnología*, 19, 60–68. <https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/19.2018.06/2145>
- Neises, T. (2011). *Development and Validation of a Model to Predict the Temperature of a Photovoltaic Cell*. UNIVERSITY OF WISCONSIN – MADISON.
- NREL. (2020). *System Advisor Model (SAM)*. <https://sam.nrel.gov/>
- Núñez, H., Narváez, M., Arteaga, J., Mena, P., & Rojas, K. (2009a). Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025. *PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD 2009-2025*, 53(9), Primera parte 14-19.
- Núñez, H., Narváez, M., Arteaga, J., Mena, P., & Rojas, K. (2009b). Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009-2025. *PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD 2009-2025*, 53(9), Primera parte 20-45.
- ONU-Hábitat. (2019, September 18). Las ciudades, “causa y solución” del cambio climático. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2019/09/1462322>
- Rodríguez, F., Rodríguez, E., & Pierdant, A. (2014). *MATEMÁTICAS Financieras* (GRUPO EDITORIAL PATRIA (ed.)).
- Sanna, L. (2005). Driving the solution, the plug-in hybrid vehicle. *EPRI Journal*, 1(1).
- Scorrano, M., Danielis, R., Pastore, S., Lughì, V., & Pavan, A. M. (2020). Modeling the total cost of ownership of an electric car using a residential photovoltaic generator and a battery storage unit-an Italian case study. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en13102584>
- Sovacool, B. K., & Hirsh, R. F. (2009). Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. *Energy Policy*, 37(3). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.10.005>
- TOYOTA FRANCE. (2020). *TOYOTA PRIUS*.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. (2015). Vehículos eléctricos híbridos y enchufables. *Energy Efficiency & Renewable Energy*, 4.
- Weiss, M., Dekker, P., Moro, A., Scholz, H., & Patel, M. K. (2015). On the electrification of road transportation - A review of the environmental, economic, and social performance of electric two-wheelers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.007>
- Zhang, R., & Fujimori, S. (2020). The role of transport electrification in global climate change mitigation scenarios. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6658>

Anexos

ANEXO I.

DATOS DE MOVILIDAD ENTORNO AL HIPERCENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EN EL AÑO 2008

SECTOR	Nº desplazamiento en TPr al HC/día	Velocidad Promedio [km/h]
Sur	29000	27,7
Centro Sur	159000	
Norte	176000	
Hipercentro	251000	17,9
Panamericana Sur	1500	62,4
Pomasquí - Mitad del mundo	9000	
Los Chillos	10000	32,9
Cumbaya- Tumbaco	30000	
Nayón y Zábiza	4500	
Calderón	30000	
Total desplazamientos de TPr al HC al día	700000	

ANEXO II.
FORMULARIOS DE ENCUESTAS DE CONSUMO ELÉCTRICO
DENTRO DEL HOGAR Y MOVILIDAD EN QUITO

CONSUMO ELÉCTRICO DENTRO DEL HOGAR

La presente encuesta tiene como objetivo reunir suficiente información para obtener la demanda energética dentro de la vivienda a partir de los electrodomésticos y sus hábitos de uso.

Se recomienda realizar la encuesta dentro de su domicilio, tómese el tiempo necesario para responder cada pregunta. Los datos recopilados son de suma importancia por ende los valores deben ser reales y coherentes.

INFORMACIÓN PERSONAL

¿Cuántos miembros conforman su hogar?

Incluir niños dentro del registro. (Ingresa solo un número, ejemplo: 3)

Por favor ingresar una foto de la planilla eléctrica del último mes

La foto debe ser clara y se debe apreciar la numeración de la CUENTA CONTRATO, como se muestra en el ejemplo. (En el caso de no tener del último mes, puede ser de los últimos 6 meses)

Ingresar el número de CUENTA CONTRATO

(en el caso de no disponer de los recursos o el tiempo para ingresar una fotografía de la planilla eléctrica puede hacer uso de esta opción)

COCCIÓN

¿Qué tipo de cocina posee en su vivienda?

- A resistencia eléctrica
- A inducción
- A gas

¿Qué tipo de horno posee en su vivienda?

- A gas
- Eléctrico
- Mixto (Gas y eléctrico)

Insertar foto de la etiqueta de la cocina.

La etiqueta de la cocina es aquella que brinda información acerca del equipo, tal como la potencia, modelo y demás parámetros necesarios en el estudio.

Los consumos de energía dentro de la vivienda tienden a variar entre semana y los fines de semana. Por tal motivo la encuesta se divide en dos partes con el fin de obtener los hábitos de consumo dentro de la cocina.

ENTRE SEMANA

Con el fin de obtener los hábitos de cocción de Lunes a Viernes se realiza las siguientes preguntas.

¿Cuántas personas desayunan dentro de la vivienda?

¿Cuántas personas almuerzan dentro de la vivienda?

¿Cuántas personas cenan dentro de la vivienda?

FINES DE SEMANA

Con el fin de obtener los hábitos de cocción para los sábados y domingos se realiza las siguientes preguntas.

¿Cuántas personas desayunan dentro de la vivienda?

¿Cuántas personas almuerzan dentro de la vivienda?

¿Cuántas personas cenan dentro de la vivienda?

ILUMINACIÓN

Se refiere a todos los puntos de luz disponibles dentro del hogar (focos, lámparas).

Bombilla Incandescente

¿Cuántos focos de este tipo posee?

Bombilla halógena

¿Cuántos focos de este tipo posee?

Bombilla bajo consumo (Fluocompacta)

¿Cuántos focos de este tipo posee?

Bombilla Fluorescente

¿Cuántos focos de este tipo posee?

LED

¿Cuántos focos de este tipo posee?

ELECTRODOMÉSTICOS (PARTE 1)

Esta sección tiene como objetivo adquirir información suficiente sobre los electrodomésticos disponibles dentro de la vivienda.

TOSTADORA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

ARROCERA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

TETERA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

BATIDORA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

LICUADORA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

SECADORA DE CABELLO

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

PLANCHA DE ROPA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

MÓDEM TV CABLE

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

ASPIRADORA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

PLANCHA DE CABELLO

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

DVD

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

IMPRESORA

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

CARGADOR DE CELULARES

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

MÓDEM WIFI

Responder cada pregunta relacionada a este electrodoméstico.

¿Posee este electrodoméstico dentro de su vivienda?

- Si
- No

En el caso que disponga, ¿Cuántos posee dentro de su vivienda?

ELECTRODOMÉSTICOS (PARTE 2)

Esta sección tiene como objetivo adquirir información suficiente sobre los electrodomésticos disponibles dentro de la vivienda.

En cada electrodoméstico debe responder si posee, cuántos posee y cuál es la potencia (la potencia generalmente está escrita en la placa de cada electrodoméstico donde se encuentra el modelo, potencia, voltaje, etc.) A continuación, se muestra un ejemplo de respuesta:

TELEVISOR

Si (En el caso de poseer dicho electrodoméstico)

Número= 3 (Cuántos electrodomésticos de este tipo posee)

Potencia Televisor 1= 67.6 W (Escribir potencia por electrodoméstico)

Potencia Televisor 2= 82 W (Escribir potencia por electrodoméstico)

Potencia Televisor 3= 90 W (Escribir potencia por electrodoméstico)

- En caso de no poseer dicho electrodoméstico, escriba NO y pase al siguiente electrodoméstico.

- Es de suma importancia incluir la potencia de cada electrodoméstico enlistado en esta sección.

MICROONDAS

LAVADORA DE ROPA

SECADORA DE ROPA A GAS

SECADORA DE ROPA ELÉCTRICA

TELEVISOR

EQUIPO DE SONIDO

COMPUTADORA DE ESCRITORIO

LAPTOP

PARLANTE

REFRIGERADOR

LAVAVAJILLAS

OTROS

En el caso que disponga electrodomésticos adicionales que no estén enlistados. Por favor ingrese en este espacio con su respectiva cantidad y potencia.

CALENTAMIENTO DE AGUA

¿Cuál es la forma de calentar el agua dentro de su vivienda?

- Calefón a gas
- Calefón eléctrico
- Bomba de calor
- Ducha eléctrica
- Otra..._____

A partir de la pregunta anterior, ¿Cuál es la potencia (W o kW) de su equipo seleccionado para el calentamiento de agua?

El uso de la ducha tiende a variar a lo largo del día. Por tal motivo la encuesta se divide en varias franjas horarias con el fin de obtener los hábitos de uso de la ducha en la vivienda.

Cuántas personas utilizan la ducha en el siguiente horario:

Ejemplo: 3 personas

De 5h00 hasta 10h00:

De 10h00 hasta 15h00:

De 15h00 hasta 23h00:

¿Utilizan agua caliente para el uso de la lavadora?

- Sí
- No

¿Cuántos tanques de GLP consumen al mes?

Incluidos cocina, calefón, secadora de ropa, etc.

- 1
- 2
- 3
- Otra..._____

MOVILIDAD EN QUITO

La presente encuesta tiene como objetivo recolectar los datos necesarios para crear un perfil de movilidad de un quiteño promedio dentro de la ciudad como parte de una investigación realizada en la Escuela Politécnica Nacional.

Sus respuestas deben ser considerando los hábitos ANTES de la pandemia COVID-19.

MOVILIDAD ENTRE SEMANA

Esta sección trata de recolectar datos sobre la movilidad de toda la familia que habita dentro de la vivienda entre los lunes a Viernes.

En la siguiente tabla seleccionar que medio de transporte utiliza a diario principalmente para movilizarse dentro de la ciudad.

	Usted	Familiar 1	Familiar 2	Familiar 3	Familiar 4	Familiar 5	Familiar 6
Bicicleta							
Bus							
Trolebús							
Eco vía							
Metrobús							
Automóvil privado							
Motocicleta							
Taxi							
A pie							
Recorrido (Bus escolar)							
Otro							

En la siguiente tabla seleccionar cuál es la razón principal de movilización a diario de cada miembro de su vivienda dentro de la ciudad:

	Usted	Familiar 1	Familiar 2	Familiar 3	Familiar 4	Familiar 5	Familiar 6
Estudios superiores							
Estudios primarios y secundarios							

Trabajo							
Mercado, compras de insumos básicos, compras de ropa y accesorios							
Otro (Citas médicas, tramites, visitas familiares)							

En la siguiente tabla seleccionar cuántos kilómetros promedio diarios se moviliza cada miembro de su vivienda dentro de la ciudad:

	Usted	Familiar 1	Familiar 2	Familiar 3	Familiar 4	Familiar 5	Familiar 6
0 a 5 km							
5 a 10 km							
10 a 15 km							
15 a 25 km							
Más de 25 km							

MOVILIDAD EN LOS FINES DE SEMANA

Esta sección trata de recolectar datos sobre la movilidad de toda la familia que habita dentro de la vivienda en los fines de semana.

En la siguiente tabla seleccionar que medio de transporte utiliza los fines de semana principalmente para movilizarse dentro de la ciudad.

	Usted	Familiar 1	Familiar 2	Familiar 3	Familiar 4	Familiar 5	Familiar 6
Bicicleta							
Bus							
Trolebús							
Eco vía							
Metrobús							
Automóvil privado							
Motocicleta							

Taxi							
A pie							
Recorrido (Bus escolar)							
Otro							

En la siguiente tabla seleccionar cuál es la razón principal de movilización los fines de semana para cada miembro de su vivienda:

	Usted	Familiar 1	Familiar 2	Familiar 3	Familiar 4	Familiar 5	Familiar 6
Viaje fuera de la ciudad							
Visitar espacios verdes							
Mercado, compras de insumos básicos, compras de ropa y accesorios							
Visitas con familiares o amigos							
Turismo dentro de la ciudad							
Paseo con la mascota							
Ciclopaseo							
Otro							

En la siguiente tabla seleccionar cuántos kilómetros promedio se moviliza los fines de semana cada miembro de su vivienda:

	Usted	Familiar 1	Familiar 2	Familiar 3	Familiar 4	Familiar 5	Familiar 6
0 a 5 km							
5 a 10 km							
10 a 15 km							
15 a 30 km							
30 a 45 km							

45 a 60 km							
60 a 75 km							
75 a 90 km							
90 a 100 km							
100 a 150 km							
150 a 200 km							
Más de 200 km							

VEHÍCULO PRIVADO

¿Dispone de un vehículo privado?

- Si
- No

En caso de disponer de un vehículo privado, ¿Qué tipo de vehículo dispone dentro de la vivienda?

- 1
- 2
- 3
- 4
- Más de 4

En caso de disponer de un vehículo privado, ¿Con que frecuencia lo utiliza dentro de la ciudad?

	Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Vehículo 4
A gasolina				
A diésel				
Eléctrico				
Híbrido				

En caso de disponer de un vehículo privado, ¿Cuántos kilómetros por día (ENTRE SEMANA) recorre cada vehículo privado dentro de la ciudad?

	Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Vehículo 4
0 a 5 km				
5 a 10 km				
10 a 15 km				
15 a 25 km				
Más de 25 km				

En caso de disponer de un vehículo privado, ¿Cuántos kilómetros por día (LOS FINES DE SEMANA) recorre cada vehículo privado?

	Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Vehículo 4
0 a 5 km				
5 a 10 km				
10 a 15 km				
15 a 30 km				
30 a 45 km				
45 a 60 km				
60 a 75 km				
75 a 90 km				
90 a 100 km				
100 a 150 km				
150 a 200 km				
Más de 200 km				

Teniendo en cuenta que su automóvil actual sea de combustión interna, ¿A cuál de los siguientes tipos de automóviles cambiaría en su siguiente compra?

- Eléctrico
- Híbrido
- Bicicleta eléctrica

ANEXO III.

DATOS DE CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL DE LAS FAMILIAS ENCUESTADAS

Año 2019	Flia. 2	Flia. 3	Flia. 4	Flia. 6	Flia. 7	Flia. 8	Flia. 9	Flia. 10	Flia. 12	Flia. 13	Flia. 14	Flia. 15	Flia. 16	Flia. 17	Flia. 19	Flia. 20	Flia. 21
Enero	308	221	210	103	64	188	294	161	148	202	329	240	320	447	223	114	50
Febrero	318	104	185	130	63	196	257	129	132	188	359	260	305	294	235	162	73
Marzo	377		202	128	59	162	243	124	145	198	290	213	317	336	189	123	104
Abril	322		180	147	64	171	235	140	133	170	286	207	305	357	184	85	104
Mayo	364	123	215	143	61	171	261	128	167	174	286	234	362	349	202	170	87
Junio	352	181	192	144	51	171	252	132	153	139	320	211	293	293	203	201	125
Julio	311	224	175	156	55	202	258	137	149	175	296	183	336	308	198	135	61
Agosto	294	187	191	155	63	176	236	154	153	91	359	183	339		170	179	120
Sept.	323	203	190	121	59	181	225	132	145	208	277	228	305		201	121	127
Oct.	332	211	221	142	65	198	269	141	160	181	290	204	374		215	96	105
Nov.	312	211	189	146	38	187	249	133	147	167	357	242	313		212	161	125
Dic.	332	221	181	130	45	166	249	129	135	175	300	206	355		201	161	95
Prom.	328,7 5	188,6 0	194,2 5	137,0 8	57,2 5	180,7 5	252,3 3	136,6 7	147,2 5	172,3 3	312,4 2	217,5 8	327	340,5 7	202,7 5	142,3 3	98

ANEXO IV.
TABLAS DE ANÁLISIS ECONÓMICOS DE TODOS LOS ESCENARIOS
CASO I. SUBSIDIADO

ESCAPERARIO N°1	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84	192,84
EGRESOS	2286,12	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Paneles solares	1414,52																				
Inversor	499																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	372,6																				
Costos de operación y mantenimiento		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
FLUJO DE CAJA NETO	-2286,12	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68	192,68
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-2286,12	-2093,44	-1900,75	-1708,07	-1515,38	-1322,70	-1130,02	-937,33	-744,65	-551,96	-359,28	-166,60	26,09	218,77	411,46	604,14	796,82	989,51	1182,19	1374,88	1567,56
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-2.028,52	\$257,81	\$2.286,33																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		6%																			
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)		0,11																			
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)		11,86																			

ESCAPERARIO N°2	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89	331,89
EGRESOS	3096,6	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966
Paneles solares	1728																				
Inversor	699																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	669,6																				
Costos de operación y mantenimiento		30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966
FLUJO DE CAJA NETO	-3096,60	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92	300,92
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-3096,60	-2795,68	-2494,76	-2193,83	-1892,91	-1591,99	-1291,07	-990,15	-689,23	-388,30	-87,38	213,54	514,46	815,38	1116,30	1417,23	1718,15	2019,07	2319,99	2620,91	2921,83
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-2.694,30	\$443,69	\$3.138,00																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		7%																			
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)		0,14																			
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)		10,29 años																			

ESCENARIO N°3	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93	207,93
EGRESOS	2847,9	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479
Paneles solares	1768,15																				
Inversor	614																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	465,75																				
Costos de operación y mantenimiento		28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479
FLUJO DE CAJA NETO	-2847,90	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45	179,45
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-2847,90	-2668,45	-2489,00	-2309,55	-2130,10	-1950,65	-1771,20	-1591,75	-1412,30	-1232,85	-1053,40	-873,96	-694,51	-515,06	-335,61	-156,16	23,29	202,74	382,19	561,64	741,09
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-2.608,00	\$277,98	\$2.885,97																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		2%																			
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)		0,10																			
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)		15,87 años																			

ESCENARIO N°4	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97	346,97
EGRESOS	4055,3	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553
Paneles solares	1944																				
Inversor	1358																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	753,3																				
Costos de operación y mantenimiento		40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553
FLUJO DE CAJA NETO	-4055,30	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42	306,42
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-4055,30	-3748,88	-3442,46	-3136,04	-2829,62	-2523,20	-2216,79	-1910,37	-1603,95	-1297,53	-991,11	-684,69	-378,27	-71,85	234,57	540,99	847,41	1153,83	1460,24	1766,66	2073,08
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-3.645,65	\$463,86	\$4.109,51																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		4%																			
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)		0,11																			
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)		13,23 años																			

ESCENARIO N°5	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34	537,34
EGRESOS	6877,36	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736
Paneles solares	4243,56																				
Inversor	1516																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	1117,8																				
Costos de operación y mantenimiento		68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736
FLUJO DE CAJA NETO	-6877,36	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57	468,57
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-6877,36	-6408,79	-5940,23	-5471,66	-5003,09	-4534,53	-4065,96	-3597,39	-3128,83	-2660,26	-2191,69	-1723,13	-1254,56	-785,99	-317,43	151,14	619,71	1088,27	1556,84	2025,41	2493,97
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-6.250,94	\$718,36	\$6.969,30																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		3%																			
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)		0,10																			
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)		14,68 años																			

CASO II. SIN APLICAR EL SUBSIDIO TARIFARIO

ESCENARIO N°1	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13	212,13
EGRESOS	2286,12	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Paneles solares	1414,52																				
Inversor	499																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	372,6																				
Costos de operación y mantenimiento		0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
FLUJO DE CAJA NETO	-2286,12	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97	211,97
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-2286,12	-2074,15	-1862,18	-1650,21	-1438,25	-1226,28	-1014,31	-802,34	-590,37	-378,40	-166,44	45,53	257,50	469,47	681,44	893,41	1105,38	1317,34	1529,31	1741,28	1953,25
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$ -2.002,74	\$ 283,59	\$ 2.286,33																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)	0,07																				
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)	0,12																				
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)	10,79 años																				

ESCENARIO N°2	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08	365,08
EGRESOS	3096,6	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,97	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966
Paneles solares	1728																				
Inversor	699																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	669,6																				
Costos de operación y mantenimiento		30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,97	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966	30,966
FLUJO DE CAJA NETO	-3096,6	334,11	334,11047	334,11	334,11	334,1105	334,11	334,11	334,11	334,11	334,11	334,1	334,11	334,11	334,11	334,11	334,11	334,11	334,11	334,11	334,11
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-3096,6	-2762,49	-2428,379	-2094,3	-1760,2	-1426,05	-1091,9	-757,8	-423,7	-89,61	244,5	578,6	912,73	1246,8	1580,9	1915,1	2249,17	2583,3	2917,4	3251,5	3585,6
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$ -2.649,93	\$488,06	\$3.138,00																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)	9%																				
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)	0,15553336																				
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)	9,268192025 años																				

ESCAPERIO N°3	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72	228,72
EGRESOS	2847,9																				
Paneles solares	1768,15																				
Inversor	614																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	465,75																				
Costos de operación y mantenimiento		28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479	28,479
FLUJO DE CAJA NETO	-2847,9	200,242	200,24235	200,242	200,242	200,2424	200,242	200,24	200,24	200,24	200,24	200,2	200,24	200,24	200,24	200,24	200,242	200,24	200,24	200,24	200,24
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-2847,9	-2647,66	-2447,415	-2247,2	-2046,9	-1846,69	-1646,4	-1446	-1246	-1046	-845,48	-645,2	-445	-244,7	-44,51	155,74	355,978	556,22	756,46	956,7	1156,9
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-2.580,20	\$305,77	\$2.885,97																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)	3%																				
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)	0,105951407																				
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)	14,22226599 años																				

ESCAPERIO N°4	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67	381,67
EGRESOS	4055,3																				
Paneles solares	1944																				
Inversor	1358																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	753,3																				
Costos de operación y mantenimiento		40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553	40,553
FLUJO DE CAJA NETO	-4055,3	341,116	341,11638	341,116	341,116	341,1164	341,116	341,12	341,12	341,12	341,12	341,1	341,12	341,12	341,12	341,12	341,116	341,12	341,12	341,12	341,12
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-4055,3	-3714,18	-3373,067	-3032	-2690,8	-2349,72	-2008,6	-1667	-1326	-985,3	-644,14	-303	38,097	379,21	720,33	1061,4	1402,56	1743,7	2084,8	2425,9	2767
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-3.599,27	\$510,25	\$4.109,51																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)	6%																				
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)	0,124162111																				
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)	11,88831788 años																				

ESCAPERIO N°5	PERIODOS																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CONCEPTO																					
INGRESOS		591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07
Ahorro del pago de la planilla de luz con subsidio		591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07	591,07
EGRESOS	6877,36																				
Paneles solares	4243,56																				
Inversor	1516																				
Mano de obra, materiales de soporte de los módulos, cableado y el equipamiento de protección	1117,8																				
Costos de operación y mantenimiento		68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,7736	68,774	68,774	68,774	68,774	68,77	68,774	68,774	68,774	68,774	68,774	68,774	68,774	68,774
FLUJO DE CAJA NETO	-6877,36	522,301	522,30064	522,301	522,301	522,3006	522,301	522,3	522,3	522,3	522,3	522,3	522,3	522,3	522,3	522,3	522,301	522,3	522,3	522,3	522,3
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-6877,36	-6355,06	-5832,759	-5310,5	-4788,2	-4265,86	-3743,6	-3221	-2699	-2177	-1654,4	-1132	-609,8	-87,45	434,85	957,15	1479,45	2001,8	2524,1	3046,4	3568,7
VALOR ACTUAL NETO (VAN)	\$-6.179,11	\$790,20	\$6.969,30																		
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)	4%																				
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (B/C)	0,113382238																				
PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR)	13,16743559 años																				