

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
ELÉCTRICA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA
CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS**

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

CORELLA MEDINA PAUL SANTIAGO

HERNÁNDEZ VILLACRESES JUAN FRANCISCO

DIRECTOR: DR. ING. SALAZAR YÉPEZ GABRIEL BENJAMÍN

QUITO, ABRIL DE 2022

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Paul Santiago Corella Medina y Juan Francisco Hernández Villacreses, bajo mi supervisión.

DR. ING. GABRIEL SALAZAR
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Paul Santiago Corella Medina y Juan Francisco Hernández Villacreses, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejamos constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

PAUL SANTIAGO CORELLA MEDINA

JUAN FRANCISCO HERNÁNDEZ
VILLACRESES

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi madre y abuelos.

Paul

AGRADECIMIENTO

A mi madre, Carmita, quien siempre me ha apoyado durante todo este tiempo, por todos aquellos consejos que me han convertido en aquello que soy hoy en día, por su cariño y su paciencia.

A mis abuelos, Teresa y Emilio, que a pesar de la distancia siempre me han brindado su sabiduría y su amor.

A mi tía, Tania, de todo corazón muchas gracias, por estar presente en cada momento importante de mi vida, por apoyarme y enseñarme a conllevar aquellas situaciones difíciles.

A mi familia, por estar siempre presente en las buenas y las malas situaciones.

A mi compañero y amigo, Juan, por formar parte de este proyecto, por su apoyo y su dedicación durante el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos, quienes han estado siempre presentes durante mi vida estudiantil. Gracias por su apoyo incondicional y por brindarme la experiencia de disfrutar momentos maravillosos a su lado.

A todo el grupo que compone a Help Energy S.A. Bryan, Reynaldo, Carlos, Esteban, Gabriel, a quienes agradezco por brindarme sus consejos tanto en ámbito técnico como en el ámbito laboral.

Al Dr. Gabriel Salazar por su valiosa amistad, paciencia y los conocimientos impartidos. Además agradecerle por otorgarme la oportunidad de formar parte del estudio del Plan de Eficiencia Energética para las islas Galápagos.

A los profesores de la Escuela Politécnica Nacional por todos los aprendizajes que he adquirido durante mi etapa estudiantil.

Paul

DEDICATORIA

A mis padres Silvio, Patricia y a mis tíos Diego y Salomé.

Juan

AGRADECIMIENTO

A mis padres Silvio y Patricia, quienes me han brindado todo su amor, experiencia e incondicional apoyo a lo largo de toda mi vida.

A mis tíos Diego y Salomé, quienes me acogieron dentro de su hogar durante mi estadía en la Escuela Politécnica Nacional y fueron un apoyo fundamental para conseguir la culminación de mis estudios universitarios.

A mi hermana Doménica, quien siempre me ha brindado su apoyo, en especial durante los años de estudios universitarios.

A Paul Corella, mi amigo y compañero, por todo el trabajo duro, la dedicación y el apoyo que facilitaron enormemente la realización de este trabajo de titulación.

A mis amigos, quienes no solo fueron un apoyo en el ámbito académico, sino que ayudaron a que mi paso por la Escuela Politécnica Nacional sea una experiencia inolvidable.

Al Dr. Gabriel Salazar, por no ser sólo mi director del trabajo de titulación, sino un excelente profesional, docente y un ejemplo a seguir tanto en el ámbito personal como en el ámbito profesional.

A Help Energy Consultores S.A, en especial a mis compañeros Gabriel, Esteban, Carlos, Reynaldo y Bryan, quienes me ayudaron con su experiencia y permitieron que este trabajo de titulación se desarrolle de la mejor manera.

Juan

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.2 ALCANCE	2
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 EL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	4
2.1.1 IMPORTANCIA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	4
2.1.2 MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	4
2.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	7
2.2.1 JUSTIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .	7
2.2.2 LAS BARRERAS EN LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.	7
2.2.3 TIPOS DE PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	10
2.2.4 CICLO DE UN PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	12
2.2.5 ECONOMÍA DE UN PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	20
2.3 MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA.....	24
2.3.1 MÉTODOS TOP-DOWN.....	25
2.3.2 MÉTODOS BOTTOM-UP	26
2.4 ENCUESTAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA.....	29
2.4.1 ENCUESTAS COMO MEDIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	29
2.4.2 TIPOS DE PREGUNTAS EN ENCUESTAS	30
2.4.3 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PREGUNTAS EN ENCUESTAS	32
2.4.4 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	32
2.4.5 METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	34

2.4.6	METODOLOGÍAS PARA LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA.....	38
2.5	PROGRAMAS Y PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	40
2.5.1	LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS	40
2.5.2	PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS EN PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	41
3	SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS	42
3.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS 42	
3.1.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN EL ARCHIPIÉLAGO.....	42
3.1.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ISLAS SANTA CRUZ – BALTRA.....	44
3.1.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL 49	
3.1.4	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA ISLA ISABELA.....	53
3.1.5	BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA – 2019	57
3.2	MARCO INSTITUCIONAL PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	57
3.2.1	MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (MERNNR)	57
3.2.2	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (ARCERNNR).....	58
3.2.3	INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN	59
3.2.4	CONSEJO DE GOBIERNO DE RÉGIMEN ESPECIAL GALÁPAGOS.....	59
3.2.5	EMPRESA ELÉCTRICA ELECGALÁPAGOS.....	60
3.2.6	PARQUE NACIONAL DE GALÁPAGOS	60
3.2.7	COMITÉ NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	60
3.2.8	Instituto de Investigación Geológico y Energético – IGEE	61
3.3	MARCO LEGAL Y REGULATORIO	63
3.3.1	PIRÁMIDE DE HANS KELSEN	63
3.3.2	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	64
3.3.3	LEYES.....	65
3.3.4	PLANES MAESTROS	67
3.3.5	NORMAS INEN	71
3.3.6	NORMAS REGIONALES Y POLÍTICAS SECTORIALES DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS	72
4	DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ.....	75

4.1	JUSTIFICACIÓN DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	75
4.2	BARRERAS EN UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	76
4.2.1	MISIÓN GALÁPAGOS.....	77
4.2.2	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BARRERAS EN EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	77
4.2.3	ANÁLISIS DE RELACIONES CAUSALES DE LAS BARRERAS EN EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SANTA CRUZ, ISABELA Y SAN CRISTÓBAL	79
4.3	CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	84
4.3.1	EXPERIENCIAS ANTERIORES DE ENCUESTAS APLICADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES	84
4.3.2	MÉTODO DE APLICACIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO	88
4.3.3	DISEÑO DE UNA ENCUESTA PARA LOS USUARIOS DE LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS..	89
4.3.4	ESTRATIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE LAS ISLAS SANTA CRUZ, ISABELA Y SAN CRISTÓBAL DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS	94
4.3.5	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS..	95
4.3.6	SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA EL TAMAÑO DE LA MUESTRA	101
4.3.7	RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	102
4.3.8	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	106
4.4	PLANTEAMIENTO DE LOS EJES DE ACCIÓN	117
4.4.1	EJE ILUMINACIÓN.....	117
4.4.2	EJE REFRIGERACIÓN	117
4.4.3	EJE CLIMATIZACIÓN	117
4.4.4	EJE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA	118
4.5	DEFINICIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ.	118
4.5.1	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LOS PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	119

4.5.2	DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ESCENARIOS DE PENETRACIÓN DE LOS PROYECTOS.....	160
4.6	PROPUESTA DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ	163
4.6.1	PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN POR EQUIPOS MÁS EFICIENTES.....	163
4.6.2	PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN POR EQUIPOS MÁS EFICIENTES.....	187
4.6.3	PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN POR EQUIPOS MÁS EFICIENTES.....	204
4.6.4	PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR COLECTORES SOLARES.....	224
4.7	PRIORIZACIÓN DE LÍNEAS DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA.....	241
5	ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ.....	246
5.1	ALTERNATIVA 1: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE 520 000,00 USD 247	
5.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA	247
5.1.2	EVOLUCIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO.....	248
5.1.3	EVOLUCIÓN DEL AHORRO ECONÓMICO	249
5.2	ALTERNATIVA 2: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE 1 400 000,00 USD 250	
5.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA	250
5.2.2	EVOLUCIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO.....	251
5.2.3	EVOLUCIÓN DEL AHORRO ECONÓMICO	253
5.3	ALTERNATIVA 3: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE 3 000 000,00 USD 254	
5.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA	254
5.3.2	EVOLUCIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO.....	255
5.3.3	EVOLUCIÓN DEL AHORRO ECONÓMICO	257
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	259
6.1	CONCLUSIONES.....	259
6.2	RECOMENDACIONES	261
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	263
	ANEXOS.....	268
	ORDEN DE EMPASTADO	269

RESUMEN

Con el fin de contribuir a la iniciativa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” este documento presenta una propuesta de un plan de eficiencia energética eléctrica en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Este plan incluye la caracterización de usos finales de la energía, el planteamiento de programas y proyectos de eficiencia energética eléctrica, con su respectivo estudio de factibilidad técnica, el estudio económico – financiero y la prospectiva de los ahorros generados con las medidas propuesta.

Para caracterizar los usos finales de la energía se usa información proveniente de una encuesta aplicada a los habitantes de las islas. De los resultados de la caracterización se definen los ejes de acción sobre los cuales se proponen los diferentes programas y proyectos de eficiencia energética. Una vez definidos los programas y proyectos se realiza la prospectiva de los ahorros energéticos eléctricos generados, así como una evaluación económica de estos.

Finalmente, el documento presenta tres diferentes alternativas para la implementación de los proyectos propuestos con distintos presupuestos.

PALABRAS CLAVE: Ahorro energético, Consumidores, Eficiencia energética, Emisiones de CO₂, Programas, Proyectos.

ABSTRACT

In order to contribute to the initiative “Zero Fossil Fuels in the Galapagos Islands”, this document presents a proposal for an energy efficiency plan to be implemented in San Cristobal, Santa Cruz, and Isabela islands. This plan includes the modeling of end-use energy consumption, the program approach, and electrical efficiency projects. Each one contains a financial and economic study, a technical feasibility study, and the prospective savings obtained from the proposed measures.

The information used to model the end-use energy consumption comes from the results of a survey answered by the residents of the islands. From such results, it is possible to establish the action lines for different energy efficiency proposed projects. The energy saving projections and an economic evaluation are performed once the programs and projects are defined.

Finally, this document presents three different alternatives that can be used for the implementation of new proposed projects with different budgets.

KEYWORDS: energy savings, consumers, energy efficiency, CO₂ emissions, programs, projects.

1 INTRODUCCIÓN

Las islas Galápagos son Patrimonio Natural de la Humanidad debido a su exótico ecosistema. Su flora y fauna han permitido que sea uno de los atractivos turísticos preferidos para los amantes de la naturaleza. No obstante, el ecosistema del archipiélago ha sido afectado esencialmente por el crecimiento poblacional, la intensa actividad turística, la explotación de los limitados recursos naturales disponibles y un alto consumo de combustibles fósiles.

Actualmente, el modelo de desarrollo de Galápagos se apoya en un sistema eléctrico que cuenta con una matriz de generación eléctrica híbrida. Si bien existen varias centrales que aprovechan recursos renovables, la mayor parte de la energía eléctrica generada proviene de combustibles fósiles.

El Gobierno Nacional desarrolló el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE). Este plan pretende reducir el consumo de combustibles fósiles a través del incremento del uso eficiente de los recursos energéticos. En [1] se establece la iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos. Esta iniciativa pretende erradicar el uso de combustibles derivados del petróleo en el archipiélago a través de dos frentes. El primero mediante el desarrollo de proyectos de energía renovable y el segundo mediante el uso racional de la energía eléctrica.

En el frente de desarrollo con fuentes de energía renovable se destacan proyectos como la planta fotovoltaica con acumulación energética de Baltra, el parque eólico Baltra – Santa Cruz, la planta fotovoltaica Puerto Ayora, El parque Eólico San Cristóbal y el proyecto híbrido dual térmico con almacenamiento en Isabela.

Con base a la iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos se prevé una energización a partir de fuentes de energía renovables. Los recursos renovables se caracterizan por ser dependientes de factores climáticos. Por tanto, las centrales de generación de energía renovable tienden a ser sumamente inflexibles.

Esta condición obliga el desarrollo de iniciativas que promueven el uso racional de energía a través de la sustitución de equipos ineficientes por otros más eficientes. Esto es abordado en el segundo frente de la iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos.

Algunos proyectos propuestos en el PLANEE para garantizar el uso racional de la energía es la sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores, el programa RENOVA refrigeradores y la sustitución de lámparas de alumbrado público ineficientes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de eficiencia energética eléctrica en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y aplicar una encuesta para recopilar información del uso de energía eléctrica de los usuarios en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.
- Caracterizar el consumo de energía eléctrica por consumidor final en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.
- Proponer planes, programas y proyectos de eficiencia energética sobre el consumo de energía eléctrica en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.
- Realizar un análisis de la prospectiva de la demanda eléctrica con la aplicación de los programas de eficiencia energética en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.
- Estimar los ahorros económicos y financieros de la implementación de los planes, programas y proyectos de eficiencia energética propuestos.

1.2 ALCANCE

El presente trabajo de titulación consiste en el análisis del consumo energético eléctrico de un conjunto de consumidores de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz en el archipiélago de Galápagos a través del diseño y aplicación de una encuesta. Con los resultados obtenidos de la encuesta se realiza el tratamiento de datos con el fin de determinar el comportamiento habitual del consumo eléctrico de los usuarios de las islas. Este comportamiento se determina a través de la elaboración de curvas de demanda diaria, las cuales permiten identificar distintos ejes de acción.

Una vez determinados los ejes de acción se proponen programas y proyectos de eficiencia energética eléctrica para cada uno de estos y se establecen tres diferentes escenarios de penetración. Estos escenarios de penetración son comparados con la proyección de un caso base de consumo eléctrico desde el año 2023 hasta el año 2032 para identificar los potenciales ahorros energéticos que cada uno produce.

Con base en esta comparación, los programas y proyectos son priorizados tomando en cuenta sus ventajas y desventajas tanto económicas como energéticas. La priorización de los proyectos contribuye a la elaboración de propuestas de alternativas para la implementación del plan.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 EL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Según el Instituto Tecnológico de Canarias en [2] el ahorro energético y la eficiencia energética consisten en reducir el consumo de energía habitual. Si bien ambos conllevan una reducción, el ahorro energético implica un cambio en los hábitos de consumo, mientras que la eficiencia energética consiste en minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer una necesidad sin alterar los hábitos de consumo.

Un ejemplo de ahorro energético es el apagado de lámparas en habitaciones que están vacías. Esto representa una reducción del consumo energético puesto que el equipo que produce dicho consumo se deja de usar.

Por otro lado, la eficiencia energética generalmente supone el reemplazo de un equipo por otro más eficiente. Por ejemplo, la sustitución de una lámpara incandescente por una lámpara LED. En este caso el hábito de consumo no se altera, pero existe una reducción del consumo debido a que la lámpara LED consume menos energía que la lámpara incandescente.

Una acción que combine ambas formas de reducción de energía es la más adecuada puesto que se optimiza el uso de los recursos energéticos. Lo ideal es consumir la energía de forma responsable sin disminuir la calidad de vida y el confort.

2.1.1 IMPORTANCIA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La forma más eficaz para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es reducir el consumo de energía. La adopción de medidas de eficiencia energética contribuye a la lucha contra el calentamiento global y el cambio climático. Además, brindan otros beneficios como el mejoramiento de la calidad del aire, reducción del total a pagar en la planilla eléctrica, reducción de la dependencia de combustibles fósiles, etc.

La eficiencia energética contribuye a un desarrollo sostenible que aprovecha los recursos de manera inteligente y responsable. Esto mejora la calidad de vida, reduce los impactos ambientales, pero sobre todo optimiza los recursos utilizados para las actividades cotidianas.

2.1.2 MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Existen tres tipos diferentes de medidas de ahorro de energía. Estas son:

- **Medidas de carácter tecnológico:** Consisten en la sustitución de equipos o procesos ineficientes y el reemplazo de fuentes de energía contaminantes.

- **Medidas de consumo responsable:** Son aquellas que generan una cultura de ahorro a través de pautas que promueven el uso racional de la energía.
- **Medidas instrumentales:** Se basan en medidas económicas, normativas, fiscales y de gestión para promover el ahorro energético.

2.1.2.1 Medidas tecnológicas desde el punto de vista de la gestión de la oferta

Este apartado hace referencia a medidas de mejora de los procesos productivos y los equipamientos. Estas se encargan de la sustitución de los equipos de generación eléctrica por otros con mayor rendimiento. Por otro lado, las medidas también pueden enfocarse en la mejora del rendimiento de los procesos de generación de electricidad. Un ejemplo de estas medidas es la sustitución de una turbina de vapor por otra más eficiente o el uso de ciclos combinados y cogeneración en centrales térmicas.

Por otra parte, las medidas tecnológicas desde el punto de vista de la oferta pueden consistir en el reemplazo de las fuentes de energía para la generación de energía eléctrica. Un ejemplo de estas medidas es la sustitución de los combustibles fósiles por recursos renovables como el viento o la radiación solar para la generación de energía.

2.1.2.2 Medidas tecnológicas desde el punto de vista de la gestión de la demanda

En el caso de los usuarios, la sustitución de las fuentes de energía consiste en el reemplazo de los equipos que requieren de un recurso en específico para operar por otros que usan uno diferente. Por ejemplo, el reemplazo de una cocina convencional de gas licuado de petróleo (GLP) por una cocina de inducción. Esto conlleva un ahorro de energía puesto que la cocina de inducción es más eficiente que la cocina convencional.

Adicionalmente, existen medidas de sustitución de equipos. Estas se enfocan en sustituir equipos ineficientes por otros más eficientes sin que se requiera alterar el recurso con el que funcionan estos equipos. El ejemplo más claro de estas medidas es la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas LED. Ambos equipos utilizan electricidad, pero las lámparas LED consumen menos energía eléctrica que las incandescentes.

2.1.2.3 Medidas de consumo responsable

Las medidas de consumo responsable se basan en una cultura de ahorro y un consumo racional de la energía. Estas medidas pretenden cambiar malos hábitos de consumo con el objetivo de generar ahorros.

Generalmente, las medidas de consumo responsable consisten en campañas de concientización que fomentan el ahorro. Estas campañas pueden ser difundidas a través de medios de comunicación masivos como televisión, radio, redes sociales, etc.

Generalmente, las principales actividades que se promueven en estas campañas son:

- Evitar que la puerta del refrigerador se mantenga abierta de forma innecesaria.
- Evitar introducir elementos calientes al refrigerador.
- Tapar las ollas en las que se están cocinando los alimentos.
- Tomar duchas de máximo 20 minutos
- Apagar los equipos cuando no se están utilizando.
- Mantener cerradas las puertas y ventanas cuando se usan los aires acondicionados.

2.1.2.4 Medidas instrumentales

Las medidas instrumentales son planteadas por las administraciones públicas con el fin de que los consumidores reduzcan el consumo de energía. Las medidas instrumentales pueden ser económicas y financieras, fiscales, normativas y de gestión.

Las medidas económicas y financieras se caracterizan por promover el consumo responsable a través de incentivos económicos. Un ejemplo de estas medidas es la aplicación de un sistema tarifario diferenciado. También se tiene incentivos como subvenciones o préstamos bancarios con condiciones preferenciales para estimular a los usuarios para que compren nuevos equipos o sustituyan las fuentes de energía convencionales. Por ejemplo, prestamos preferenciales para los usuarios que opten por comprar equipos eficientes como las cocinas de inducción.

Las medidas fiscales por su parte se encargan de reducir las tasas e impuestos para incentivar una acción en concreto. Un ejemplo común de una medida fiscal es la reducción de aranceles para la importación de vehículos eléctricos.

Las medidas normativas se enfocan en obligar a los consumidores a cumplir decretos dictados por las entidades reguladoras. Por ejemplo, que los electrométricos utilizados en las instituciones públicas cuenten con al menos la categoría A del etiquetado energético.

Finalmente, las medidas de gestión son iniciativas destinadas a la correcta gestión de la energía. Las auditorías energéticas son las medidas de gestión más comunes. Con las auditorías energéticas es posible conocer cómo se consume la energía para así determinar mecanismos de ahorro en los procesos productivos.

2.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.2.1 JUSTIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El principal objetivo de un programa de eficiencia energética es generar un ahorro de energía a través de estrategias sostenibles. Dicho ahorro energético debe ser entendido como una reducción del consumo sin prescindir del confort que brindan los equipos eléctricos. Es decir, utilizar equipos eléctricos que cumplan con los mismos niveles de confort y con las mismas condiciones de funcionamiento para el usuario, con la diferencia que estos consuman menos energía.

La aplicación de un programa de eficiencia energética se justifica en el hecho que da solución a problemas relacionados con la baja capacidad de generación de un sistema eléctrico, el alto costo de generación de una central, etc.

Los principales beneficios de los programas de eficiencia energética son el ahorro en el consumo de energía, el ahorro de los costos de producción de energía, el aumento de la seguridad energética, la mitigación del cambio climático y la preservación de los recursos naturales de la región.

2.2.2 LAS BARRERAS EN LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las barreras son situaciones que impiden la correcta ejecución de una acción en específico. En el caso de los programas de eficiencia energética, las barreras pueden provocar que estos no tengan el impacto deseado, ya sea en términos de ahorro energético o en términos de ahorro económico.

Con esto en mente, es vital realizar un análisis de las barreras ya que esto permite definir estrategias para superarlas. El primer paso para el análisis de barreras consiste en la enumeración de todas aquellas situaciones que pueden alterar los resultados del programa. Posteriormente, es necesario establecer la importancia de cada barrera a través de la clasificación de estas. Es importante mencionar que la recolección de información de programas aplicados previamente y la opinión de las entidades ejecutoras es sumamente útil para este apartado, puesto que se contará con la experiencia de proyectos anteriores. El proceso termina con un análisis de las relaciones causales.

En resumen, el proceso consta de tres pasos que son:

2.2.2.1 Identificación de barreras

Para identificar las barreras se realiza una investigación de las dificultades encontradas en planes, políticas y proyectos aplicados con anterioridad a nivel nacional e internacional. El objetivo de la identificación de barreras es obtener un panorama de los potenciales impedimentos que podría tener el programa que se propone implementar.

La identificación de barreras consiste en la elaboración de un listado de situaciones problemáticas. Algunos ejemplos de barreras a las que un programa de eficiencia energética debe enfrentar son:

- Restricciones en la importación de cierto tipo de equipos eléctricos.
- Poca confianza de parte de la población en los resultados de las medidas de eficiencia energética.
- Elevados costos de inversión para la aplicación un programa de eficiencia energética.
- Prolongados periodos de retorno de la inversión con las medidas de eficiencia energética.
- Falta de tecnología o poca madurez tecnológica.
- Baja cantidad de personal técnico para la reparación de los equipos eléctricos.
- Falta de información relacionada con los beneficios de las medidas de eficiencia energética.
- Falta de información sobre tecnologías eficientes.
- Falta de cobertura de las medidas de eficiencia energética, es decir, existen zonas a las cuales las medidas del programa no se aplican; generalmente zonas rurales.
- Alto nivel de desactualización tecnológica.

2.2.2.2 Clasificación de las barreras

Una vez obtenido el listado de todas las barreras provenientes de la etapa de identificación. Es necesario clasificarlas para posteriormente determinar su origen. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en [3] propone clasificar a las barreras en 5 diferentes grupos. Estos grupos se muestran a continuación en la **Figura 2.1**:

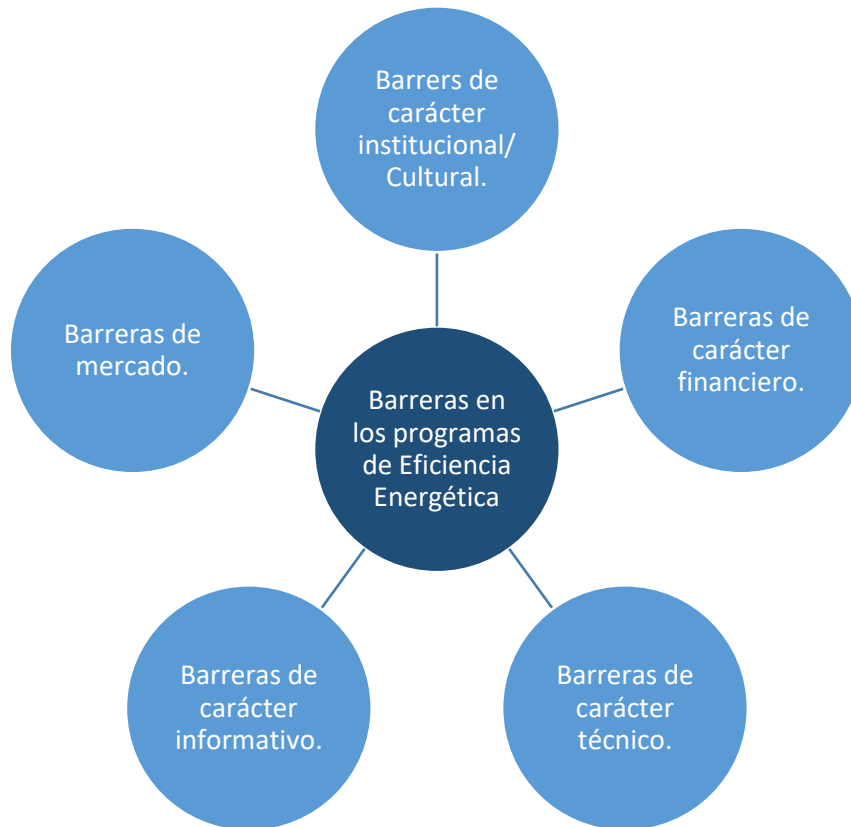


Figura 2.1. Barreras en los programas de Eficiencia Energética [Elaboración Propia].

No obstante, esta clasificación puede ser diferente dependiendo de la investigación realizada en la identificación de barreras. Con esto en mente, es posible que la clasificación tenga mayor o menor cantidad de grupos o tipos de barreras.

2.2.2.3 Análisis de relaciones causales.

Después de clasificar las barreras es fundamental determinar la causa de estas. La identificación de las causas permite establecer las zonas en las cuales se deben enfocar los esfuerzos. De esta manera es posible crear estrategias focalizando los recursos para dar solución a las situaciones problemáticas.

Comúnmente, el método más empleado para el análisis de las relaciones causales es el denominado Análisis del Origen. Este método permite tomar acciones correctivas ya que alcanza un alto nivel de comprensión de la situación problemática.

El proceso de análisis consiste en la jerarquización de las causas y efectos que provocan diferentes situaciones problemáticas. Una vez jerarquizadas las causas y efectos se establecen rutas que se interconectan creando una especie de árbol al cual se le denomina árbol del problema.

Esta metodología reúne información fundamental que evidencia la relación entre las diferentes barreras y los factores que las producen. Con el árbol del problema es posible definir una serie de acciones que se deben al momento de la ejecución del programa con el objetivo de superar las barreras.

2.2.3 TIPOS DE PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética es un tipo de actividad de aquellas enfocadas en la gestión de la demanda. La eficiencia energética se diferencia de la otra categoría denominada “*Respuesta de la Demanda*” puesto que esta última se orienta en reducir el consumo energético únicamente durante los picos de consumo. Por otro lado, la eficiencia energética pretende reducir el consumo en todo el periodo.

La Guía C: Diseño de programas de eficiencia energética del BID clasifica a los tipos de programas según la naturaleza de las acciones que realizan. Esta clasificación se muestra sintetizada en la **Figura 2.2**.



Figura 2.2. Tipos de programas de Eficiencia Energética [Elaboración Propia].

A continuación, se presenta de manera detallada los programas de eficiencia energética.

- **Programas de sustitución:** Estos programas consisten en retirar los equipos ineficientes del mercado de ventas para reemplazarlos por otros más eficientes. Un ejemplo de ello es retiro de lámparas incandescentes del mercado a través de la prohibición de la venta de estas; para promover el reemplazo de esta tecnología por lámparas LED.
- **Programas de códigos, estándares y etiquetado:** Este tipo de programas consiste en la definición de niveles mínimos de eficiencia energética. La aplicación de estos niveles es obligatoria ya sea en edificaciones, así como en la elaboración de productos. El programa de etiquetado en electrodomésticos de línea blanca es un ejemplo de este tipo. Las etiquetas garantizan que los equipos cumplen con un requisito mínimo de eficiencia energética.
- **Programas de educación, capacitación y concientización:** En resumen, estos programas pretenden informar a los usuarios finales de la energía los beneficios de la eficiencia energética. Estos beneficios pueden ser de carácter económico o energético. Adicionalmente, impartir clases educativas que promuevan el uso racional de la energía. Uno de *este tipo de programas es el “Dollar to \$ense”* llevado a cabo en Canadá. Este programa consiste en la una serie de capacitaciones relacionadas al manejo estratégico de la energía.
- **Programas de incentivos y/o subsidios:** Los programas de incentivos consisten en brindar estímulos a los consumidores de energía para que opten por el uso de tecnologías más eficientes. El ejemplo más representativo de este tipo de programas a nivel nacional es el Programa Eficiente de Cocción (PEC). Este consistió en brindar incentivos a los consumidores para que estos reemplacen las cocinas convencionales por concinas de inducción.
- **Programas de transformación de mercado:** Estos se caracterizan por cambiar la forma en la que funciona el mercado eléctrico. Un programa de transformación de mercado es el establecimiento de tarifas diferenciadas en bandas horarias. Por ejemplo, imponer una tarifa elevada durante los picos de demanda para conseguir que los usuarios consuman menos energía durante este periodo y así paguen un menor valor en la planilla eléctrica.
- **Programas de cambio de combustible:** Los programas de cambio de combustible son utilizados para incentivar el uso de recursos que sean abundantes. Por ejemplo, la adaptación de los motores de embarcaciones de pesca a baja escala para que utilicen amoniaco en reemplazo de la gasolina.

2.2.4 CICLO DE UN PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En la Figura 2.3 se presenta el ciclo de un programa de eficiencia energética.

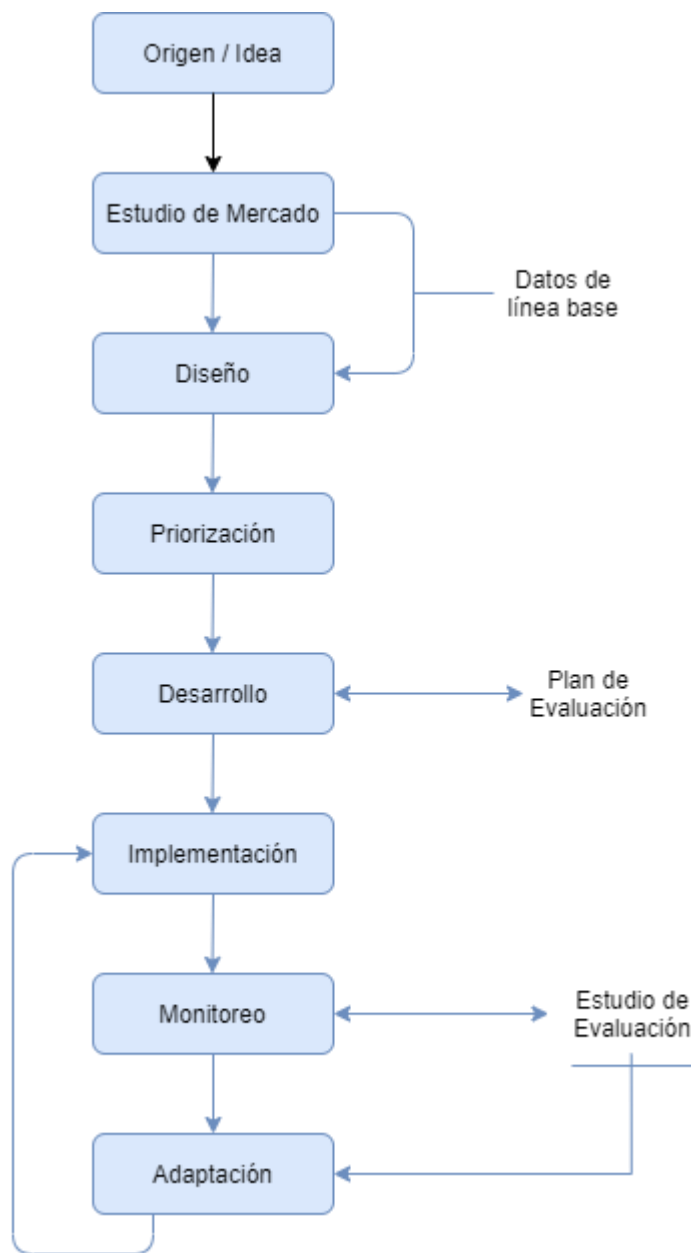


Figura 2.3. Ciclo de un programa de eficiencia energética [3].

2.2.4.1 Origen/Idea

Este apartado contiene las ideas para el programa. Esta etapa se caracteriza por expresar la oportunidad que un programa puede tener. Adicionalmente, se explica de manera breve el campo de acción del programa. Sin embargo, no se especifica el alcance del programa y por ende tampoco se definen la forma a través de la cual se conseguirán las metas planteadas.

Es importante mencionar que el origen del programa puede arrancar a través de iniciativas políticas de los gobiernos. Esto con el objetivo de afrontar situaciones como crisis energéticas o decisiones de cooperación internacional.

2.2.4.2 Estudio de caracterización del mercado

Esta es la etapa más importante del programa de eficiencia energética, pues es la encargada de obtener la información para establecer la oportunidad de éxito de las propuestas del programa. El alcance del estudio de caracterización del mercado se restringe a un grupo de la población o a su vez a un grupo de tecnologías. En Figura 2.4 se muestra el diagrama de flujo con los subprocesos que contiene esta etapa.

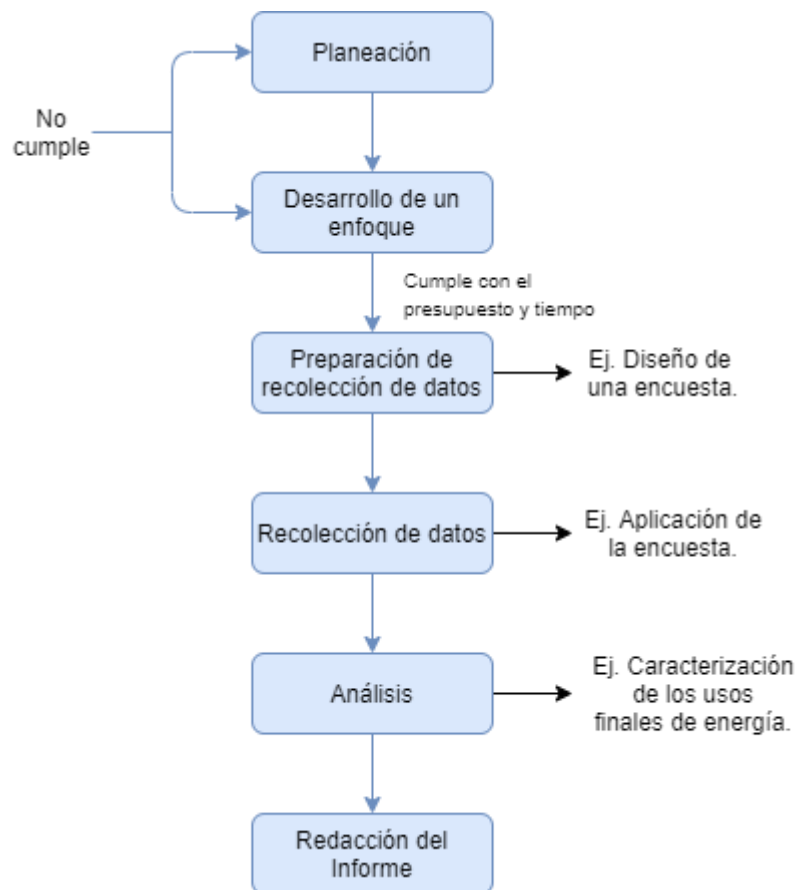


Figura 2.4. Flujo de subprocesos del estudio de caracterización del mercado [3].

Al realizar la caracterización del mercado se obtiene la identificación de barreras, la identificación de los interesados y actores relevantes, las tendencias de consumo sin considerar las medidas del programa (escenario tendencial), la tendencia de consumo posterior a la intervención del programa y el potencial de ahorro.

A continuación, se describen los procesos de esta etapa:

- **Planificación:** Este proceso se enfoca en determinar los objetivos y antecedentes del estudio de caracterización, los resultados esperados, la accesibilidad a la información, el monto de financiamiento para la investigación de mercado, la entrega de productos y los beneficiarios del estudio (quiénes recibirán los resultados del estudio).
- **Diseño del enfoque:** El proceso se encarga de establecer las metodologías a través de las cuales se recopilan los datos que contribuirán a la caracterización del mercado. El proceso inicia con la identificación de la información disponible. En caso de que la información disponible no sea suficiente para el estudio es necesario recopilar datos adicionales. Por lo cual, se establece una población destino y se determina el tamaño de la muestra.
- **Preparación de la recolección de datos:** Este proceso es aquel que consume la mayor parte de los recursos debido a que requiere la elaboración de cuestionarios. Por ello es necesario que se realicen guías de entrevistas con sus respectivos protocolos de observación para la recolección de datos. Se recomienda que los cuestionarios de recopilación de datos se sometan a controles de calidad para obtener un mecanismo óptimo de adquisición de datos.
- **Recolección de datos:** La recolección de datos puede incluir diferentes *metodologías de entre las cuales se destaca las visitas “in situ” con los actores y beneficiarios del programa, auditorías de eficiencia energética, encuestas, etc.*
- **Análisis de la información y datos recolectados:** De la recolección de datos se obtendrá información relacionada a las barreras. Estas barreras se generan por la transición de un estado previo a prácticas y equipos más eficientes. Con base en estas situaciones problemáticas se determina el tipo y las actividades a ejecutar en el programa para que estas sean capaces de superar dichas barreras.
Por otro lado, durante este proceso se establecen líneas de tendencia y proyecciones que cuantifiquen el impacto del estudio. Con las líneas de tendencia se estima el potencial de ahorro del programa. Adicionalmente, se cuenta con la estructura del mercado, la cual consiste en una descripción de las estrategias para la implementación de las medidas de eficiencia energética. Finalmente, se tiene la definición de las partes interesadas, sus funciones y sus capacidades. Este subproceso indica la relevancia que cada uno de los actores tiene durante la aplicación del programa.

- **Redacción del informe:** Este es el proceso final en el estudio de mercado. El informe consiste en una recopilación de los procesos anteriores con sus respectivos resultados. Es importante mencionar que los informes deben ser cortos y concisos.

2.2.4.3 Diseño del programa de eficiencia energética

Esta etapa tiene como fin establecer el objetivo del programa, los modelos que se aplican, la manera de ejecutarlo, el proceso que llevará a cabo para su implementación, los recursos necesarios para su aplicación, las tecnologías que se va a promover y los actores interesados.

Dentro de la etapa de diseño es vital que se determinen los ejes de acción y el objetivo de cada uno de estos, así como las estrategias que faciliten la consecución de dichos ejes. Todos los proyectos propuestos dentro del programa deben considerar las barreras analizadas en la etapa anterior. Esto con el fin de generar estrategias que permitan superar los obstáculos producidos por las situaciones problemáticas.

Es fundamental que el diseño considere el criterio de adicionalidad o también conocido como las tendencias naturales del mercado. Este criterio hace referencia al comportamiento de la población. En caso de que los proyectos posean conexiones causales basadas en supuestos incorrectos, los ahorros energéticos serán más bajos de los estimados.

Durante la etapa de diseño es posible que se generen efectos que pueden alterar el impacto del programa. Estos son:

- **Tasa de instalación:** Es posible que el usuario final no sea el encargado de instalar el equipo. Esto puede generar que con el tiempo el equipo sea desmantelado o en su defecto no sea usado por el usuario.
- **Tasa de realización:** Esta tasa se refiere a la cantidad de usuarios que realmente participan en el programa. Es posible que los ahorros estimados no se obtengan al final del programa debido a que los usuarios decidieron no formar parte de este.
- **Oportunistas:** Estos consumidores se caracterizan por sacar ventajas de los descuentos (subsídios) que se obtienen debido a la aplicación de los programas, incluso cuando ellos son capaces de instalar equipos eficientes sin la necesidad de los incentivos.
- **Efectos de los no participantes:** En este caso se tiene que los usuarios incluso cuando no pertenecen al grupo para la aplicación del programa, se ven influenciados por la información de los beneficios y deciden adoptar las medidas de

eficiencia energética. Esto es algo positivo puesto que puede aumentar los ahorros estimados en el programa.

- **Persistencia/falla:** Todos los equipos son susceptibles a fallas, lo que provoca que estos detengan su funcionamiento y por ende no generen los ahorros estimados durante el periodo del programa.
- **Efecto rebote:** Este consiste en que algunas medidas pueden implicar ahorros durante ciertos periodos del año. Sin embargo, el consumo luego de la aplicación de estas medidas en otros periodos puede ser mayor. En el balance global se tiene que si bien se ahorra en un periodo en el otro se consume más energía derivando en el fracaso de la medida.
- **Efecto de recuperación:** Debido a que las medidas de eficiencia energética pueden reducir el total a pagar en la planilla eléctrica, es posible que los usuarios opten por mejorar su confort a través de la adición de nuevas cargas. Estas nuevas cargas provocan que el usuario pague un valor de energía eléctrica similar previo a la adopción de las medidas; además, el sistema energético nuevamente retorna a la carga de trabajo inicial.

2.2.4.4 Priorización de proyectos

Esta etapa consiste en la aceptación, el rechazo o la solicitud de modificaciones de cada uno de los proyectos que se incluyen en el programa. La priorización es producto de un análisis en la efectividad que cada proyecto brinda con respecto a los costos de implementación. La relación de la efectividad en función de los costos de cada proyecto determina la factibilidad de aplicación de cada uno de ellos.

Como resultado de la priorización se tiene que los proyectos son clasificados en diferentes grupos. Comúnmente se los separa en proyectos de prioridad alta, media y baja. Siendo los primeros los que mejores beneficios tienen tanto en el ámbito de ahorro como en el de costos.

Es fundamental que se prioricen los proyectos con base en la efectividad en función de los costos de aplicación. No obstante, esto no garantiza que el programa sea exitoso, ya que existen otros aspectos que también deben tomarse en cuenta en la priorización. Estos aspectos provienen del análisis de barreras; por ejemplo, la factibilidad técnica de la aplicación, la predisposición de los usuarios para aplicar la medida, etc.

Adicionalmente, puede darse el caso en el cual la efectividad de los proyectos sea buena puesto que brinda ahorros importantes. Sin embargo, los costos de aplicación son extremadamente elevados. Estos proyectos son denominados de carácter social. Y su

priorización debe realizarse con base en una perspectiva social. Por ejemplo, la sustitución de embarcaciones de pesca que utilizan motores de combustión interna por embarcaciones con motores eléctricos.

Finalmente, las instituciones administradoras son las que deciden los proyectos que desarrollarán con base el presupuesto que se dispone, las políticas nacionales y la aprobación de la entidad reguladora.

2.2.4.5 Desarrollo del programa

Esta etapa consiste en el mecanismo a través del cual se aplicarán las medidas planteadas en el programa. El desarrollo del programa es la etapa que mayores recursos emplea para su ejecución. Los principales aspectos que deben considerarse en el desarrollo del programa se describen a continuación:

- **Proceso de participación:** Generalmente, la institución ejecutora (Ministerio de energía) suele encargarse del desarrollo del programa a entidades privadas. Estas entidades deben realizar las actividades de mercadeo, visitas a sitio, elaboración de informes, diseño de propuestas de incentivos y la gestión de reuniones con la entidad ejecutora y los interesados. Estas actividades tienen como objetivo mantener a la entidad ejecutora informada del proceso de aplicación del programa.
- **Comercialización y mercadeo:** Los encargados del desarrollo del programa deben diseñar el material que se presentará a los usuarios para cumplir con los objetivos de este. Dicho material permitirá que la penetración de las medidas propuestas sea efectiva.
- **Criterios de elegibilidad:** Dentro de las actividades que se especifican para los encargados del desarrollo del programa se tiene que estos deben establecer los requisitos para que los usuarios puedan acceder a incentivos o bonificaciones como parte del programa. Los criterios de elegibilidad tienen como objetivo reducir la intervención de oportunistas.
- **Control de fraude:** Este control consiste en la identificación de aquellos usuarios que a pesar de no cumplir con los criterios de elegibilidad fueron beneficiados con los incentivos. Para identificar a este tipo de usuarios se emplean enfoques con muestreo aleatorio y comprobación in situ. La identificación de estos usuarios deriva en una sanción a estos. Con el fin de facilitar el proceso de identificación, los criterios de elegibilidad deben ser simples.
- **Servicio al consumidor:** Este consiste en el medio a través del cual los encargados del desarrollo del programa informan a los usuarios que son elegibles

para que adopten las medidas del programa. Usualmente, se utilizan medios como los correos electrónicos, llamadas telefónicas y centros de atención al cliente.

- **Estimación de ahorros en cada sitio específico:** La estimación de ahorros debe ser coherente con el tamaño de cada transacción y debe estar acorde con el tipo de medida que se aplica en el programa.
- **Formularios y plantillas:** Estos formularios son realizados por el equipo encargado del desarrollo del programa. Los formularios tienen como objetivo obtener información para la etapa de monitoreo y evaluación del programa.
- **Base de datos de seguimiento:** Con base en la información obtenida de los formularios y plantillas, esta debe ser procesada para las siguientes etapas. Para generar las bases de datos se puede emplear software computacional como MySQL o simplemente hojas de cálculo de Excel. Estos datos deben ser validados por la institución ejecutora.
- **Estructura organizacional:** Como cualquier grupo de trabajo, los encargados de desarrollo deben mantener una estructura organizacional entre sí con el fin de definir las funciones que deben desempeñar.
- **Dotación de personal:** Los encargados del desarrollo del programa deben determinar la cantidad de personal requerido a corto, mediano y largo plazo. El objetivo de este aspecto es contar con el personal suficiente para desarrollar el programa de manera exitosa.
- **Actualización del diseño:** Es probable que durante el desarrollo del proyecto se presenten nuevos obstáculos que dificulten la aplicación de este. Por ello, es fundamental que el programa sea capaz de adaptarse a estos obstáculos.
- **Plan de monitoreo y evaluación:** En el desarrollo del programa, los encargados deben definir las actividades de monitoreo que se van a ejecutar en la etapa de implementación. El plan de monitoreo representa una versión preliminar del estudio de evaluación que se realizará al final del programa. Existen tres tipos de evaluaciones.

La primera es la evaluación de impacto, la misma que se centra en cuantificar los beneficios directos e indirectos del programa. Estos beneficios son la cantidad de energía ahorrada, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, etc. El segundo tipo de evaluación se denomina evaluación de proceso. Esta evaluación se encarga de mostrar el desempeño de la implementación del programa desde el punto de vida de los actores (entidad ejecutora, beneficiarios, etc.).

Finalmente, se tiene la evaluación de efectos del mercado, la cual se encarga de mostrar cómo se ha visto alterada la cadena de oferta y el mercado dadas las nuevas medidas adoptadas por el programa.

2.2.4.6 Implementación del programa

La implementación está bajo la supervisión de la institución ejecutora, que en el caso del Ecuador es el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR). Esta institución, la cual también es conocida como el administrador, ejecuta las actividades del programa en conjunto con otros colaboradores como contratistas, consultores, proveedores, etc.

Es importante mencionar que sobre el administrador recae toda la responsabilidad del éxito o el fracaso de la implementación, pues es el organismo del cual surgió la idea de implementación del programa.

La etapa de implementación se conforma de dos actividades fundamentales. Estas actividades son:

- **Selección de personal:** Consiste en el proceso de contratación de personal, el cual será necesario para el lanzamiento del programa. Es posible que se requiera personal adicional que se integre al equipo ejecutor a medida que el programa avanza.
- **Movilización de socios e intermediarios del mercado:** El equipo encargado del desarrollo del programa debe establecer previamente un listado con las partes interesadas. Las partes interesadas corresponden a los fabricantes de equipos, distribuidores de equipos, las empresas distribuidoras, entidades gubernamentales y otras instituciones que se ven beneficiadas por el programa de eficiencia energética. Todos los interesados en el programa deben recibir información que resulte de interés para mantenerlos enterados de las actividades que se están desempeñando.

2.2.4.7 Monitoreo del programa

Esta etapa se realiza con base en el plan de monitoreo y evaluación que se realiza en la etapa de desarrollo. Como se especificó en la etapa de desarrollo, se necesita información para realizar el proceso de evaluación. Esta información proviene de los formularios aplicados a los usuarios que participan en el programa y es almacenada en una base de datos.

La base de datos permite crear informes que muestran la evolución del programa con el paso del tiempo. La evolución es medida a través de índices de desempeño que se comparan con los objetivos del programa.

La etapa de monitoreo del programa permite ajustar aspectos relativos al diseño y a la ejecución de este en caso de no cumplir con los objetivos trazados inicialmente. Es fundamental que el equipo encargado de la implementación goce de la suficiente libertad para realizar los ajustes a la ejecución o al diseño del programa para que se consigan los objetivos de ahorro.

Es importante comprender que el monitoreo consiste en el seguimiento de las actividades que se ejecutan durante la implementación del programa. En el monitoreo se calculan los ahorros brutos producidos por las medidas de este. Por otro lado, la evaluación del programa se encarga de determinar la razón por la cual se obtienen los ahorros y la forma en la que se consiguen. En otras palabras, la evaluación del programa brinda información adicional con la cual es posible realizar un análisis más profundo.

La evaluación del programa tiene como resultado un informe. Este informe contiene recomendaciones con las cuales se pretende adaptar la teoría del programa para corregir aspectos como la baja penetración de las medidas, los bajos ahorros generados, etc. El principal objetivo de este informe es identificar las fallas existentes en el diseño inicial para luego enmendarlas mejorando los resultados del programa.

2.2.4.8 Adaptación del programa

Es posible que de la etapa de monitoreo se evidencien falencias en el diseño del programa, lo que deriva en modificaciones y adaptaciones a la teoría de este para alcanzar los objetivos trazados. Esta etapa es la encargada de realizar los procesos de modificación en el programa. Las adaptaciones pretenden aumentar tanto la penetración como la rentabilidad de este.

Las adaptaciones más utilizadas en los programas de eficiencia energética son la provisión de incentivos/subsidios y la transformación del mercado. Un programa que considere las modificaciones poseerá más impacto en los usuarios finales.

2.2.5 ECONOMÍA DE UN PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En la actualidad se cuenta con diferentes métodos que permiten evaluar los resultados de un programa de eficiencia energética. Sin embargo, el método más utilizado es el método de las pruebas de efectividad. Este consiste en cinco pruebas, las cuales se detallan a continuación:

- **Prueba del participante:** Con esta prueba se pretenden identificar si los participantes del programa recibieron un beneficio positivo neto durante la vida útil de las medidas aplicadas.
- **Prueba del administrador:** Esta prueba se enfoca en determinar si la empresa de suministro de energía aumentó o disminuyó sus gastos con la aplicación de las medidas. En otras palabras, la prueba del administrador pretende responder a la pregunta sobre cuán efectivo resultó el programa comparado con otros programas desde la perspectiva del administrador (entidad ejecutora del programa).
- **Prueba de impacto sobre los precios de la energía:** Esta prueba pretende identificar si las tarifas de energía se ven afectadas. Además, se determina si las tarifas deben aumentar con el objetivo de recuperar los costos del programa.
- **Prueba de costo total de los recursos:** La prueba de costo total de los recursos se enfoca en determinar si los costos totales de energía disminuyeron. Y si lo hicieron, cual fue el impacto económico positivo de esa reducción.
- **Prueba de costo social:** Esta prueba tiene como objetivo evaluar si los usuarios se encuentran satisfechos con la aplicación de las medidas.

En la Tabla 2.1 se muestran los beneficios y costos de cada una de las pruebas de efectividad en función de los costos. Es importante mencionar que es posible que los resultados de las pruebas varíen según la jurisdicción de país, ya que ciertos elementos pueden ser considerados como costos, beneficios o ser ignorados.

Tabla 2.1. Criterios de las pruebas de efectividad en función de los costos.

Flujos de dinero considerados en el análisis económico	Prueba del participante	Prueba del administrador del programa	Prueba de impacto sobre los precios de la energía	Prueba de costo total de recursos	Prueba de costo social
Costos evitados de energía y capacidad de generación	-	Beneficio	Beneficio	Beneficio	Beneficio
Beneficios no monetarios	-	-	-	-	Beneficio
Costos incrementales de instalación de equipos	Costo	-	-	Costo	Costo
Costos generales del programa	-	Costo	Costo	Costo	Costo
Pago de incentivos	Beneficio	Costo	Costo	-	-
Ahorros en la factura de energía	Beneficio	-	Costo	-	-

El resultado de las pruebas de efectividad se suele representar con índices financieros como el Valor Actual Neto (VAN) y la relación Costo-Beneficio. No obstante, el programa también puede hacer uso de otros índices financieros como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de retorno de la inversión (Payback).

Previo a la descripción de los índices financieros es necesario definir dos conceptos que son:

- **El flujo de caja:** El flujo de caja es la diferencia neta entre los ingresos y egresos que se obtienen a lo largo de la vida útil del proyecto [4].
- **Tasa de descuento:** Es el tipo de interés que se usa para el cálculo el valor actual de los flujos de caja que se alcanzarán en el futuro [5].

Los índices financieros se describen a continuación:

- **Valor actual neto (VAN):** El valor actual neto corresponde a un indicador financiero que determina si un proyecto de inversión es rentable o no. El VAN es definido como la diferencia entre el valor de la inversión y el flujo de caja [4].

Existen tres diferentes posibilidades para la evaluación de un proyecto a través del VAN. La primera corresponde a un VAN mayor que cero. Esto indica que el proyecto tiene rentabilidad. Por otro lado, si el VAN es menor que cero el proyecto no produce beneficios económicos y genera pérdidas. Finalmente, un VAN igual a cero establece que el proyecto no produce ganancias ni pérdidas; esto indica que la inversión no agrega ningún valor económico. A continuación, en la Ecuación 2.1 se muestra la fórmula para calcular el VAN:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+r)^t} \quad (2.1)$$

En donde:

- I_o es el monto de inversión.
 - Rt es el resultado del flujo de caja considerando los ingresos y los egresos.
 - r es la tasa de interés anual.
 - n es el tiempo de vida del proyecto en años.
- **Tasa interna de retorno (TIR):** Es un indicador financiero que depende de la rentabilidad que se desea conseguir con un proyecto de inversión. La TIR se define como el valor del interés que provoca que el VAN tenga un valor de cero [4]. Este indicador financiero se compara con la tasa de descuento para la evaluación de un proyecto. Si la TIR supera el valor de la tasa de descuento implica que el proyecto

es rentable, mientras que si la TIR está por debajo de la tasa de descuento el proyecto produce pérdidas. A continuación, en la Ecuación 2.2 se muestra la fórmula para calcular la TIR.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (2.2)$$

- **Periodo de retorno de la inversión (Payback):** Es un criterio que permite evaluar las inversiones en un proyecto. Se define como el tiempo necesario para recuperar el capital inicial invertido en el proyecto [6]. A continuación, en la Ecuación 2.3 se muestra la fórmula para calcular el Payback.

$$\text{Período de Payback} = \left[\begin{array}{l} \text{Período último con Flujo} \\ \text{Acumulado Negativo} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Valor absoluto del último} \\ \text{Flujo acumulado negativo} \\ \text{Valor del Flujo en} \\ \text{el siguiente período} \end{array} \right] \quad (2.3)$$

- **Costo - beneficio:** Es un análisis que mide la relación entre el costo de una unidad producida y el beneficio obtenido de ella. En la eficiencia energética se evidencia como el costo que implica un proyecto con respecto a los beneficios que trae [7]. A continuación, en la Ecuación 2.4 se muestra la fórmula para calcular la relación Costo-Beneficio.

$$\text{Relación Costo - Beneficio} = \frac{\text{Ingresos totales netos}}{\text{Costos totales}} \quad (2.4)$$

2.2.5.1 Análisis económico - financiero de un programa de eficiencia energética

Si bien estos términos pueden conducir a confusiones debido a que suelen ser interpretados como sinónimos, es vital saber diferenciarlos. Por un lado, según la Escuela de Administración de Negocios (ESAN) en [8] el análisis económico evalúa los costos y las ganancias de un programa de eficiencia energética desde el punto de vista de la sociedad como un todo. Es decir, el análisis económico se enfoca en examinar los beneficios que un proyecto conlleva y la contribución social que justifica la ejecución de este. Mientras que el análisis financiero se encamina a evaluar los beneficios de un proyecto desde el punto de vista de una entidad individual. En otras palabras, los costos por los servicios o por los bienes se basan en el valor percibido por el individuo en términos netamente monetarios.

Por tal razón, un proyecto de eficiencia energética debe ser analizado tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista financiero. Esto debido a que es posible que un determinado proyecto no posea rentabilidad financiera pero sí contribuya a mejorar un aspecto social como la calidad de vida de la población.

Por ejemplo, un programa de sustitución de vehículos con motores de combustión interna por vehículos eléctricos posiblemente no brinde réditos monetarios pero si conlleva el beneficio social de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

2.3 MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA

Es de suma importancia realizar la caracterización de usos finales de la energía debido a que esta permitirá identificar los actores, componentes y acontecimientos que describen el comportamiento de los usuarios finales de la energía eléctrica. Una vez determinada la importancia de la caracterización, es necesario destacar que la elección de la metodología para la obtención de datos es vital, pues una metodología adecuada permite obtener información útil para la realización del estudio.

Con base en [9] desarrollado por Swan y Ugursal se establece que existen dos métodos que comúnmente son usados para la caracterización de los usos finales de la energía eléctrica. Estos son:

- **Métodos “Top-Down”:** Estos métodos se basan en la utilización de parámetros macroscópicos para definir el comportamiento de los usuarios de energía.
- **Métodos “Bottom-Up”:** Este grupo de métodos parte de información específica proporcionada por los consumidores, como por ejemplo las características de los equipos eléctricos y el tiempo de uso de estos, para estimar escenarios más generales.

En la Figura 2.5 se muestra una clasificación más detallada de los métodos existentes para la caracterización de usos finales de la energía.

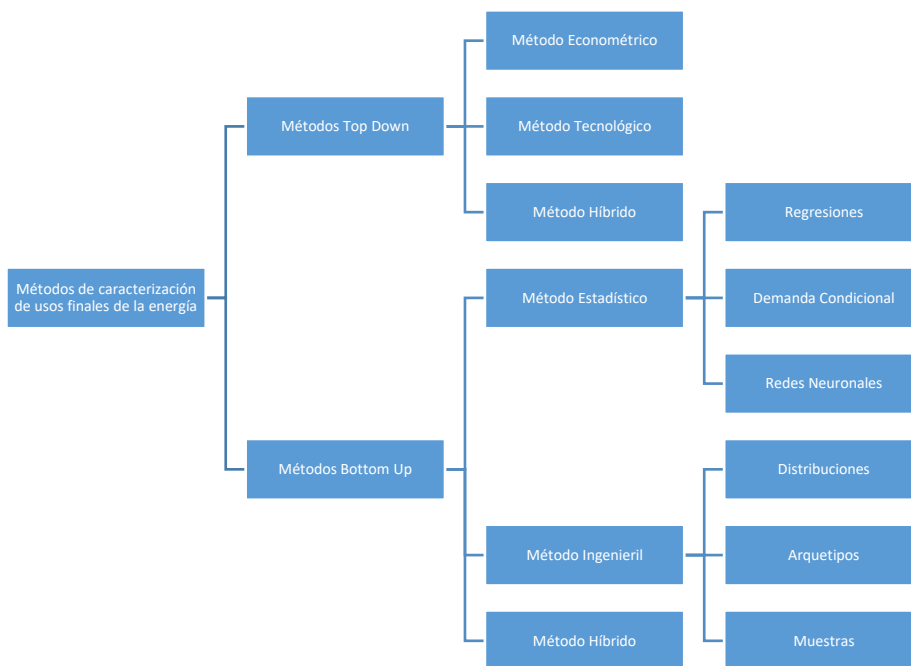


Figura 2.5. Métodos para la caracterización de usos finales de energía [Elaboración Propia].

2.3.1 MÉTODOS TOP-DOWN

Estos métodos tuvieron su auge con la crisis energética de la década de los 70s. Principalmente tenían el objetivo de determinar la conducta del cliente de energía eléctrica basándose en las fluctuaciones de la oferta y el precio. No obstante, en la actualidad estos métodos usan más parámetros para la evaluación del consumidor.

Como se especificó anteriormente en [9], los métodos Top-Down parten de parámetros macroeconómicos para obtener la caracterización final. Esta característica permite que los métodos usen modelos matemáticos, que, con la ayuda de diferentes técnicas y factores, facilitan la definición de tendencias.

Los métodos Top-Down usan registros históricos para establecer una tendencia del comportamiento de la demanda energética en el futuro. Los parámetros usados como entrada de estos métodos son:

- El producto interno bruto (PIB)
- Estadísticas poblaciones
- Proyecciones de crecimiento de la población
- Condiciones climatológicas
- Tasa de construcción de edificaciones
- Tasa de demolición de edificaciones

Con relación a las ventajas que este tipo de métodos tienen, se destaca que son simples al momento de aplicar, pues hacen uso de datos disponibles. Además, estos métodos pueden ser calibrados con datos de consumo real.

Sin embargo, en lo referente a las desventajas, estos dependen en su totalidad en datos provenientes de estadísticas. Adicionalmente, la desventaja más representativa de estos métodos es que los resultados que se obtienen no permiten distinguir el uso final de la energía de forma individual por cada equipo; esto último limita la identificación de mejoras en sectores específicos.

Quirós, Valverde, Marín y Chacón establecen en [10] que los métodos Top-Down más destacados son:

2.3.1.1 Método Econométrico:

El método econométrico se caracteriza por obtener información proveniente de aspectos como el precio de la energía y la tasa de construcción de viviendas que se conectan a la red eléctrica. A través del análisis de los datos es posible estimar el poder adquisitivo de los clientes, que, a su vez contribuye a la construcción de una proyección de la demanda con base en una tendencia.

El método econométrico se enfoca en regresiones de datos históricos asumiendo la rigidez de la economía, es decir, asume que existe un comportamiento lento por parte de esta ante los cambios de la demanda.

2.3.1.2 Método tecnológico

Este método se caracteriza por utilizar datos generales de consumo de los sectores residencial y comercial. El método tecnológico basa su análisis en las particularidades de los equipos eléctricos que cada usuario posee. Con base en dichas particularidades de los equipos, este es capaz de crear tendencias que contribuyen a la caracterización de usos finales de la energía.

2.3.2 MÉTODOS BOTTOM-UP

Como se indica en [9], estos métodos se destacan por utilizar información sumamente detallada de los consumidores. La información es una descripción sobre el uso de los equipos eléctricos; por ejemplo, la cantidad de equipos eléctricos, los horarios de ocupación, las temporadas de ocupación, etc. Estas metodologías se enfocan en determinar el aporte que cada equipo eléctrico tiene en el consumo de energía del usuario. El cúmulo de información recabada permite caracterizar el uso final de la energía con diferentes grados de afinación ya sea a nivel local, regional o nacional.

Los datos que estos métodos requieren para su aplicación son:

- Características de la vivienda (área, cantidad de habitaciones, etc.)
- Especificaciones técnicas de los equipos eléctricos (potencia nominal, voltaje, etc.)
- Franja horaria de uso de cada equipo eléctrico
- Características climatológicas del sector (referente a la estacionalidad)
- Datos del comportamiento del usuario

En lo referente a las ventajas, estos métodos brindan un buen nivel de detalle como resultado del análisis, lo que a su vez posibilita el cálculo de la demanda de pequeñas agrupaciones de consumidores. Adicionalmente, los métodos Bottom-Up facilitan la identificación de áreas factibles para la aplicación de propuestas de eficiencia energética, pues hacen uso de datos actuales.

Por otra parte, la ventaja más importante de estos métodos es que cuantifica el aporte de cada equipo eléctrico a la demanda de energía; con esta información es posible generar una proyección del impacto de los programas de eficiencia energética por el reemplazo de tecnologías.

El método si bien luce atractivo por todas las ventajas que posee también tiene desventajas que se deben tomar en cuenta. Entre las desventajas más representativas se tiene que para alcanzar los altos niveles de detalle que el método tiene como resultado, se necesita una gran cantidad de información para el análisis. Además, el algoritmo de análisis para la caracterización del consumo es complejo.

Igualmente, en [10] se detalla que los métodos Bottom-Up que más se destacan son:

2.3.2.1 Método Estadístico

Este método basa su análisis en información proveniente de las empresas distribuidoras. La información contiene datos socioeconómicos de los usuarios y consumos previos registrados en las planillas eléctricas. Una vez obtenida la información se aplican técnicas de regresión, lo que permite identificar patrones de consumo por parte del usuario final.

Además, cuenta con tres técnicas para su aplicación. Dichas técnicas se detallan a continuación:

- **Regresión:** Esta técnica se caracteriza por requerir poca información. El análisis se basa en una regresión en el consumo energético. La ventaja que presenta esta técnica es que a medida que realiza el análisis se puede eliminar variables de bajo

impacto en la caracterización, obteniendo como resultado una caracterización simplificada.

- **Análisis de demanda condicional (CDA):** Esta técnica se enfoca en la presencia de equipos eléctricos en las edificaciones, precio de la energía eléctrica, los ingresos de los habitantes, etc. Esta técnica aplica una regresión matemática para establecer el uso de los equipos eléctricos. Sin embargo, una desventaja es que necesita mucha información para arrojar resultados fiables.
- **Redes neuronales:** Se basa en el uso de herramientas computacionales que permiten generar estructuras interconectadas entre sí con la información proporcionada por los consumidores. La técnica pretende establecer una dependencia entre los usuarios, lo que implica que puedan verse afectados entre sí.

2.3.2.2 Método Ingenieril

El método ingenieril se caracteriza por contar con un análisis que no se basa en datos históricos. Este efectúa clasificaciones con base en características del consumo de cada usuario. Dependiendo del grado de afinación que se desea obtener en los resultados, el método es flexible en la clasificación que realiza; esto representa una ventaja. Sin embargo, el método realiza suposiciones sobre el comportamiento de los usuarios.

El método cuenta con tres técnicas para su aplicación, las cuales son:

- **Distribuciones:** La técnica requiere de información relacionada a las características de los equipos como por ejemplo su eficiencia y la cantidad de equipos presentes en la instalación. Con base en estos datos se realiza el cálculo del consumo de energía.
- **Arquetipos:** Esta técnica basa su análisis en la clasificación de las viviendas según parámetros como el tamaño, la fecha de construcción, etc. La descripción del consumo eléctrico es creada con base en la clasificación anteriormente realizada. La técnica hace uso de extrapolaciones que determinan un peso específico en el análisis a cada vivienda según la representatividad de esta en la clasificación.
- **Muestras:** Las muestras son una de las técnicas más usadas ya que obtiene datos de un grupo pequeño de usuarios respecto al universo de consumidores. La principal ventaja de la técnica es que brinda resultados precisos, pero está limitada a la cantidad de mediciones (muestras de la población) que se tenga.

2.4 ENCUESTAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA

2.4.1 ENCUESTAS COMO MEDIO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Las encuestas son mecanismos usados en las investigaciones para la adquisición de datos según afirman Casas, Repullo y Donado en [11]. Estos mecanismos utilizan instrucciones normalizadas con el fin de que los encuestados respondan de manera objetiva cada una de las preguntas realizadas.

Existen varias recomendaciones que son importantes al momento de diseñar una encuesta, estas recomendaciones son:

- El propósito de la encuesta debe apuntar en la misma dirección que el propósito de la investigación.
- La encuesta necesita que la metodología con la cual se aplica sea clara. Esto incluye la definición de la muestra de la población requerida en la investigación y la manera con la cual se va a recabar la información.
- La encuesta tiene que evitar ser larga para no cansar al individuo encuestado.
- Las preguntas de la encuesta deben ser fáciles de responder. Esto incluye una correcta redacción.

También es importante mencionar que existen dos tipos de encuestas. Las encuestas descriptivas son aquellas que pretenden documentar la situación actual de un grupo de la población con el fin de describir, a través de una generalización, las condiciones de la población. Por otro lado, las encuestas analíticas pretenden determinar la razón por la cual existe una determinada condición. En otras palabras, las encuestas descriptivas se enfocan en representar una situación mientras que las encuestas analíticas buscan explicar la razón que provoca dicha situación.

La aplicación de una encuesta como metodología de investigación posee ventajas como las que se describen a continuación:

- Las encuestas son eficientes, ya que requieren ser aplicadas a un pequeño grupo de la población para establecer conclusiones sobre toda la población.
- Con la aplicación de una encuesta es posible obtener conclusiones de muestras geográficamente dispersas. Esto se refiere a que una encuesta puede usar una amplia gama de técnicas para recabar la información como por ejemplo entrevistas telefónicas, formularios en línea, etc.

- Las encuestas son flexibles, es decir, pueden combinarse con diferentes técnicas de obtención de datos para generar un estudio más completo y preciso.

2.4.2 TIPOS DE PREGUNTAS EN ENCUESTAS

Las preguntas de las encuestas se clasifican según los criterios que se presentan en [11]. Estos se muestran a continuación en la **Figura 2.6**.

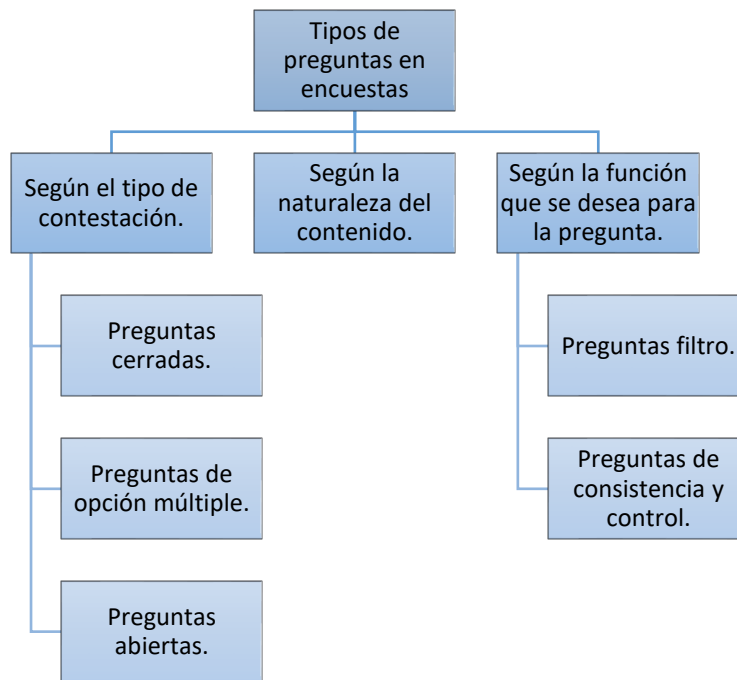


Figura 2.6. Tipos de preguntas en encuestas [Elaboración Propia].

2.4.2.1 Clasificación según el tipo de contestación

- **Preguntas cerradas:** Estas preguntas tienen una respuesta específica. El encuestado puede elegir únicamente una opción. Las preguntas características de *este tipo suelen ser aquellas en las que el encuestado debe elegir entre “verdadero” o “falso”, “sí” o “no”, etc.* La *ventaja* de las preguntas cerradas es que el manejo de datos es simple. Sin embargo, la *desventaja* radica en que la información que se puede obtener es limitada.

Ejemplo: ¿Tiene equipos de aire acondicionado? <si – no>.

- **Preguntas de opción múltiple:** Las preguntas de opción múltiple pueden subdividirse a su vez en tres opciones.

La primera consiste en un abanico de opciones donde el encuestado debe elegir entre un listado. Por ejemplo: ¿Qué tipo de lámparas posee en su hogar? <Incandescentes, Fluorescentes, LED>.

El segundo tipo corresponde en un abanico de respuestas con un ítem abierto; aquí el encuestado puede seleccionar una respuesta presente en el listado de opciones u optar por una respuesta que no se encuentre dentro del listado. Por ejemplo: ¿Qué tipo de lámparas posee en su hogar? <Incandescentes, Fluorescentes, LED, Otro (especifique)>.

El tercer tipo es el de estimación. Las preguntas de opción múltiple de estimación pretenden buscar información relacionada con la frecuencia de aparición de una respuesta. En este tipo de preguntas el encuestado debe escribir una respuesta. Por ejemplo: ¿Cuántas lámparas del tipo LED posee? <Escribir respuesta>.

- **Preguntas abiertas:** Estas preguntas brindan libertad al usuario. En las preguntas abiertas se busca que el encuestado emita su criterio. Por ejemplo: ¿Por qué considera que la eficiencia energética es necesaria en las islas Galápagos? <Detalle las razones>.

2.4.2.2 Clasificación según la naturaleza del contenido

Este tipo de preguntas pretende obtener información relacionada con algún hecho o situación específica. Comúnmente, estas preguntas son utilizadas para segregar a los encuestados en distintos grupos. Las preguntas más frecuentes de este tipo suelen recabar información del encuestado como el sexo, la edad, el estado civil, etc. Por ejemplo: ¿En qué isla reside usted? <Escribir respuesta>.

2.4.2.3 Clasificación según la función que se desea para la pregunta

- **Preguntas filtro:** Estas preguntas tienen como objetivo determinar según la respuesta si el encuestado está habilitado para acceder a otro grupo de preguntas. Usualmente, las preguntas suelen estar orientadas a conocer si el encuestado cumple con ciertas condiciones para acceder a otro apartado con preguntas específicas sobre esa condición. No tiene sentido que el usuario acceda a un grupo de preguntas después de que haya contestado previamente que no cumple con las condiciones de acceso. Por ejemplo: ¿Usted posee secadora de ropa? <si – no>. En caso de una respuesta afirmativa por parte del encuestado, se despliega un nuevo paquete de preguntas relacionadas a la cantidad de equipos que posee, la capacidad de estos, etc. Mientras que, si responde negativamente las preguntas relacionadas a la cantidad, capacidad, etc. Pierden validez, pues el encuestado no cuenta con información para responder estas preguntas.
- **Preguntas de consistencia y control:** Las preguntas de control tienen como objetivo verificar la congruencia de las respuestas previamente brindadas. Generalmente, estas preguntas buscan obtener la misma respuesta, pero son

escritas de forma diferente. Por ejemplo: ¿Cuál es su edad? <Escribir respuesta> y ¿Cuándo nació usted? <Escribir respuesta>.

2.4.3 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PREGUNTAS EN ENCUESTAS

Existen criterios que deben cumplirse para que una encuesta sea correctamente diseñada. Casas, Repullo y Donado en [11] establecen que los principales requisitos son:

- Informar a los individuos encuestados los objetivos que tiene la encuesta y la importancia de la realización de esta. Adicionalmente, indicar las entidades que avalan la aplicación de la encuesta.
- La encuesta debe resaltar que la información obtenida mantendrá confidencialidad, siendo usada únicamente para los fines pertinentes al análisis del estudio.
- La encuesta debe contar con un glosario de definiciones básicas en caso de requerirlo. Esto con el objetivo de facilitar la comprensión de las preguntas planteadas.
- Las preguntas de las encuestas deben estar agrupadas de forma adecuada, brindando una armonía al encuestado. Esto último reduce efectos negativos como que el encuestado se sienta abrumado por la cantidad de preguntas.
- Las preguntas de la encuesta que necesariamente requieran una respuesta deben constar como preguntas obligatorias. Esto reduce la tasa de preguntas sin respuesta facilitando el posterior análisis de datos.
- Brindar un entorno agradable, ameno y atractivo al encuestado en caso de que la encuesta se aplique en formatos en línea.
- La encuesta debe incluir ilustraciones que referencien, faciliten y agilicen la comprensión de las preguntas formuladas. Además, esto complementa a que el formato sea atractivo para el encuestado.

2.4.4 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para la aplicación de una encuesta es necesario determinar cuántas personas deben responder esta para tener datos fiables que sean capaces de describir al total de la población. Con esto presente, es de suma importancia elegir el método más conveniente para la determinación de la muestra.

El tamaño de la muestra es más fiable cuanto mayor es la cantidad de encuestados. No obstante, se incurre en errores debido a que solo un grupo de la población es el evaluado. De esta manera, si bien se comete un error se procura que este sea mínimo.

2.4.4.1 Conceptos básicos sobre la muestra en una encuesta

2.4.4.1.1 Universo, Muestra y Muestreo

La Contraloría General de la República de Chile en [12] establece que el universo consiste en el total de elementos que comprenden un campo de estudio. Por otra parte, la muestra es un pequeño grupo del total de elementos; la muestra usualmente es elegida con base en características especificadas por el investigador.

Una vez explicados los conceptos de universo y muestra es posible definir al muestreo como la técnica de investigación que usa una porción del universo para realizar un análisis. Contar con un número reducido de elementos permite inferir características del universo. Sin embargo, al usar un pequeño grupo de elementos inevitablemente se cometen errores. Estos errores son conocidos como errores de muestreo. Debido a esto, es fundamental que un estudio defina un número mínimo de elementos que evidencien al máximo las características del universo.

2.4.4.1.2 Tamaño de una muestra

El Complejo Hospitalario Universitario de Albacete en [13] indica que el tamaño de la muestra corresponde a la cantidad de elementos que posee la muestra. Es importante que los elementos de la muestra incluyan la mayor parte de características del universo pues de esta manera se obtiene un análisis con una descripción adecuada.

Ordinariamente, el tamaño de la muestra se representa con la letra "n". Este valor proviene de modelos matemáticos. Los modelos matemáticos son distribuciones probabilísticas que pretenden impedir la aparición de sesgos durante el análisis de datos.

Para la definición del tamaño de una muestra [13] recomienda que esta se realice a través de un método aleatorio simple si el universo posee hasta 200 elementos. Sin embargo, para universos superiores a los 200 elementos se recomienda usar un método de muestreo estratificado. Si bien la recomendación es genérica, la selección del método depende del estudio. El cálculo se realiza según las necesidades y el propósito de la investigación.

2.4.4.1.3 Representatividad

La representatividad según indica [13] es la capacidad de un subconjunto para representar a un conjunto con características similares. Si la muestra cuenta con esta capacidad entonces es posible afirmar que la muestra elegida es adecuada para el estudio.

Una muestra es representativa cuando posee la mayoría de las características del universo. No obstante, la muestra solo debe contar con aquellas particularidades que resulten útiles para el estudio.

Algo importante a notar es que la representatividad no es equivalente a cobertura pues la cobertura es una proporción de elementos seleccionados en la muestra con respecto al total. La diferencia consiste en que la cobertura no necesariamente incluye las características que describen de forma adecuada al universo.

2.4.4.1.4 Parámetros de estimación muestral

Anteriormente se especificó que el tamaño de la muestra es producto de modelos matemáticos. Todos los modelos matemáticos requieren de parámetros de entrada para poder arrojar un resultado. Con esto en mente, los principales parámetros que contribuyen a estimar el tamaño de la muestra son:

- **Error muestral de estimación:** Este parámetro corresponde al porcentaje con el que la muestra se aleja de la descripción del universo. Formalmente, se refiere a la medida de variabilidad en las estimaciones. El valor del error muestral depende de la máxima variabilidad que el investigador está dispuesto a aceptar dentro del estudio. Usualmente corresponde a un valor de 5%.
- **Nivel de confianza:** Este valor corresponde a la probabilidad máxima con la cual es posible garantizar que un parámetro determinado de estimación se encuentra dentro el intervalo de análisis. Dicho de otra manera, el nivel de confianza permite conocer en qué porcentaje de casos de estimación una variable, como el consumo de energía eléctrica, forma parte de un rango establecido. Generalmente el valor usado es del 95%.

2.4.5 METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

2.4.5.1 Métodos de muestreo aleatorio simple

2.4.5.1.1 Método basado en la Regulación CONELEC – 007/08

El CONELEC (actualmente la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables ARCERNNR) en [14] desarrolló una metodología que se basa en el muestreo aleatorio simple. Debido a la naturaleza del muestreo simple no se requiere que exista estratificación de los elementos puesto que puede seleccionar a cualquiera de ellos.

La regulación afirma que la muestra requiere distribuirse de forma proporcional en todos los cantones pertenecientes al área de servicio de la empresa distribuidora. Adicionalmente, el número mínimo del tamaño de la muestra debe ser 10 elementos. Por otro lado, la regulación específica que el tamaño de la muestra debe ser obtenido para cada tipo de elementos.

La Ecuación 2.5 permite calcular el tamaño de la muestra y se describe a continuación:

$$n = \frac{P(1 - P)}{\frac{D^2}{Z^2} + \frac{P(1 - P)}{N}} \quad (2.5)$$

En donde:

n es el número de encuestas a realizar

N es el número total de elementos

D es el margen de error deseado

Z es el parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (para el caso de 95% $Z=1.96$)

P es el porcentaje de respuesta, para el cálculo de forma general se asume que $P=0.50$

2.4.5.2 Métodos de muestreo aleatorio estratificado

2.4.5.2.1 Técnica de la Muestra Piloto

La técnica de muestra piloto es utilizada para conseguir una estimación con base en las mediciones de un parámetro en específico en cada estrato. Martínez detalla el procedimiento para usar esta técnica en [15]. La técnica contiene los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Los elementos del universo deben estar clasificados con base en algún criterio.
- **Paso 2:** Es necesario establecer los parámetros de la estimación muestral. Estos parámetros corresponden al nivel de confianza y al error muestral.
- **Paso 3:** Con base en el total del universo se procede a dar un peso proporcional a cada uno de los estratos. Esta proporción se designa con el nombre de W_h .
- **Paso 4:** Se elige un porcentaje del universo a consideración del investigador. Del porcentaje escogido se distribuye los elementos en subconjuntos en cada estrato con base en los pesos calculados en el paso 3. Es importante notar que existen tantos subconjuntos como estratos se poseen.

- **Paso 5:** Se debe calcular el promedio (X_h) y la varianza (S_h^2) de cada estrato seleccionando al azar la cantidad especificada de elementos en los subconjuntos creados en el paso 4.
- **Paso 6:** Con los datos calculados del promedio de cada subconjunto se multiplica estos con los pesos de cada estrato obteniendo un promedio ponderado. Luego, estos promedios deben ser sumados para obtener una estimación de valor promedio (X_{st}) de todos los elementos. El X_{st} se obtiene a través de la Ecuación 2.6:

$$X_{st} = \sum_{h=1}^n W_h * X_h \quad (2.6)$$

- **Paso 7:** Finalmente, con el valor de X_{st} se calcula el error generado por las mediciones con base en el parámetro de error muestral definido en el paso 2 a través de la Ecuación 2.7.

$$E = e * X_{st} \quad (2.7)$$

Esta técnica es útil para calcular el valor de E , los promedios (X_h) y las varianzas (S_h^2) de cada estrato.

2.4.5.2.2 Método de Asignación Proporcional

Este método se caracteriza por necesitar estratos para la determinación de la muestra según se indica en [15]. Como su nombre lo especifica el tamaño de la muestra se asigna de forma proporcional en cada uno de los estratos. Esto último tiene el objetivo de mejorar la representatividad del estudio, ya que de esta forma se evalúan todos los niveles dando mayor peso a estratos con mayor cantidad de elementos.

La principal ventaja de la asignación proporcional es que debido a la estratificación cada elemento del universo tiene la misma posibilidad de ser elegido para su evaluación. Frecuentemente, esta metodología se usa para las estimaciones de parámetros poblacionales.

Esta metodología usa la técnica denominada como la muestra piloto para conseguir los datos de estimación con base en los valores promedio de las mediciones en cada estrato. Una vez obtenidos los valores de E , X_h y S_h^2 se aplica la Ecuación 2.8 para calcular el total de elementos de la muestra:

$$n = \frac{N * Z^2 * \sum_{h=1}^n W_h * S_h^2}{N * E^2 + Z^2 * \sum_{h=1}^n W_h * S_h^2} \quad (2.8)$$

Como se especifica, el valor de n corresponde al total de la muestra calculada. Posteriormente se requiere que esta se distribuya en cada estrato según el peso W_h de cada nivel.

2.4.5.2.3 Método de asignación de Neyman

Este método se caracteriza por minimizar el tamaño de una muestra conservando el margen de error. El método divide al total de elementos en grupos más pequeños donde cada grupo es denominado estrato. Los estratos se caracterizan por tener un parámetro de medición que los diferencia del resto. Martínez en [16] establece que el método de asignación de Neyman consiste en determinar los valores de cada estrato n_h de tal manera que la varianza S_h^2 sea mínima en todos los estratos.

Con la aplicación del método es posible obtener una observación rápida y exacta, además, los resultados son precisos. Sin embargo, algo negativo es que el método no permite realizar proyecciones sobre universos con poblaciones pequeñas. La aplicación del método se recomienda cuando existen marcadas diferencias de variabilidad entre los elementos.

Previo a la aplicación de la asignación de Neyman se necesita determinar los valores de E , los promedios (X_h, X_{st}) y las varianzas (S_h^2) de cada estrato. Esto se facilita con la aplicación de la técnica de muestra piloto. Con estos valores se aplica la Ecuación 2.9 para obtener un tamaño de muestra preliminar por estrato.

$$n_{oh} = \frac{W_h * S_h^2}{\left(\frac{E_h}{Z}\right)^2} \quad (2.9)$$

Si bien ya se cuenta con valores del tamaño de muestra aún se necesita aplicar un ajuste según se indica en la Ecuación 2.10.

$$n_h = \frac{n_{oh}}{1 + \frac{n_{oh}}{N_h}} \quad (2.10)$$

Posterior al ajuste, se aproximan los valores al entero superior para así contar con un número entero de elementos de muestra.

2.4.5.3 Comparativa de metodologías

En la Tabla 2.2 se muestra una breve comparación entre las metodologías para la determinación del tamaño de la muestra.

Tabla 2.2. Comparación de metodologías para la determinación del tamaño de la muestra.

Muestreo aleatorio simple		
Metodología	Ventajas	Desventajas
Se considera un método “ <i>equiprobabilístico</i> ”, ya que define la muestra n de un universo N a partir de la selección de cualquier elemento que pertenece a N teniendo la misma probabilidad de ser elegido como se indica en [13].	El método es sencillo y de fácil comprensión debido a que permite realizar cálculos de forma rápida.	Necesita un listado de la totalidad del universo. En caso de contar con muestras de número reducido se perderá la característica de representatividad de la muestra.
Muestreo aleatorio Estratificado		
Metodología	Ventajas	Desventajas
Esta metodología tiene el propósito de garantizar que exista representatividad en el tamaño de la muestra. Con base en [13], la metodología segrega en estratos al universo para luego seleccionar subconjuntos de muestra en cada uno de estos, asegurando que las características de todo el universo se vean reflejados en cada subgrupo.	La principal ventaja es que, al contar con estratos, la muestra incluirá elementos que representen de manera más precisa al universo.	La metodología necesita que los datos se encuentren previamente estratificados. El procesamiento de datos es más complejo debido a que este debe realizarse para cada uno de los estratos.

2.4.6 METODOLOGÍAS PARA LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

Como se conoce durante el año 2020 y el año 2021 la pandemia de COVID-19 azotó el mundo. Esta situación provocó que existan restricciones en la libre movilidad de las personas. Esto último planteó un reto para las metodologías tradicionales de recopilación de datos puesto que el contacto directo estaba prohibido. Bajo estas condiciones, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en [17] desarrolló directrices que plantearon nuevos métodos para sobrellevar la situación. Además, Zevallos *et al.* en [18] proporcionan directrices adicionales. Las metodologías para la aplicación de encuestas durante el periodo de la pandemia se describen a continuación:

- **Encuestas cara a cara:** Las encuestas cara a cara se realizan de forma presencial. El método consiste en que el encuestador debe dirigirse al sitio donde se va a aplicar la encuesta. La principal ventaja de esta metodología es que la encuesta puede ser guiada, es decir, que el encuestador puede dictar los lineamientos para llevar una entrevista amena. No obstante, el aspecto negativo es que requiere

elevadas cantidades de recursos para poder llegar a todos los encuestados ya que algunos se encuentran en zonas rurales de difícil acceso. Por otro lado, usar este método implica que el encuestador y el encuestado se encuentren cerca por lo cual en las actuales condiciones de pandemia esto representa un riesgo. Con el fin de minimizar este riesgo es necesario seguir todas las normas de bioseguridad (uso de mascarillas, distanciamiento, etc.), así como la desinfección de los materiales de encuesta continuamente.

- **Encuestas a través de llamadas telefónicas:** Las encuestas a través de llamadas telefónicas consisten en la recolección de datos a través de dispositivos como el teléfono. Estas resultan bastante atractivas ya que no requieren un gasto de recursos significativo. Además, es posible llegar a todos los usuarios sin importar su localización. Sin embargo, la principal desventaja de esta forma de recopilación de datos es que requiere de una base de datos consolidada y actualizada para poder aplicar la encuesta. Este método es útil durante situaciones de confinamiento como la provocada por el COVID-19 debido a que evita el contacto directo entre el encuestado y el encuestador.
- **Encuestas con formularios en línea:** Este tipo de metodología consiste en un formulario con un listado de preguntas. Este formulario debe ser creado a través de plataformas especializadas. La ventaja radica en la facilidad de dispersión del enlace de la encuesta. Otro aspecto positivo es que la encuesta puede ser diseñada con plataformas gratuitas como Google Forms.
En lo que se refiere a las desventajas se tiene que el papel del encuestador se anula puesto que la encuesta debe ser únicamente llenada con el enlace de acceso; esto implica que el encuestado no tiene ninguna guía para responder la encuesta, lo que fácilmente puede derivar en errores. Otro aspecto negativo es que el encuestador necesita acceso a internet para responder la encuesta, caso contrario el usuario se verá imposibilitado de participar en esta.
Las encuestas con formularios en línea son una solución a las restricciones impuestas por la situación sanitaria puesto que garantizan el distanciamiento social.
- **Encuestas mixtas:** Las encuestas mixtas consisten en una combinación de los métodos descritos anteriormente. Esto con el fin de maximizar la recolección de información optimizando los recursos disponibles. Este método resulta sumamente atractivo pues combina las ventajas descritas de los métodos previamente mencionados.

2.5 PROGRAMAS Y PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de la eficiencia energética es reducir el consumo de energía sin reducir la calidad de vida o el confort de las personas. Con esto en mente, una de las formas para conseguir ahorros es la eficiencia energética a través de la implementación de programas y proyectos. Estos programas y proyectos son un conjunto de actividades que se realizan con el fin de alcanzar un determinado objetivo.

El objetivo de un plan de eficiencia energética de manera general es reducir el consumo de energía. Sin embargo, para conseguirlo es necesario determinar un área específica sobre la cual se desea reducir el consumo energético. Una vez determinada el área, es recomendable separarla en distintas líneas de acción o ejes. Cada uno de estos cuenta con proyectos que proponen medidas de reducción del consumo energético. Como se mencionó anteriormente, estas medidas pueden ser tecnológicas, de consumo responsable o instrumentales.

Las medidas tomadas para reducir el consumo de energía deben ser evaluadas para establecer si realmente representan un beneficio. La evaluación se realiza a través de la comparación de dos líneas de tendencia. La primera consiste en una proyección del consumo energético sin la aplicación de ninguna medida y la segunda es una prospectiva del consumo con la aplicación de las medidas. Estas proyecciones son comúnmente conocidas como escenarios.

2.5.1 LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS

Los escenarios energéticos corresponden a un conjunto de condiciones que determinan el comportamiento energético en un determinado periodo en el futuro. Estas condiciones toman en cuenta diferentes factores que pueden afectar el comportamiento de consumo de una población.

El escenario base corresponde a las condiciones ordinarias o esperadas para el comportamiento energético; por lo general, es constante o mantienen una marcada tendencia. Este escenario es conocido como Escenario Business As Usual (BAU).

Por otra parte, los escenarios que incluyen una o más acciones que alteren el comportamiento tendencial del consumo energético son denominados Escenarios de Penetración. Estos escenarios poseen condiciones específicas que modifican el comportamiento de consumo para obtener mayor o menor impacto al momento de la aplicación de estas acciones.

2.5.1.1 IMPORTANCIA DE LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS

Los escenarios energéticos juegan un papel fundamental en la toma de decisiones, pues permiten:

- Identificar tendencias y elementos disruptivos que puedan tener un impacto significativo en el desarrollo de un determinado sector.
- Probar la flexibilidad de las estrategias o acciones adoptadas para adaptarse a distintos entornos.
- Para los gobiernos representa un ejercicio de prospectiva a la hora de diseñar las políticas que afectarán al desarrollo sectorial futuro de un país.

2.5.2 PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS EN PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Usualmente, los programas de eficiencia energética son conformados por varios proyectos. Sin embargo, no todos los proyectos presentan la misma relevancia al momento de ser implementados. En otras palabras, existen algunos proyectos que poseen mayores beneficios que otros y por ende estos son los indicados para ser implementados. Si bien lo ideal es implementar todos los proyectos de un programa, es posible que se existan limitaciones (sociales, económicas, etc.) que dificultan la implementación de todo el programa. Por tal razón, se requiere seleccionar los proyectos con los mayores beneficios y dar una mayor prioridad a estos para su ejecución.

Por otro lado, el equipo investigador encargado del diseño del programa de eficiencia energética debe evitar las subjetividades al momento de desarrollar la priorización de los proyectos. Los criterios más usados se enfocan en realizar la priorización con base en datos concretos y exactos como lo son los ahorros energéticos netos, los costos de inversión, indicadores financieros, etc. No obstante, es importante mencionar que existen otros aspectos a tomar en cuenta como lo son aspectos culturales, demográficos, entre otros, ya que estos pueden influir en la aceptación de los proyectos de eficiencia energética por parte de los beneficiarios del programa.

Una correcta priorización de los proyectos contribuye a maximizar los beneficios con base en los recursos disponibles para de esta manera cumplir con los objetivos trazados en el programa de eficiencia energética.

3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ISLAS GALÁPAGOS

Describir la situación actual del sistema eléctrico de Galápagos es de suma importancia debido a que permite entender las condiciones de su funcionamiento. Con esta información es posible identificar oportunidades y necesidades que el sistema pueda tener. Esto determina un punto de partida previo a la realización del estudio. El punto de partida contribuye a establecer si es factible aplicar programas de eficiencia energética en las islas.

3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN EL ARCHIPIÉLAGO

Para el año 2020 el sistema eléctrico de Galápagos contó con alrededor de 13 386 consumidores de energía eléctrica según los registros correspondientes a la Rendición de Cuentas 2020 de ELEGALAPAGOS [19]. Se estima que un 99,35% de la población de las islas cuenta con el servicio. La potencia total instalada disponible es de 30,75 MW.

A continuación, en la Figura 3.1 se observa cada una de las centrales de generación de energía eléctrica existentes en las islas. Además, su tecnología para la generación y el porcentaje de aporte con respecto a la capacidad total del archipiélago. Adicionalmente, la Figura 3.2 muestra la cobertura del servicio de energía eléctrica y la distribución geográfica de cada una de las centrales de generación.

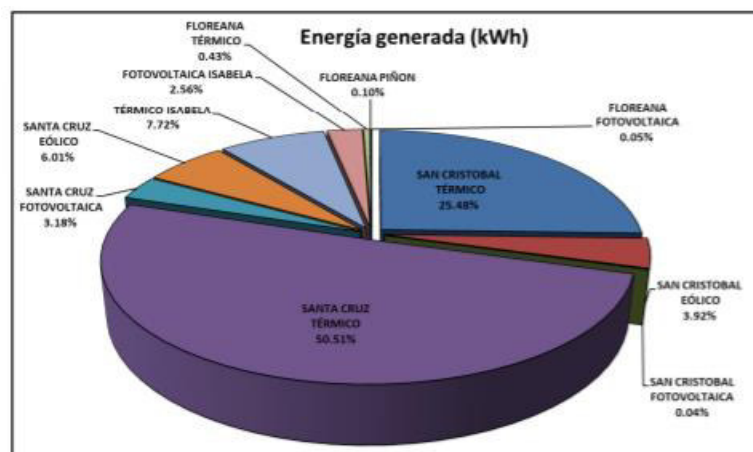


Figura 3.1. Porcentaje de aporte de las centrales de generación en Galápagos [19].

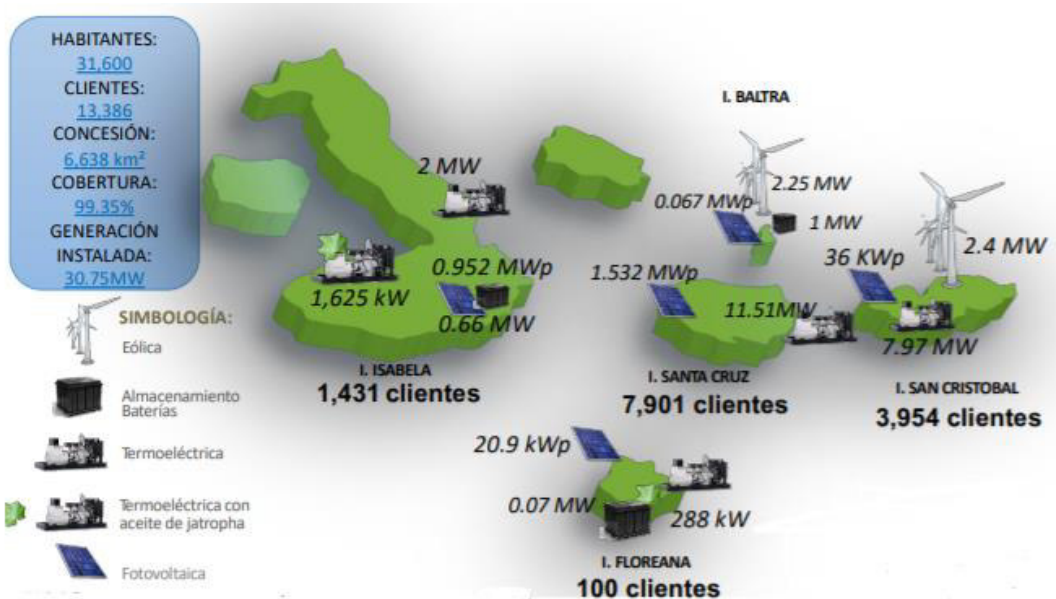


Figura 3.2. Generación y cobertura eléctrica para el año 2020 [19].

En la Figura 3.3 se muestra la demanda de energía eléctrica del archipiélago para el año 2019. Se hace uso de este año ya que presenta el consumo real previo a las condiciones excepcionales causadas por el COVID-19.

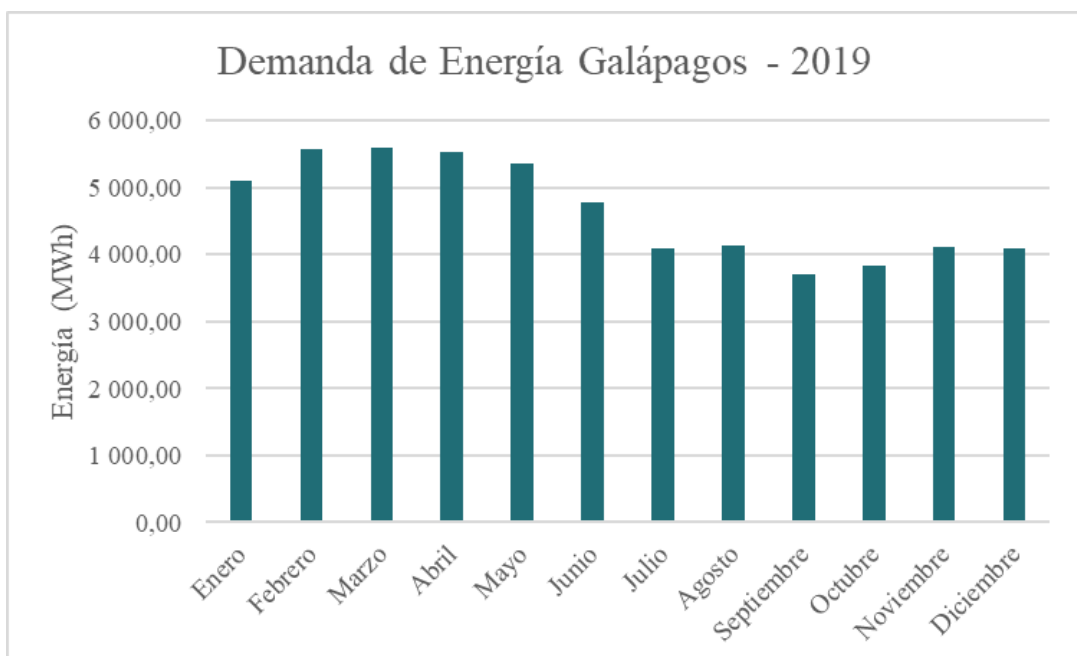


Figura 3.3. Energía eléctrica consumida en Galápagos – 2019 [20] [21] [22] [23].

3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS ISLAS SANTA CRUZ – BALTRA

3.1.2.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico

Este conjunto de islas cuenta con tres diferentes centrales de generación de energía eléctrica. El subsistema Santa Cruz – Baltra cuenta con generación térmica en la isla Santa Cruz, generación fotovoltaica en Puerto Ayora y un componente fotovoltaico – eólico en la isla Baltra. Estas tres centrales hacen uso de una línea de subtransmisión de 34,5 kV.

El diagrama unifilar que se presenta a continuación en la Figura 3.4 muestra la interconexión de las centrales de generación de este subsistema [24].

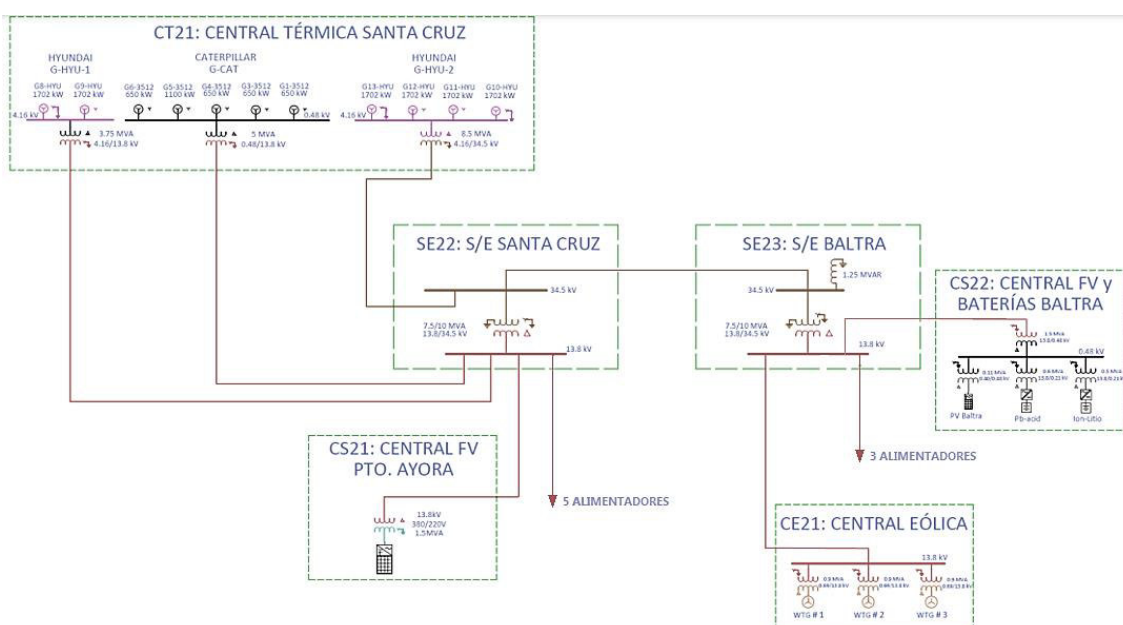


Figura 3.4. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de las islas Baltra - Santa Cruz [24].

Como se puede apreciar en el diagrama, la central térmica Santa Cruz se conecta a la subestación Santa Cruz a través de dos líneas eléctricas de 13,8 kV y una línea de subtransmisión de 34,5 kV. La subestación cuenta con cinco alimentadores primarios que se encargan de abastecer de energía a los consumidores.

Por otro lado, la isla Baltra posee una central fotovoltaica que se conecta a una subestación que lleva su mismo nombre a través de una línea eléctrica de 13,8 kV. La central eólica se conecta a la misma subestación con una línea eléctrica de iguales características. La subestación posee tres alimentadores primarios para abastecer la demanda eléctrica de los usuarios finales.

3.1.2.2 Oferta de generación de energía eléctrica

En la Tabla 3.1 se describen las unidades de generación del subsistema eléctrico de Santa Cruz – Baltra [25].

Tabla 3.1. Oferta de generación de energía eléctrica de las islas Baltra - Santa Cruz [25].

ISLA	TIPO	DENOMINACION UNIFILAR	MARCA	POTENCIA NOMINAL [kW]	VOLTAJE [kV]
SANTA CRUZ	TÉRMICA	G8-HYU	HYUNDAI	1 702	4,16
		G9-HYU	HYUNDAI	1 702	4,16
		G10-HYU	HYUNDAI	1 702	4,16
		G11-HYU	HYUNDAI	1 702	4,16
		G12-HYU	HYUNDAI	1 702	4,16
		G13-HYU	HYUNDAI	1 702	4,16
		G1-3512	CATERPILLAR	650	0,48
		G3-3512	CATERPILLAR	650	0,48
		G5-3516	CATERPILLAR	1 100	0,48
	G6-3512	CATERPILLAR	650	0,48	
	FV-SOLAR	CS21	SMA	1 500	0,38
BALTRA	EÓLICO	WTG 1	UNISON	750	0,69
		WTG 2	UNISON	750	0,69
		WTG 3	UNISON	750	0,69
	FV-SOLAR	CS2-21	mitsubishi electric	67	0,40
TOTAL				17 079	

3.1.2.2.1 Central térmica Santa Cruz

Esta central se localiza en Puerto Ayora y está compuesta de tres grupos de generación. Cada grupo generador posee su propio transformador elevador y su respectivo punto de conexión a la subestación Santa Cruz. Los grupos de generación son:

- **Grupo Hyundai 1:** Consta de 2 generadores Hyundai 9H21/32 con una potencia nominal de 2 127 kVA, 1 702 kW. Dichos generadores se conectan a un punto común que a su vez conecta estos a un transformador elevador de 3,75 MVA, 4,16/13,8kV, YNd1.
- **Grupo Hyundai 2:** Consta de 4 generadores Hyundai 9H21/32 con una potencia nominal de 2 127 kVA, 1 702 kW. Dichos generadores se conectan a un punto común que a su vez conecta estos a un transformador elevador de 3,75 MVA, 4,16/13,8kV, YNd1. Es importante mencionar que se planea reemplazar el

transformador existente por uno con las siguientes características 8,5 MVA, 4,16/34,5 kV, YNd1.

- **Grupo Caterpillar:** Consta de 4 generadores Caterpillar 3512 DITA y 1 generador Caterpillar 3516. Dos de los generadores Caterpillar 3512 DITA cuentan con un controlador Woodward EASYGEN 3200.

Todos los generadores mencionados se encuentran conectados a una barra común con un transformador de elevación de 5 MVA, 0,48/13,8 kV, YNd5.

3.1.2.2.2 Planta Fotovoltaica Puerto Ayora

Esta central se ubica en la ciudad de Puerto Ayora. La central tiene una potencia instalada de 1 500 kWp. Por otro lado, la central posee 91 inversores SMA SunnyTriPower 17000TL-10. La planta fotovoltaica se conecta a la red a través de una línea de eléctrica de 13,8 kV y un transformador elevador de 1,5 MVA, 0,3/13,8kV.

Es importante mencionar que la planta entrega toda la energía generada en cualquier momento del día, pues no cuenta con el equipamiento requerido para limitar su capacidad de generación.

3.1.2.2.3 Planta Eólica Baltra

La planta eólica Baltra se encuentra en las cercanías del aeropuerto de Baltra. La central cuenta con una potencia instalada de 2 250 kW que es producto de 3 turbinas eólicas UNISON U57 de 750 kW cada una. Cada generador posee un transformador elevador de 0,9 MVA, 0,69/13,8 kV. El punto de conexión de la planta es una celda en la subestación de Baltra.

En lo referente a la operación de la central se tiene que esta opera automáticamente para entregar toda la potencia generada. Sin embargo, a diferencia de la planta fotovoltaica de Puerto Ayora, esta central es operada a través de SCADA limitando la potencia máxima de generación.

3.1.2.2.4 Planta Fotovoltaica y Baterías Baltra

La Planta Fotovoltaica se localiza junto a la planta eólica. La principal función de la central es la compensación de las fluctuaciones del parque eólico. Además, posee un sistema de baterías que permite despachar la energía almacenada para cubrir la demanda de energía en las horas pico. La central cuenta con los siguientes elementos:

- **Planta Fotovoltaica:** La planta posee una potencia instalada de 67 kWp y la generación se usa para los servicios auxiliares del sistema de almacenamiento.

- **BESS de Ion-Litio:** Es el sistema de almacenamiento cuenta con una capacidad de 0,27 MWh y con un inversor de 500 kW. Como se especificó, la principal función de las baterías es la compensación de las fluctuaciones de la central eólica. El sistema cuenta con un algoritmo que detecta los cambios bruscos de la potencia entregada por el parque eólico y de esta manera carga o descarga las baterías. Estos ciclos de carga y descarga permiten que los generadores térmicos tengan el tiempo suficiente para compensar la fluctuación de una forma más apropiada.
- **BESS de Plomo Ácido:** Este sistema de almacenamiento posee mayor capacidad que el de Ion-Litio debido a que cuenta con 4,03 MWh. Sin embargo, el inversor tiene la misma capacidad (500 MW). El sistema de almacenamiento está configurado para que las baterías mantengan un estado de carga superior (SOC máximo) del 90% y un límite mínimo (SOC mínimo) de 35%.

Las baterías de este sistema tienen dos principales funciones. La primera, consiste en dar soporte para la compensación de las fluctuaciones. La segunda función es el almacenamiento y despacho de energía según los requerimientos de la demanda. Esto último es controlado a voluntad por parte del personal de operación y despacho.

3.1.2.3 Demanda eléctrica total y sectorizada

En la Figura 3.5 se muestran las curvas de demanda diaria promedio de cada uno de los meses durante el año 2019. Los datos fueron obtenidos de las mediciones en los alimentadores de las subestaciones Baltra y Santa Cruz [20] [23].

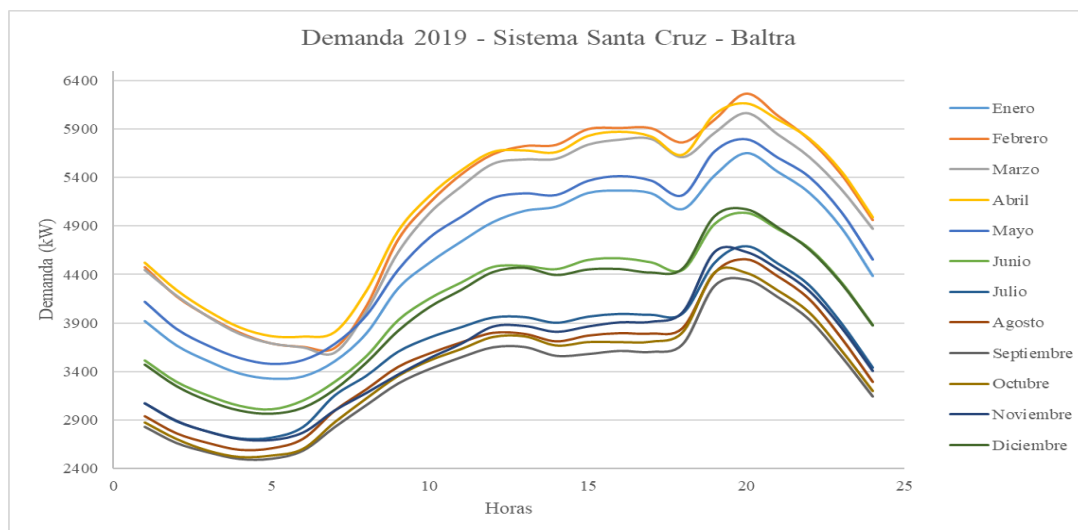


Figura 3.5. Demanda eléctrica del sistema Baltra - Santa Cruz – 2019 [20] [23].

Por otro lado, en la Tabla 3.2 se muestra la demanda sectorizada desde el año 2013 hasta el año 2018. Esta información fue proporcionada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) [26].

Tabla 3.2. Demanda sectorizada de las islas Baltra y Santa Cruz [26].

Demanda sectorizada - Islas Santa Cruz – Baltra						
Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Energía Facturada [MWh]	21 649,54	24 677,71	26 985,23	26 844,65	29 778,01	30 711,17
Comercial	8 003,44	9 142,08	10 383,27	10 629,56	11 330,42	12 975,08
Industrial	276,18	261,63	246,48	270,38	293,84	308,01
Otros	3 072,44	3 774,59	4 254,48	4 054,57	5 742,31	4 571,32
Residencial	10 297,48	11 499,41	12 101,01	11 890,15	12 411,45	12 856,75

Como se puede apreciar en la Tabla 3.2 se tiene que los sectores de mayor consumo de energía eléctrica en las islas Santa Cruz y Baltra son el comercial y el residencial.

3.1.2.4 Planes de expansión del sistema eléctrico

3.1.2.4.1 Proyecto Fotovoltaico “Conolophus”

Esta es una central que pretende aprovechar el recurso solar para la generación de energía eléctrica. El objetivo de la *implementación de esta central es contribuir a la iniciativa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” desplazando a la generación térmica en la isla Santa Cruz*. La potencia nominal del proyecto fotovoltaico será de 14,8 MWp aproximadamente. Además, tendrá un sistema de almacenamiento con capacidad de 40,6 MWh.

3.1.2.4.2 Sistema de redes Inteligentes Santa Cruz – Baltra

El sistema de redes inteligentes pretende integrar todas las fuentes de generación renovable. La propuesta del sistema incluye funciones como la gestión de la optimización del despacho de energía, la gestión de los sistemas de almacenamiento y la gestión de la demanda residencial y comercial. El ingreso del proyecto está previsto para el año 2022 [27].

3.1.2.4.3 Segunda fase del Proyecto Eólico Balta – Santa Cruz

Como se detalló en el apartado anterior, ya existe un parque de generación eólica. Sin embargo, se pretende que para el año 2022 se realice una expansión de la potencia de 6,75 MW. Con la expansión de esta central se estima la reducción del consumo de diésel por un valor aproximado de 1,11 millones de galones por año. La inversión que se requiere para el proyecto es de casi 15 MUSD [27].

3.1.2.4.4 Proyecto Fotovoltaico Santa Cruz

Con base en la iniciativa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos”, la cual establece una reducción del consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, se requiere una diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica. Siguiendo esta línea se prevé incorporar una central fotovoltaica de 4 MWp en el año 2022. Esta central tendrá el objetivo de fortalecer el sistema eléctrico de Balta y Santa Cruz gracias al aporte de 6,9 GWh/año. La implementación de la central permitirá una reducción de 570 mil galones de combustible al año. Se estima que la inversión requerida para la construcción de la central es de poco más de 9 MUSD [27].

3.1.2.4.5 Acumulación energética Santa Cruz

Si bien las fuentes de energía renovable contribuyen al desplazamiento de los combustibles fósiles, este tipo de centrales de generación son muy susceptibles a las condiciones climáticas. Dicho esto, resulta de vital importancia la implementación de sistemas de almacenamiento para integrar las centrales de energía renovable. Este sistema contará con una capacidad de 30 MWh. Se prevé que el proyecto cuente con un presupuesto de 18 MUSD y se encuentre operativo para el año 2022 [27].

3.1.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL

3.1.3.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico

El subsistema eléctrico de la isla San Cristóbal posee dos centrales de generación de energía eléctrica. La primera central corresponde a la Central Térmica San Cristóbal y la segunda a la Central Eólica de San Cristóbal.

Ambas centrales de generación se conectan a la subestación San Cristóbal. En lo referente al suministro de energía, la subestación posee tres alimentadores primarios para abastecer de energía a los centros de consumo.

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama unifilar del subsistema eléctrico de la isla San Cristóbal. En dicha figura se pueden apreciar los componentes del sistema [28].

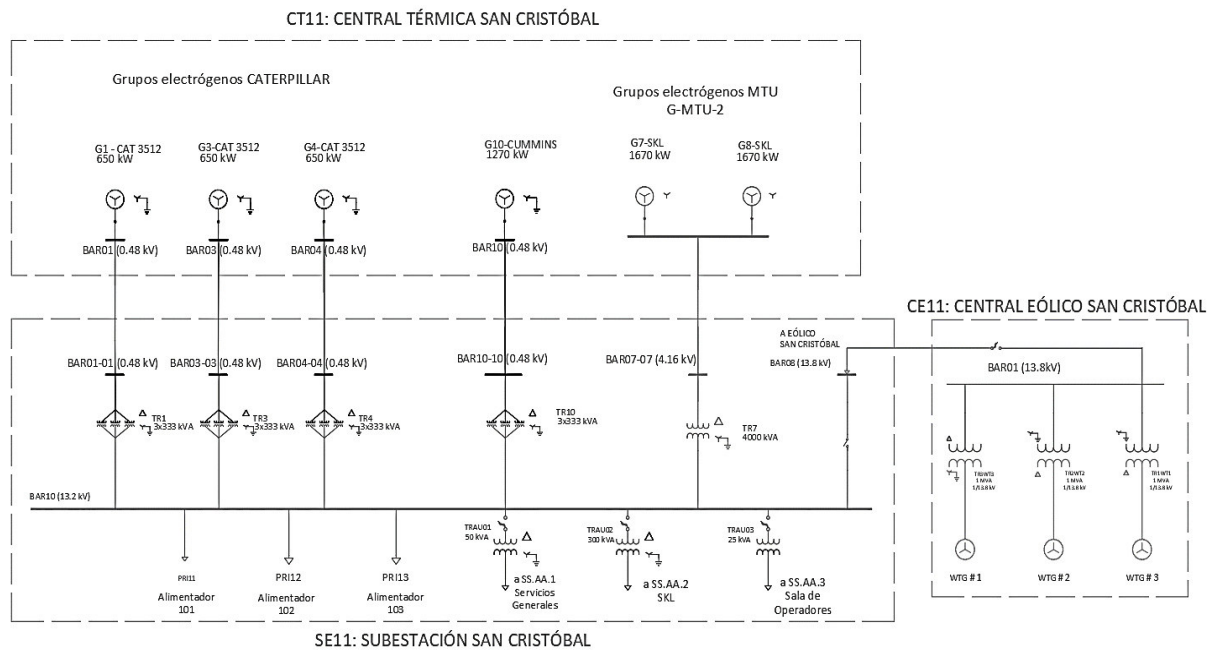


Figura 3.6. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la isla San Cristóbal [28].

3.1.3.2 Oferta de generación de energía eléctrica

La Tabla 3.3 se presenta las unidades de generación de las dos centrales existentes en la isla San Cristóbal [25].

Tabla 3.3. Oferta de generación de energía eléctrica de la isla San Cristóbal [25].

TIPO	DENOMINACIÓN UNIFILAR	MARCA	POTENCIA NOMINAL [kW]	VOLTAJE [kV]
TÉRMICA	G7-SKL	SKL	1670	4,16
	G8-SKL	SKL	1670	4,16
	G10-CUMMINS	CUMMINS	1270	0,48
	G1-CAT 3512	CATERPILLAR	650	0,48
	G3-CAT 3512	CATERPILLAR	650	0,48
	G4-CAT 3512	CATERPILLAR	650	0,48
EÓLICA	WTG 1	MADE-GAMESA	800	1
	WTG 2	MADE-GAMESA	800	1
	WTG 3	MADE-GAMESA	800	1

3.1.3.2.1 Central térmica San Cristóbal

La central térmica San Cristóbal se localiza en la ciudad Puerto Baquerizo Moreno. Cuenta con tres grupos de generadores que se conectan a la subestación San Cristóbal. Los grupos de generación se detallan continuación:

- **Grupo SKL:** Este grupo se conforma de 2 generadores SKL 9BDS 29/24 con una potencia nominal 1 670 kW, los cuales se conectan a un transformador de elevación de 4 MVA, 4,16/13,8 kV, YNd5.
- **Grupo Cummins:** Este grupo se conforma por 1 generador Cummins KTA 50M1 con una potencia nominal 1 270 kW, el cual se conecta a un banco de transformadores de 333 kVA de 0,48/13,8 kV cada uno en conexión YNd5.
- **Grupo Caterpillar:** Este grupo se conforma de 3 generadores Caterpillar 3512DITA con potencia nominal 650 kW, los cuales se conectan a un banco de transformadores de 333 kVA de 0,48/13,8 kV cada uno en conexión YNd5.
- **Grupos Fotovoltaicos:** Son centrales fotovoltaicas de pequeña escala que se encuentran distribuidas en el territorio de las islas y tienen una capacidad acumulada de 36 kWp.

3.1.3.2.2 Central eólica San Cristóbal

Esta central se ubica en el cerro El Tropezón y cuenta con una potencia instalada de 2 400 kW. Para obtener la potencia nominal la planta hace uso de 3 turbinas eólicas MADE-GAMESA AE-59 de 800 kW. Cada turbina posee un transformador elevador de 1MVA, 1/13.8 kV que se conectan a un punto común. La planta eólica es conectada a la subestación con una línea eléctrica de aproximadamente 12 km.

3.1.3.3 Demanda eléctrica total y sectorizada

En la Figura 3.7 se presentan las demandas diarias de mensuales del año 2019. Se presenta este año en específico ya que el mismo evidencia un comportamiento habitual previo a las condiciones excepcionales provocadas de la pandemia de COVID-19. Las gráficas mostradas son producto de las mediciones en los alimentadores de la subestación San Cristóbal [21].

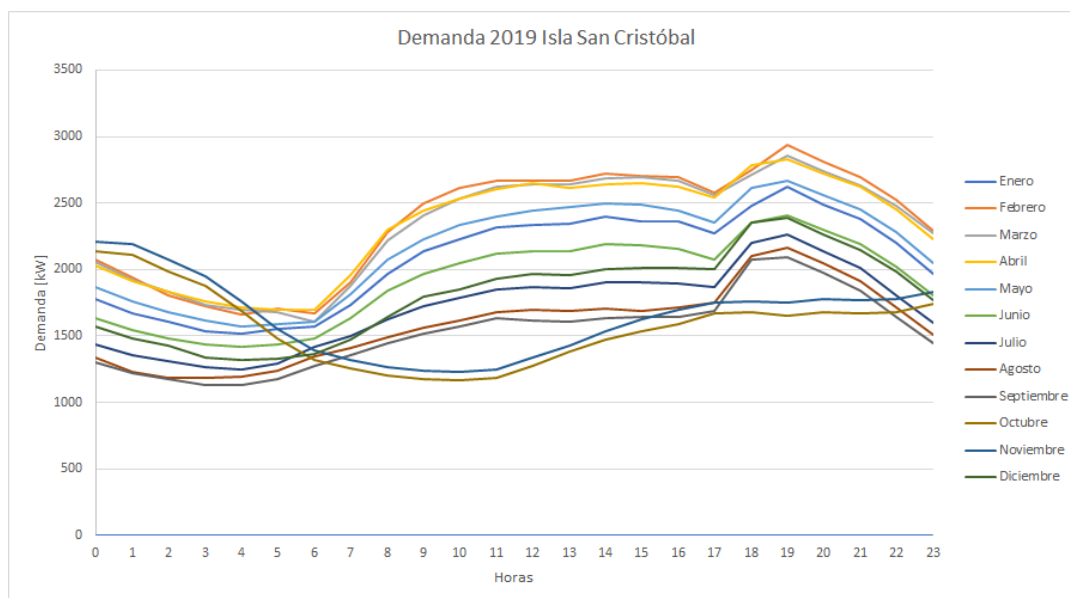


Figura 3.7. Demanda eléctrica de la isla San Cristóbal – 2019 [21].

Por otro lado, en la Tabla 3.4 se muestra la demanda sectorizada. Esta información fue obtenida de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR). La tabla cuenta con información desde el 2013 hasta el 2018. Es importante notar que los sectores de mayor consumo de energía son el sector comercial y el sector residencial [26].

Tabla 3.4. Demanda sectorizada de la isla San Cristóbal [26].

Demanda sectorizada - Isla San Cristóbal						
Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Energía Facturada [MWh]	10 665,08	12 029,89	14 474,48	13 887,03	13 360,94	13 496,11
Comercial	2 903,09	3 257,52	3 387,63	3 669,07	3 880,51	4 600,07
Industrial	75,76	87,89	82,65	86,79	95,80	93,38
Otros	3 628,89	4 270,34	6 189,58	5 503,12	4 464,62	3 595,67
Residencial	4 057,33	4 414,14	4 814,62	4 628,05	4 920,01	5 206,99

3.1.3.4 Planes de expansión del sistema eléctrico

3.1.3.4.1 Automatización del sistema híbrido San Cristóbal

Actualmente, existe un sistema híbrido en la isla, el cual se compone de un sistema de generación eólica y un sistema de diésel. El proceso de automatización permitirá que el generador eólico aporte con casi 4 GWh/año. Al maximizar la generación de energía del sistema eólico se reducirá el consumo de diésel en un valor aproximado de 350 mil galones de combustible por año. Este proyecto posee un presupuesto de 500 mil USD [27].

3.1.3.4.2 Proyecto fotovoltaico y de acumulación San Cristóbal

Este proyecto en su primera etapa consiste en la construcción de una central fotovoltaica de 1 MWp. Por otro lado, en su segunda etapa el proyecto contará con un sistema de almacenamiento de energía de 1,4 GWh. Se aspira que el proyecto reduzca 520 mil galones de diésel por año destinados para la generación de energía eléctrica.

Algo particular de este proyecto es que su financiamiento es de 8,5 MUSD; el 80% de este presupuesto provendrá de aportes internacionales [27].

3.1.3.4.3 Segunda fase proyecto eólico San Cristóbal

Si bien la isla ya cuenta con un sistema de generación eólico, en el 2022 se prevé que la capacidad de la central se amplíe en 5,6 MW. Con este incremento de la capacidad de la central se estima que el aporte de esta llegue a 7,25 GWh/año. La expansión de la generación eólica desplazará la generación térmica reduciendo el uso de 0,6 millones de galones de diésel al año [27].

3.1.3.4.4 Sistema de acumulación energética San Cristóbal

Este proyecto consiste en un sistema de almacenamiento de energía que permita la integración de los sistemas de generación renovable de la isla. Se estima que el sistema de acumulación se encuentre operativo en el año 2022 y contará con un presupuesto de 1,3 MUSD [27].

3.1.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA ISLA ISABELA

3.1.4.1 Diagrama unifilar del sistema eléctrico

Actualmente, la isla cuenta con dos centrales de generación. La primera es una central térmica y la segunda es una central híbrida. Es importante mencionar que la central híbrida se compone de un sistema fotovoltaico y un sistema térmico.

Para el abastecimiento de energía las centrales elevan su voltaje hasta 13,8 kV. Adicionalmente para transportar la energía hacia los centros de consumo se usan 2 alimentadores primarios. El primero abastece a la carga urbana y el segundo a la carga rural.

En la Figura 3.8 se muestra el diagrama unifilar del sistema eléctrico en la isla Isabela. En la misma figura es posible observar todos los elementos que componen el sistema con algunas características como el nivel de voltaje, la potencia instalada, etc. [29].

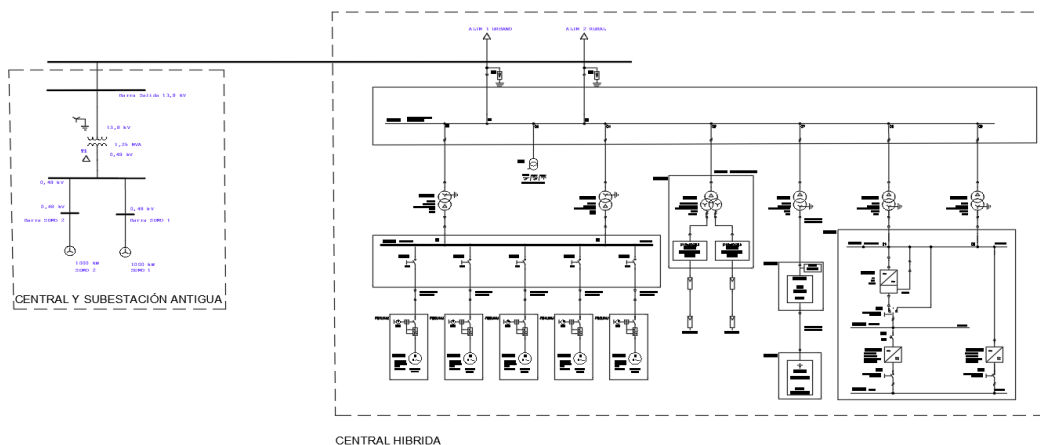


Figura 3.8. Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la isla Isabela [29].

3.1.4.2 Oferta de generación de energía eléctrico

La oferta de generación existente en la isla Isabela se describe en la Tabla 3.5 [25].

Tabla 3.5. Oferta de generación de energía eléctrica de la isla Isabela [25].

TIPO	DENOMINACIÓN UNIFILAR	MARCA	POTENCIA NOMINAL [kW]	VOLTAJE [kV]
TÉRMICA	SDMO1	SDMO	1 000	0,48
	SDMO2	SDMO	1 000	0,48
TÉRMICA BIOCOMBUSTIBLE	G1	SCANIA	325	0,48
	G2	SCANIA	325	0,48
	G3	SCANIA	325	0,48
	G4	SCANIA	325	0,48
	G5	SCANIA	325	0,48
FV-SOLAR	F10UMQ	TRINASOLAR	952	0,27

3.1.4.2.1 Central térmica Isabela (Central Antigua)

La central se ubica en Puerto Villamil y se conforma por un grupo SDMO. Estos generadores son conectados a la subestación Isabela.

- **Grupo SDMO:** este grupo de generación se conforma de 2 generadores SDMO con una potencia nominal de 1 000 kW. Ambas unidades de generación se conectan a un punto común a través de un transformador de elevación de 1,25 MVA, 0,48/13,8 kV, YNd5.

3.1.4.2.2 Central híbrida (Central térmica biocombustible Isabela)

Esta central de generación posee la característica de usar biocombustible para su funcionamiento. Además, cuenta con motores de combustión interna que fueron adaptados

para que puedan funcionar con el biocombustible. La planta híbrida, en su parte térmica, posee una potencia nominal de 1 625 kW.

- **Grupo de generadores SCANIA:** El grupo cuenta con 5 generadores SCANIA. Los motores tienen una capacidad de 325 kW PRP y 300 kW CP cada uno. Los equipos generan a un voltaje de 480 V, 60 Hz y 488 A.

Otro aspecto para destacar es que la central cuenta con un sistema de descarga, tratamiento, almacenamiento y despacho de combustible para optimizar la utilización de este recurso.

3.1.4.2.3 Central híbrida (Central fotovoltaica y baterías Isabela)

Esta central se localiza junto a la central térmica de biocombustible. La capacidad del campo fotovoltaico es de 952 kWp. La central fotovoltaica tiene 2 grupos fotovoltaicos de 476 kWp cada uno. Por otro lado, la central cuenta con 2 inversores trifásicos de 500 kVA. Para la distribución de energía eléctrica producida por la central se conectan los inversores a un transformador tridevanado de 1 000/500/500 kVA y 13,8kV/270V/270V.

En lo referente al almacenamiento de energía, la planta cuenta con un sistema de baterías de 333 kWh de capacidad.

3.1.4.3 Demanda eléctrica total y sectorizada

En la Figura 3.9 se presentan las curvas de demanda diaria de cada mes del año 2019. Se elige este año ya que es el último que mantiene condiciones normales de operación ya que a partir del 2020 se presentó la pandemia de COVID-19 [22].

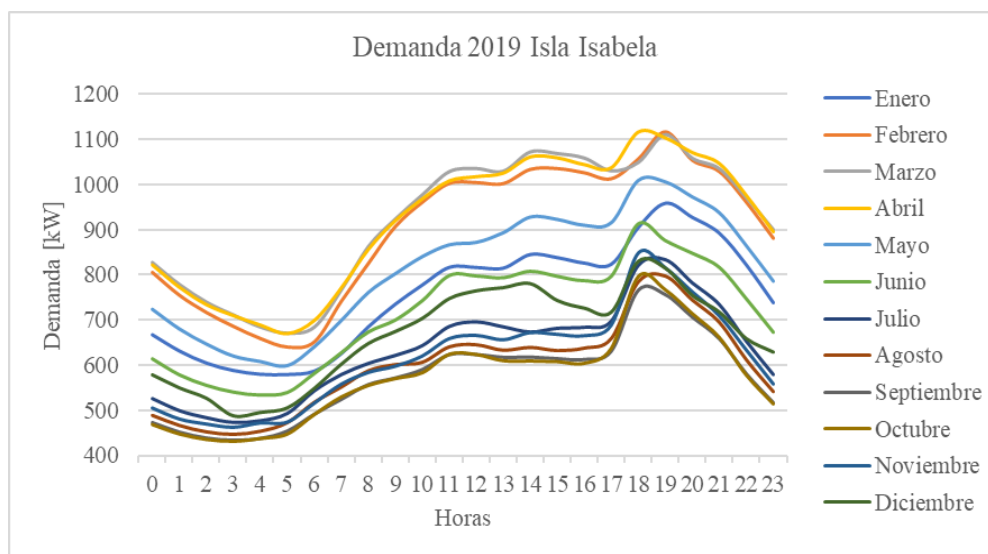


Figura 3.9. Demanda eléctrica de la isla Isabela – 2019 [22].

Por otro lado, en la Tabla 3.6 se muestra un histórico del consumo de energía eléctrica separados por sectores. La información fue proporcionada por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) [26].

Tabla 3.6. Demanda sectorizada de la isla Isabela [26].

Demanda sectorizada - Isla Isabela						
Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Energía Facturada [MWh]	2 828,37	3 804,96	4 128,92	4 291,76	4 588,16	5 039,73
Comercial	1 159,33	1 651,48	1 916,40	2 026,65	2 203,68	2 552,79
Industrial	18,42	27,72	37,14	42,81	64,34	63,81
Otros	510,10	669,07	702,30	682,20	586,65	519,93
Residencial	1 140,52	1 456,68	1 473,09	1 540,10	1 733,49	1 903,21

En la Tabla 3.6 se evidencia que los sectores de mayor consumo de energía son el comercial y residencial.

3.1.4.4 Planes de expansión del sistema eléctrico

3.1.4.4.1 Ampliación de la planta fotovoltaica Isabela

La ampliación consiste en incrementar 0,8 MWp en el sistema híbrido de la isla. El aporte energético que se obtendrá de esta ampliación será de 1,41 GWh/año. Idealmente, la entrada en operación de la ampliación se proyecta para el año 2021 y cuenta con presupuesto de 1,82 MUSD. La puesta en marcha de este proyecto prevé una reducción en la emisión de 1 200 toneladas de CO₂ por año [27].

3.1.4.4.2 Ampliación del sistema de acumulación Isabela

A manera de complemento del proyecto anterior se planea incrementar la capacidad de almacenamiento por un valor de 1 MWh. La ampliación se estima que esté operativa en el año 2021 con una inversión de 1,5 MUSD [27].

3.1.4.4.3 Ampliación de la planta fotovoltaica Isabela Fase II

Si bien en el año 2021 ya se planteó un incremento de la capacidad de la central fotovoltaica, se prevé que para el año 2023 se amplie nuevamente su capacidad. Para el año 2023 la expansión será de 0,5 MWp que aportarán 1 GWh/año. Con la implementación de este proyecto se estima una reducción en la emisión de aproximadamente 851 toneladas de CO₂ por año [27].

3.1.4.4 Ampliación del sistema de acumulación Isabela Fase II

De igual manera, el sistema de almacenamiento debe ser ampliado para poder complementar la capacidad del sistema fotovoltaico. La capacidad se incrementará en 7,1 MWh y se estima que ingresará en el año 2023 con una inversión de 4,26 MUSD [27].

3.1.5 BALANCE DE OFERTA Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA – 2019

Finalmente, se presenta la Tabla 3.7 en la que se detalla a manera de resumen la generación y la demanda de las islas Santa Cruz – Baltra, San Cristóbal e Isabela. Los datos mostrados corresponden a las mediciones en las cabeceras de los alimentadores. La información fue proporcionada por la empresa distribuidora ELECGALAPAGOS [20] [23] [21] [22].

Tabla 3.7. Balance de energía eléctrica de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [21] [20] [23] [22].

Balance de Energía Eléctrica - Año 2019	
Generación por Isla	Energía [MWh]
Isabela	6 600,24
San Cristóbal	17 353,74
Sistema Santa Cruz - Baltra	37 699,64
Generación Total	61 653,62
Demanda	Energía en alimentadores [MWh]
Isabela	6 318,40
San Cristóbal	16 778,16
Sistema Santa Cruz - Baltra	36 439,35
Consumo Total	59 535,92
Pérdidas Sistema Subtransmisión	2 117,70

3.2 MARCO INSTITUCIONAL PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Dentro del marco institucional para la eficiencia energética se encuentran los organismos que se encargan del diseño, desarrollo e implementación de los lineamientos y las políticas para la eficiencia energética en Ecuador y las Islas Galápagos. Estos organismos se describen a continuación:

3.2.1 MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (MERNNR)

Es la institución rectora del sector eléctrico. Entre las principales funciones que cumple se destaca la de planificar el sector eléctrico a través de la definición y aplicación de políticas. Por otro lado, también cumple con la función de evaluar que la regulación y el control del sector se cumplan con el objetivo de estructurar un servicio público de energía eficiente.

Esto último requiere que el MERNNR promueva la ejecución de planes y programas de energías renovables, así como los mecanismos que contribuyan a lograr la eficiencia energética.

El MERNNR establece en [30] las principales atribuciones y deberes de la institución en relación con la eficiencia energética. El MERNNR es el encargado de:

- Dictar las políticas y dirigir los procesos para su aplicación.
- Elaborar el Plan Maestro de Electricidad (PME) y el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE).
- Impulsar la investigación científica y tecnológica en materia de electricidad, energía renovable y eficiencia energética.
- Establecer las políticas de capacitación del talento humano en el Sector Eléctrico.
- Organizar las dependencias técnico-administrativas que se consideren necesarias para el cumplimiento de su función.
- Mantener actualizado el inventario de los recursos energéticos del país con fines de producción eléctrica.

3.2.2 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (ARCERNNR)

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) es un organismo técnico administrativo encargado de regular y controlar las actividades relativas al servicio público de energía eléctrica. Las principales funciones y deberes que tiene la ARCERNNR con relación a la eficiencia energética son [31]:

- Regular aspectos técnico-económicos y operativos de las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general.
- Dictar las regulaciones a las cuales deberán ajustarse las empresas eléctricas; el Operador Nacional de Electricidad (CENACE) y los consumidores o usuarios finales observando las políticas de eficiencia energética.
- Coordinar con la Autoridad Ambiental Nacional los mecanismos para la observancia al cumplimiento de la normativa jurídica, por parte de las empresas eléctricas, relacionada con la protección del ambiente y las obligaciones socio ambientales.
- Fomentar, promover y capacitar a todos los actores del sector eléctrico sobre las actividades de prevención y control de la contaminación, así como los procesos para la mitigación de impactos ambientales.

3.2.3 INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

El INEN es un organismo nacional dedicado a la normalización, reglamentación técnica y metrología en el Sistema Ecuatoriano de la Calidad. El INEN pretende mejorar la productividad y la competitividad de la sociedad ecuatoriana a través de la normalización. Las principales actividades desempeñadas por el INEN según [32] son:

- Incrementar la infraestructura de la calidad en Normalización, Reglamentación Técnica y Evaluación de la Conformidad orientada al desarrollo de los sectores productivos y servicios.
- Incrementar la cobertura de servicios metrológicos orientado al aseguramiento de la trazabilidad de las mediciones en el país.

3.2.4 CONSEJO DE GOBIERNO DE RÉGIMEN ESPECIAL GALÁPAGOS

El Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos (CGREG) es la institución encargada de la administración, ordenamiento territorial, planificación, seguridad ciudadana, organización de actividades y el manejo de recursos en la provincia. Uno de los objetivos del CGREG es garantizar la conservación del patrimonio natural del archipiélago además de ser reconocido como referente en la gobernanza y administración de los recursos.

Como se especificó anteriormente, una de las funciones del CGREG es la planificación y el manejo de los recursos en el archipiélago. Entonces, esta institución debe ser tomada en cuenta para el desarrollo de proyectos que promuevan la eficiencia energética. Dentro de las principales actividades que desempeña, como se detalla en [33], se tiene las siguientes:

- Garantizar la planificación, desarrollo y organización del Régimen Especial en función de un estricto apego a los principios de conservación del patrimonio natural del estado y del buen vivir.
- Incrementar la eficiencia institucional del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos.
- Incrementar el uso eficiente del presupuesto del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos.
- Garantizar la gobernabilidad y la seguridad ciudadana para el buen vivir en la provincia.
- Dictar las políticas generales para la conservación, desarrollo sustentable y el régimen del buen vivir de la provincia de Galápagos, con sujeción a las políticas nacionales.

- Planificar el desarrollo provincial y formular el Plan para el Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos, de manera coordinada con la planificación nacional, cantonal y parroquial, las políticas y la legislación nacional. El Plan para el Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial deberá contener los principios y las políticas de planificación, ordenamiento territorial, control de residencia, movimiento migratorio y poblacional, ingreso de vehículos, entre otros.
- Promover el uso de energías alternativas.
- Determinar las políticas de investigación e innovación de conocimiento, desarrollo y transferencia de tecnologías, necesarias para el desarrollo provincial, en el marco de la planificación nacional.

3.2.5 EMPRESA ELÉCTRICA ELECGALÁPAGOS

ELECGALÁPAGOS es la empresa distribuidora dedicada a la gestión de la energía eléctrica en la provincia de Galápagos. La empresa pretende diseñar propuestas con las entidades rectoras (MERNNR y ACERNNR) sobre temas normativos para el archipiélago. Estas propuestas se orientan al uso eficiente de la energía evitando el desperdicio y el crecimiento desmesurado de la demanda.

ELECGALÁPAGOS también es la encargada de planificar, gestionar y desarrollar proyectos que estén alineados con las políticas públicas dentro de los campos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica dentro del régimen especial de Galápagos.

3.2.6 PARQUE NACIONAL DE GALÁPAGOS

El parque nacional fue creado a través de decreto ejecutivo en 1959. El archipiélago se considera de alto valor ecológico por lo cual se declara Parque Nacional a aproximadamente el 97% de la superficie terrestre [34].

Tomando en cuenta que prácticamente todo el archipiélago corresponde a un área protegida, es fundamental que se tome en cuenta a los representantes de esta institución al momento de ejecutar un proyecto dentro de la provincia.

3.2.7 COMITÉ NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El Comité Nacional de Eficiencia Energética (CNEE) es la entidad encargada de vigilar el Sistema Nacional de Eficiencia Energética en todos sus ejes de acción para que cumpla con todas las metas trazadas en el PLANEE. Las funciones que el Comité Nacional de Eficiencia Energética establecidas en [35] son las siguientes:

- Coordinar el funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética.
- Articular la elaboración de propuestas de políticas nacionales, intersectoriales e interinstitucionales en materia de eficiencia energética y uso racional de la energía, y establecer las políticas necesarias para incrementar la productividad energética en los distintos sectores de oferta y demanda de energía.
- Articular la elaboración de las estrategias y acciones que cada miembro del CNEE preparará, como coordinador de su sector, y discutir las al interior del Comité para su posterior incorporación como insumos para la integración del PLANEE.
- Monitorear y evaluar el cumplimiento de las decisiones del Comité y los avances en la ejecución de los programas e iniciativas aprobadas en el marco del PLANEE, para la oportuna toma de decisiones con vistas al cumplimiento de las metas establecidas en el Plan.
- Definir los lineamientos para la elaboración de los programas y proyectos de eficiencia energética, así como para su seguimiento y evaluación.
- Promover el desarrollo de capacidades locales y técnicas en la sociedad sobre el uso responsable y eficiente de la energía, para lo cual deberá involucrar a los actores educativos, ambientales, GAD y la comunidad en general. El CNEE incorporará en el PLANEE acciones y proyectos de capacitación y formación en eficiencia energética.
- Priorizar, con base a la metodología establecida en el reglamento de la ley, los proyectos y/o programas de eficiencia energética y uso racional de la energía, que serán financiados por el fondo nacional para inversión en eficiencia energética.
- Verificar y evaluar el funcionamiento del fondo nacional para inversión en eficiencia energética a fin de cumplir con los objetivos del PLANEE.
- Participar en el diseño e implementación de programas educativos, informativos y de sensibilización dirigidos a fomentar la eficiencia energética y uso de fuentes alternativas de energía, con énfasis en las consideradas limpias por su bajo impacto ambiental.

3.2.8 Instituto de Investigación Geológico y Energético – IGEE

El Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) se creó a través de un decreto en mayo de 2018. El IIGE es producto de la fusión de dos institutos enfocados en la Investigación de la eficiencia energética, energías renovables, geología, minería y metalurgia.

El IIGE pretende fortalecer la investigación científica en el ámbito de las ciencias de la tierra. Esto permite mejorar las capacidades institucionales, además de generar un recurso humano y técnico especializado, con mayor alcance para el trabajo científico, el desarrollo tecnológico y la innovación local.

Las principales atribuciones del IIGE en el ámbito energético según [36] son:

- Desarrollar planes, programas, proyectos y actividades de investigación para la innovación tecnológica en el ámbito de la eficiencia energética y la generación basada en energías renovables y no renovables.
- Coordinar planes, programas y proyectos de eficiencia energética y energía renovable a ser aplicados en los distintos sectores de consumo energético, con la finalidad de hacer eficiente el uso de la energía y diversificar las fuentes de suministro.
- Establecer relaciones con universidades y centros de investigación públicos y privados nacionales y extranjeros para el desarrollo de programas y proyectos de investigación en el ámbito energético.
- Ejecutar planes, programas y proyectos de eficiencia energética y energía renovable a ser aplicados en los distintos sectores de consumo energético, con la finalidad de hacer eficiente el uso de la energía y diversificar las fuentes de suministro.
- Contribuir a la implementación de metodologías, procedimientos y tecnologías que aporten al desarrollo socioeconómico de forma sostenible a través del uso eficiente de la energía y aprovechamiento de las energías renovables.³
- Generar procesos de innovación, desarrollo y transferencia de tecnología en el ámbito energético.
- Ejecutar planes, programas, proyectos y actividades de investigación para la innovación tecnológica en el ámbito de la eficiencia energética y la generación basada en energías renovables y no renovables.
- Evaluar planes, programas y proyectos de eficiencia energética y energía renovable a ser aplicados en los distintos sectores de consumo energético, con la finalidad de hacer eficiente el uso de la energía y diversificar las fuentes de suministro

3.3 MARCO LEGAL Y REGULATORIO

En el marco legal y regulatorio de la eficiencia energética, el Ecuador es regido por diferentes instrumentos legales como la Constitución de la República, las Leyes Orgánicas, los Reglamentos, las Regulaciones y las Resoluciones. Estos instrumentos legales son emitidos por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) y la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No renovables (ARCERNNR). Todos los actores presentes en el sector eléctrico deben cumplir con las normativas.

3.3.1 PIRÁMIDE DE HANS KELSEN

Es una forma de graficar un sistema jurídico en forma de pirámide representando la jerarquía de las normativas existentes [37]. En la Figura 3.10 se muestra la jerarquización de las normativas o instrumentos que regulan el sistema jurídico del país.



Figura 3.10. Orden jerárquico de las normas en el Ecuador [Elaboración propia].

La Figura 3.10 se rige en el **artículo 425** de la Constitución de la República [38], el cual establece el orden de aplicación de *las normas* y *especifica lo siguiente* “El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las

ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos”.

3.3.2 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

La Constitución de la República del Ecuador [38] es la normativa suprema en el Ecuador. Esta normativa fue emitida en el año 2008 por la Asamblea Nacional de la República del Ecuador. A continuación, se describen los artículos que hacen referencia a la conservación del ambiente, el servicio de energía eléctrica y la eficiencia energética.

3.3.2.1 Derechos del buen vivir – Ambiente sano

En el **artículo 14** se declara que la preservación del medio ambiente es de interés público. Para la preservación del medio ambiente y los ecosistemas, la constitución cuenta con el **artículo 15**, el cual establece que el estado debe promover el uso de tecnologías limpias y energías alternativas no contaminantes.

3.3.2.2 Servicios estratégicos, servicios y empresas públicas

El **artículo 313** establece que es el estado quien va a administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos. Por otra parte, el **artículo 314** establece que el estado también es responsable de proveer el servicio de energía eléctrica garantizando que este cumpla con los principios de obligatoriedad, eficiencia, accesibilidad, calidad, etc.

El control y la regulación que se establecen en el **artículo 313** se aplican a través del **artículo 315**, el cual determina que el estado es el encargado de la construcción de empresas que gestionen los sectores estratégicos. Estas empresas son de conformidad pública y pretenden aprovechar los recursos naturales del país de forma sustentable bajo una regulación y un control de los organismos pertinentes.

A manera de complemento del **artículo 315**, el **artículo 316** especifica que el estado posee la capacidad de delegar la participación en los sectores estratégicos a empresas mixtas. Es importante mencionar que la delegación se sujeta al interés nacional e incluye limitaciones para cada sector.

3.3.2.3 Biodiversidad y recursos naturales – Naturaleza y ambiente

En el **artículo 395** se establece que el estado debe reconocer principios ambientales como:

- Brindar garantía de un modelo sustentable de desarrollo y ambientalmente equilibrado.
- El estado es responsable de crear políticas de gestión ambiental y de cumplimiento en todos sus niveles.

- El estado debe garantizar la participación de la población en la planificación, ejecución y control de actividades que generan impacto ambiental.

3.3.2.4 Recursos naturales – biosfera, ecología urbana y energías alternativas

En lo referente a este apartado, **el artículo 414** determina que el estado debe adoptar medidas que mitiguen el cambio climático a través de la limitación de la emisión de gases de efecto invernadero.

3.3.3 LEYES

3.3.3.1 Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE)

La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) [39] fue aprobada en el 2015 por la Asamblea Nacional de la República del Ecuador. La LOSPEE tiene por objetivo “garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia”. Además, esta ley regula la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables. Además, el establecimiento de mecanismos de eficiencia energética”.

A continuación, se enumeran los artículos que se hacen referencia a la conservación del ambiente, energías renovables y la eficiencia energética.

3.3.3.1.1 Régimen de funcionamiento del sector

En lo referente a la planificación e inversión en el sector, se establece que el Plan Maestro de Electricidad (PME), elaborado por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), identifica los proyectos que son prioritarios y que al menos tienen una proyección de 10 años.

3.3.3.1.2 Régimen especial

En este apartado se puede destacar el **artículo 64** el cual se enfoca a los sistemas aislados e insulares. El **artículo 64** establece que los clientes de sistemas que no se encuentren interconectados al Sistema Nacional Interconectado (SNI) podrán tener cargos tarifarios diferentes a las zonas interconectadas.

3.3.3.1.3 Eficiencia Energética

En este apartado se trata temas relativos a la eficiencia energética. Se enfatizan las normas y las políticas adoptadas por el ente rector. Los artículos más destacados en este apartado son el **artículo 74** y el **artículo 75**.

El **artículo 74** establece que la eficiencia energética tiene como objetivo obtener de un mismo servicio o producto con el menor consumo de energía. Se destacan los siguientes aspectos:

- Fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general, y en particular en el sistema eléctrico.
- Promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos.
- Propiciar la utilización racional de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales.
- Incentivar la reducción de costos de producción a través del uso eficiente de la energía.
- Disminuir el consumo de combustibles fósiles.
- Orientar y defender los derechos del consumidor o usuario final.
- Disminuir los impactos ambientales con el manejo sustentable del sistema energético.

Por otro lado, el **artículo 75** determina que aquellas políticas y normas que son adoptadas por el ministerio deben estar orientadas hacia una mayor eficiencia en el aprovechamiento de las fuentes de energía considerando un uso racional de esta. Es importante mencionar que estas políticas deben estar alineadas con el Plan Nacional de Desarrollo.

3.3.3.1.4 Responsabilidad ambiental

Este apartado enfatiza dos artículos. El **artículo 78** determina que los participantes del sector eléctrico deben cumplir con las políticas y normativas establecidas según la categorización definida por la autoridad ambiental para la prevención, control, mitigación, reparación y seguimiento de impactos ambientales en las etapas de construcción operación y mantenimiento. Por otra parte, el **artículo 80** se refiere a los impactos ambientales; en este artículo se establece que las empresas eléctricas tienen la obligación de prevenir, mitigar, remediar y/o compensar los impactos negativos que se produzcan en el medio ambiente por el desarrollo de actividades de construcción, operación y mantenimiento [39].

3.3.3.2 Ley Orgánica de Eficiencia Energética (LOEE)

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética [40] fue aprobada en el año 2019 por la Asamblea Nacional de la República del Ecuador. Esta tiene *como objeto* “establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país”.

3.3.3.2.1 Definiciones fundamentales

En el **artículo 2** y **artículo 3** se declara que la eficiencia energética es de interés nacional y explica sus principios respectivamente. El **artículo 2** menciona la importancia que tiene el correcto uso de la energía, el cual debe ser de forma eficiente, racional y sostenible. Mientras que el **artículo 3** presenta los principios sobre los cuales la ley se basa. Se hace *especial énfasis en la “racionalización del consumo y la preservación del recurso energético”, la “promoción de energía limpia y reducción de emisiones de gases el efecto invernadero”, el “fomento de una cultura nacional orientada al uso eficiente de los recursos energéticos”, entre otros.*

3.3.3.2.2 De los sectores regulados y del financiamiento

Dentro de este apartado se cuenta con el **artículo 17**, el cual se enfoca en el ahorro y uso eficiente de la energía. Además, el artículo expresa la necesidad de que toda persona que consuma energía lo haga de manera racional y responsable. Esto implica que el consumidor adapte su comportamiento de consumo orientándose hacia el ahorro energético, pero sin perjudicar su confort.

Por otro lado, el **artículo 21** establece los mecanismos de financiamiento que permiten el desarrollo de proyectos de eficiencia energética; los mismos que serán administrados por el ente rector en el ámbito energético. Adicionalmente, el **artículo 22** menciona la necesidad de definir mecanismos para incentivar a que los consumidores apliquen las acciones de eficiencia energética. Estos mecanismos son auditorías energéticas, etiquetados, implementación de recursos de energía, etc.

3.3.4 PLANES MAESTROS

3.3.4.1 Plan Maestro de Electricidad (PME)

El Plan Maestro de Electricidad (PME) es una herramienta que pretende fortalecer y mejorar de forma constante las políticas energéticas. Esto permite identificar oportunidades para sectores como la industria, las residencias, el transporte, etc. Para conseguir dicho fortalecimiento y mejoramiento se plantean objetivos de corto, mediano y largo plazo.

3.3.4.1.1 Consumo de Combustibles y emisiones de CO₂

Hoy en día la polución ambiental es uno de los temas más relevantes en la sociedad. Con esto en mente, los gobiernos deben orientar sus políticas para reducir al máximo la contaminación. Esto último es posible gracias a la priorización de proyectos que permitan consolidar un modelo de desarrollo sustentable cubriendo las necesidades sociales y económicas de su población.

Con base en las cifras del PME [41] el Ecuador cuenta con un sistema de generación de energía predominantemente hidroeléctrico. Sin embargo, el país también cuenta con generación térmica. La generación térmica representa aproximadamente un 27,64% del total de la producción de energía del país. Esto produce la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por un valor aproximado de 6,06 millones de toneladas de CO₂ al año. Por ello, Ecuador necesita adoptar medidas que permitan reducir el consumo de energía o en su defecto la incorporación de sistemas de generación a partir de fuentes renovables.

Por otra parte, el Archipiélago de Galápagos no cuenta con generación hidráulica por lo que requiere de generación térmica, fotovoltaica y eólica para el abastecimiento de energía. Debido a esto es vital gestionar la energía desde el punto de vista de la demanda. Esto es posible a través de la implementación de programas de eficiencia energética.

Con el objetivo de fortalecer un modelo energético sustentable y productivo, el Ecuador determina dos pilares para cumplir con este propósito. Estos pilares son:

- **Sustitución progresiva de combustibles fósiles:** Este pilar pretende desplazar el uso de combustibles fósiles contaminantes por otros que no emitan GEI. Es importante mencionar que este pilar promueve el desarrollo sostenible a través del uso de recursos renovables.
- **La eficiencia energética:** Este pilar es producto del conjunto de propuestas de eficiencia energética aplicadas a nivel internacional con adaptaciones para su implementación a la realidad nacional.

Teniendo en cuenta ambos pilares, el Ecuador basa su plan de expansión de la generación en un modelo sustentable. En el caso específico de las islas Galápagos, la mayor parte de su territorio corresponde a áreas protegidas. Dicho esto, es importante la implementación de medidas que contribuyan a la conservación del medioambiente y los ecosistemas. Para *cumplir con este objetivo se cuenta con “La Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos”.*

3.3.4.1.2 Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos

Al tratarse de un archipiélago, las Islas Galápagos requieren de un constante abastecimiento de combustibles para el desarrollo normal de las actividades. Este combustible es transportado vía marítima representando un peligro constante que puede derivar en accidentes o incidentes medioambientales que afecten directa o indirectamente el ecosistema de las islas. Por ejemplo, el derrame de combustible en el océano.

Con el fin de evitar posibles accidentes el Gobierno Nacional desarrolló la Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos. El objetivo de esta es *“disminuir el uso de derivados del petróleo en esa zona de alta sensibilidad ambiental y social”*. La iniciativa es una estrategia fundamental para la conservación del ecosistema del archipiélago.

Con base en la iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos se promueve el uso de fuentes de energía renovable como la solar fotovoltaica y la eólica. Debido a esto resulta primordial realizar una gestión de la demanda. Como se conoce las fuentes de energía renovable son poco flexibles y altamente dependientes de factores climáticos. Por ello, es indispensable implementar medidas que reduzcan el consumo energético para de esta forma garantizar la seguridad energética del archipiélago.

3.3.4.2 Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE)

El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016 -2035 [1] posee un conjunto de iniciativas relacionadas a la eficiencia energética que previamente fueron adaptadas a la realidad nacional. El plan se basa en medidas internacionales, en el uso tecnologías de vanguardia y en el aprovechamiento de experiencias y lecciones aprendidas del plan anterior.

El PLANEE [1] tiene como objetivo principal *“Incrementar el uso eficiente de los recursos energéticos mediante la ejecución de programas y proyectos de eficiencia energética en los sectores relacionados con la oferta y demanda de energía, a fin de reducir la importación de derivados del petróleo, contribuir a la mitigación del cambio climático y crear una cultura de eficiencia energética respaldada por una sólida base jurídica e institucional”*.

Con la aplicación de las medidas presentadas en el PLANEE se estima que exista un ahorro de 543 Mbep (Millones de Barriles Equivalentes de Petróleo). Este ahorro a su vez contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por un valor aproximado de 65 Millones de toneladas de CO₂.

3.3.4.2.1 Plan Nacional de Eficiencia Energética: Eje Galápagos

En lo referente al consumo energético de las islas, el sector de mayor consumo es el sector del transporte. El transporte representa el 77% del consumo total del archipiélago. Le siguen los sectores Residencial y Comercial con un 7% cada uno. Estos datos fueron obtenidos del balance energético presentado en el PLANEE. A continuación, en la Figura 3.11 se muestra la estructura del consumo energético por sector en las islas Galápagos.

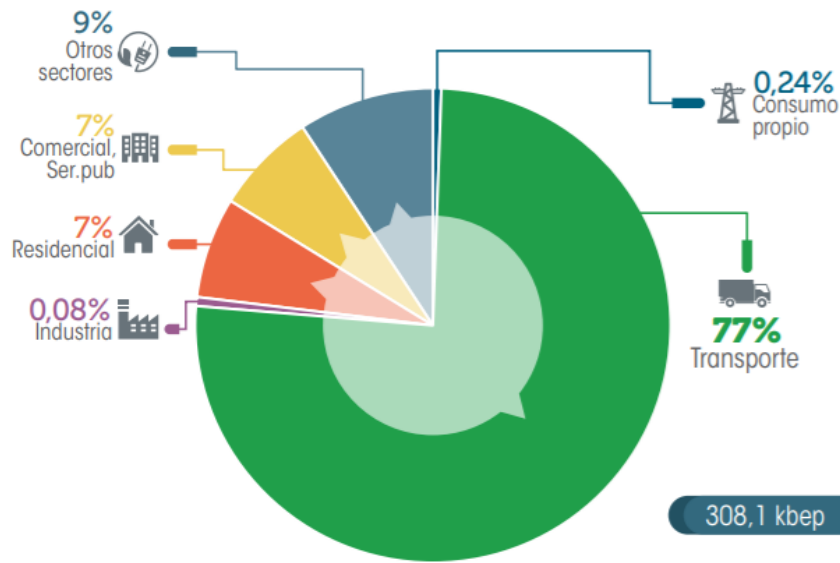


Figura 3.11. Consumo energético por sector en Galápagos [1].

En PLANEE cuenta con el eje Galápagos debido a que el archipiélago posee condiciones particulares, por tanto, requiere que se establezcan políticas especiales para las islas. Por ello, el Gobierno Nacional enfatiza en iniciativas como la “Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos”.

El eje Galápagos en [1] tiene como objetivo sectorial “Establecer e implementar acciones de eficiencia energética que coadyuven a optimizar el uso de combustibles fósiles en las islas Galápagos, orientando a la producción y consumo sostenible de energía en los distintos sectores”. Este objetivo tiene como meta la reducción del consumo de combustibles fósiles para el año 2035. Se prevé que la energía proveniente de fuentes renovables y limpias alcance los 0,5 Mbep.

Por otro lado, el objetivo específico del eje Galápagos en el PLANEE es la ejecución de proyectos que incentiven el consumo energético eficiente. Para cumplir con este objetivo, el PLANEE plantea tres líneas de acción:

1. Adopción del Proyecto de Implementación de la Norma Ecuatoria de Construcción (NEC) en las islas. En coordinación con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERRNR). Se definirán políticas que garanticen el uso de energías renovables y eficiencia energética en las edificaciones de las islas. Las políticas pretenden promover la NEC en residencias, comercios y el sector público.

2. Programa de Recambio de Equipos de Mayor Consumo energético. El MERNNR y el Ministerio de Industrias y Productividad establecerán programas que promuevan el recambio de electrodomésticos ineficientes por equipos eficientes con la aplicación de estándares de etiquetado energético.
3. Programa para la implementación de Sistemas de Gestión de Energía basados en la norma ISO 50001 en instituciones públicas y el sector comercial. Se pretende adoptar la norma ISO 50001 con el objetivo de realizar mejoras continuas y sistemáticas al rendimiento energético de las organizaciones.

3.3.5 NORMAS INEN

El INEN es la institución encargada de la normalización, reglamentación, metrología y evaluación de la conformidad en el Sistema Ecuatoriano de Calidad. El INEN pretende mejorar la competitividad además de promover la calidad en los procesos. Algunas las de las normas referentes a la eficiencia energética son:

- **NTE INEN-ISO/IEC 13273:** Esta norma fue expedida en el año 2017 y consta de dos partes. La primera se refiere a la terminología a nivel internacional de la Eficiencia Energética, mientras que el segundo apartado hace referencia a las fuentes de energía renovable [42] [43].
- **NTE INEN-EN 15900:** Esta norma fue expedida en el año 2017 y hace referencia a los Servicios de Eficiencia Energética. La norma tiene por objeto especificar las definiciones y los requisitos mínimos para un servicio de eficiencia energética [44].
- **NTE INEN 2 506:2009:** Esta norma fue expedida en el año 2009. El título de la norma es *“Eficiencia energética en Edificaciones. Requisitos”*. La norma tiene por objeto establecer los requisitos que debe cumplir un edificio para reducir a límites sostenibles su consumo de energía y conseguir así mismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable [45].
- **NTE INEN-ISO 13790:** Esta norma fue expedida en el año 2014 y su título es *“Eficiencia Energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios”*. La norma tiene por objeto proporcionar métodos de cálculo para la evaluación de la energía necesaria para calefacción y refrigeración en edificios residenciales o no residenciales o para una parte de estos, considerada como *“el edificio”* [46].

También existen normas relacionadas a la eficiencia energética, pero estas más bien se centran a la eficiencia en determinados equipos. Estas normas son:

- **NORMATIVA NTE INEN 2495:2012** “Eficiencia energética de acondicionadores de aire sin ductos. Requisitos.”
- **NORMATIVA NTE INEN 2 567:2010** “Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Requisitos.”
- **NORMATIVA NTE INEN-ISO 25745-1** “Eficiencia energética de los ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles”
- **NORMATIVA NTE INEN 3178** “Aparatos Eléctricos Fijos De Calentamiento Instantáneo De Agua. Eficiencia Energética Y Consumo De Energía Eléctrica. Métodos De Ensayo”.
- **NORMATIVA NTE INEN 2517:2010** “Uso Eficiente De La Energía En Bombas Centrífugas De Agua Potable De Uso Residencial. Requisitos.”
- **NTE INEN 2 659:2013** “Aparatos Electrodomésticos Y Similares. Lavadoras Eléctricas De Ropa. Métodos De Ensayo Para El Consumo De Energía, El Consumo De Agua Y Capacidad Volumétrica”.

3.3.6 NORMAS REGIONALES Y POLÍTICAS SECTORIALES DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS

3.3.6.1 Reglamento de Ley de Régimen Especial de la Provincia de Galápagos

Este reglamento es la norma jurídica que rige a la provincia de Galápagos. La Ley de Régimen Especial [47] fue emitida el año 2017. La normativa define la forma de gobierno y administración del territorio definiendo las competencias de las entidades públicas. Adicionalmente, esta ley también incluye sanciones para los infractores.

En el ámbito de la gobernabilidad, la ley delimita la competencia y las atribuciones del Consejo de Gobierno. Las atribuciones más importantes del Consejo de Gobierno son:

- Ejercer la representación legal, judicial y extrajudicial del Consejo de Gobierno.
- Celebrar convenios con entidades públicas y privadas, nacionales o extranjeras, en el ámbito de su competencia, debiendo informar al Pleno del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de la provincia de Galápagos sobre el contenido de estos.

La ley también incluye políticas que definen el manejo de las áreas naturales protegidas a través de la construcción de infraestructura para el desarrollo de la provincia. En este apartado de la ley se consideran aspectos como el control, la investigación científica y el monitoreo de las áreas naturales del Parque Nacional.

En la sección referente al Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, la ley establece que el Ordenamiento Territorial corresponde a la regulación, control, mitigación y residencia a través de una tarjeta de control de tránsito. Esta tarjeta define el periodo de permanencia de los transeúntes. Adicionalmente, se establecen normativas que regulan la residencia en las islas.

Para el sector turístico, la ley promueve el “Turismo Sostenible”. Esto incluye principios que serán regulados por el Comité Técnico Provincial de Turismo. Estos principios se detallan a continuación:

- La conservación de las áreas naturales protegidas.
- El respeto de la población local y de los visitantes a las regulaciones y decisiones de las autoridades competentes sobre la conservación y protección de la naturaleza.
- El desarrollo permanente y actualizado de modalidades de operación turística.
- La promoción de las actividades turísticas autorizadas.
- El fomento y cumplimiento estricto de las normas de calidad en la prestación de los servicios turísticos.

La ley contempla en uno de sus apartados al Control Ambiental y la Bioseguridad. En esta sección se establecen principios que rigen el control ambiental y la prevención de daños al ambiente. La normativa define la gestión de desechos y el transporte de muestras científicas.

Finalmente, la ley en uno de sus apartados incluye la sección de Régimen Sancionatorio. En esta unidad se establecen las medidas cautelares y los informes técnicos que determinan las infracciones. Adicionalmente, esta sección cuenta con la determinación de infracciones para construcciones irregulares, reincidencia en faltas y remate de bienes usados para infracciones ambientales.

3.3.6.2 Plan Galápagos 2030

El Consejo de Gobierno del Régimen Especial de la Provincia de Galápagos (CGREG) es el ente encargado de desarrollar el Plan para el Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial de Galápagos (PDSOT) “Plan Galápagos - 2030” [48]. Este plan pretende brindar una prospectiva de 10 años que se compone de cinco ejes. Los ejes del Plan Galápagos tienen como objetivo enfrentar problemáticas del archipiélago y fortalecer las potencialidades de la sociedad y de su entorno natural.

El Plan Galápagos 2030 es una herramienta de coordinación, articulación y planificación regional e institucional de todos los estratos del gobierno de la provincia. El plan considera particularidades ambientales, sociales y administrativas brindando autonomía política y financiera. Esto último establece al CGREG como la institución que toma las decisiones en el pleno conformado por los Gobiernos Autónomos Descentralizados y el Gobierno Central.

Adicionalmente, el Plan Galápagos 2030 cuenta con tres objetivos estratégicos para el desarrollo sustentable. Estos objetivos son:

- Promover la generación sostenible y el consumo eficiente.
- Propiciar la transición hacia un modelo energético de Cero Combustibles Fósiles.
- Ejecutar, dar seguimiento y garantizar el correcto cumplimiento, implementación y funcionamiento de los proyectos de energías renovables planificados y en curso.

Es importante mencionar que este plan se complementa con la Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos ya que ambos tienen como meta conseguir un desarrollo sustentable en las islas con base en fuentes de energía renovable. Además de promover un consumo energético responsable a través de la implementación de medidas que promuevan la eficiencia energética. Algunos proyectos planteados en el ámbito de la eficiencia energética son:

- Sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores.
- Programa RENOVA Refrigeradoras - Fase I el cual consiste en la sustitución de refrigeradoras ineficientes.
- Alumbrado público el cual pretende el reemplazo de lámparas ineficientes de alumbrado público.

4 DISEÑO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

4.1 JUSTIFICACIÓN DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

Las islas Galápagos se caracterizan por contar con un ecosistema único en el mundo. Esta condición provoca que el medioambiente sea frágil ante agentes externos. Adicionalmente, al tratarse de un grupo de islas ubicadas en medio del océano los recursos para el desarrollo normal de actividades requieren ser importados desde el continente.

La importación de recursos desde continente representa un peligro para el ecosistema de las Galápagos. En su gran mayoría los recursos importados están destinados a suplir las necesidades energéticas de las islas. Los principales productos llevados desde continente hacia las islas son combustibles fósiles que se usan para la movilidad, la cocción de alimentos y la generación de energía eléctrica.

Las actividades mencionadas son fundamentales en la vida cotidiana de los pobladores. Con esto en mente, resulta vital que los recursos se utilicen de manera responsable. El Gobierno Nacional ha impulsado varias iniciativas con este propósito. La más destacada es la *“Iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos”*.

La iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos tiene como objetivo desplazar el uso de combustibles promoviendo el uso de recursos naturales renovables. Galápagos cuenta con un buen nivel de radiación solar que puede ser aprovechado para la generación de energía eléctrica. Por otro lado, el gobierno propone la implementación de sistemas de generación eólica que aprovechen este recurso para abastecer de energía a los pobladores.

Si bien ambas propuestas reducen el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, las energías renovables son dependientes del factor climático. Esto conlleva un problema puesto que las centrales de generación proporcionarían energía limitada.

Debido a que la energía proporcionada por este tipo de centrales no es sólida, resulta vital que sea consumida de forma responsable. Una de las acciones más comunes para promover el uso responsable de energía es la eficiencia energética. Entonces, para

complementar la iniciativa Cero Combustibles Fósiles en Galápagos se requiere de un programa de eficiencia energética que reduzca el consumo de energía sin afectar el confort de los usuarios.

Adicionalmente, otras ventajas de la implementación de un programa de eficiencia energética en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz son:

- Aumento de la seguridad energética del archipiélago
- Reducción de los costos de producción de energía
- Reducción de los costos de importación de recursos
- Mitigación del cambio climático
- Conservación del ecosistema
- Preservación de los recursos naturales de las islas

4.2 BARRERAS EN UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

Las barreras son obstáculos que el programa de eficiencia energética debe superar para su correcta ejecución. Una mala gestión de las estrategias para superar las barreras puede derivar en una reducción de los impactos económicos y energéticos estimados. Es fundamental realizar un análisis que permita generar estrategias para superar las barreras.

El primer paso para generar dichas estrategias es identificar cuáles son las situaciones problemáticas existentes. La identificación de barreras consiste en la recolección de información de experiencias con programas anteriores y la opinión de las entidades ejecutoras.

El siguiente paso es la clasificación de las barreras identificadas. La clasificación consiste en definir categorías en las cuales se incluyan barreras con características similares. Los grupos resultantes de la categorización contribuyen al análisis de relaciones causales.

Como último paso se tiene el análisis de relaciones causales. Este análisis permite establecer estrategias para superar los obstáculos. Es importante mencionar que un programa que posea buenas estrategias para superar las barreras será un programa exitoso ya que cumplirá con los objetivos trazados.

4.2.1 MISIÓN GALÁPAGOS

La misión Galápagos consistió en la visita a las islas para mantener reuniones con las entidades interesadas en la implementación del plan. Estas entidades fueron:

- Gobierno Autónomo Descentralizado de la isla Santa Cruz
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la isla Isabela
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la isla San Cristóbal
- Agencias de ELECGALÁPAGOS de cada isla
- Parque Nacional Galápagos
- Dirección de Planificación de ELECGALÁPAGOS
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos

La visita a las islas tuvo tres objetivos:

1. Buscar la colaboración de los actores interesados en la implementación del programa para facilitar el acceso a la información para el planteamiento de proyectos de eficiencia energética.
2. Obtener información relevante con respecto a las barreras de experiencias anteriores, mecanismos de monitoreo utilizados y resultados alcanzados por programas previamente implementados.
3. Poner en conocimiento la ejecución de una encuesta para la caracterización de usos finales de la energía.

4.2.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BARRERAS EN EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

Con base en el segundo objetivo de la Misión Galápagos fue posible identificar las diferentes problemáticas que se presentaron a programas anteriores. La misión resultó ser una fuente de información importante en lo referente a este tema puesto que permitió conocer la situación actual de las islas. Adicionalmente, con las reuniones se obtuvo la percepción de los pobladores a la aplicación de un nuevo programa de eficiencia energética.

En la Tabla 4.1 se presentan las barreras clasificadas.

*Tabla 4.1. Clasificación de las barreras identificadas en las Islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz
[Elaboración Propia].*

Tipo de Barrera	Barrera
Barreras económicas, financieras y de mercado	Falta de instrumentos financieros
	Elevados costos de inversión
	Falta de competitividad de las energías renovables y medidas de eficiencia energética
	Escasos incentivos para el desarrollo de la Eficiencia Energética
	Omisión de beneficios adicionales de los programas de eficiencia energética
	Existe dificultad para la adquisición de tecnologías eficientes
Barreras políticas, legales y regulatorias	Insuficiente marco legal y regulatorio
	Bajo nivel de obligatoriedad
Barreras de fallas de la red	Existen procesos burocráticos que entorpecen la ejecución de proyectos
	Baja participación de los actores interesados en la toma de decisiones
Barreras de capacidad institucional y organizacional	Deficientes mecanismos para la generación y difusión de la información
	Falta de interés en temas relacionados a la eficiencia energética por parte de las instituciones públicas y privadas
	No existen suficientes centros dedicados al desarrollo y la investigación en el ámbito de la eficiencia energética.
Barreras de habilidades humanas	Elevado nivel de incertidumbre o desconfianza para la adopción de nuevas tecnologías
	Insuficientes especialistas para el servicio y mantenimiento de equipos
Barreras sociales y culturales	Baja participación de los potenciales beneficiarios
	Existe rechazo a la imposición de nuevas tecnologías
	Deficiente cultura que fomente las buenas prácticas y el uso racional de la energía
Barreras de información	Desconocimiento sobre temas relacionados con la eficiencia energética
	Insuficiente conocimiento sobre los programas la eficiencia energética
	Inadecuados mecanismos de retroalimentación para la evaluación de los resultados de las medidas de eficiencia energética
Barreras técnicas	Falta de instituciones dedicadas a la capacitación del personal para el mantenimiento de equipos

4.2.3 ANÁLISIS DE RELACIONES CAUSALES DE LAS BARRERAS EN EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SANTA CRUZ, ISABELA Y SAN CRISTÓBAL

4.2.3.1 Barreras económicas, financieras y de mercado

A continuación, en la tabla Tabla 4.2 se muestran las diferentes barreras económicas, financieras y de mercado que se identificaron en las islas.

Tabla 4.2. Barreras económicas, financieras y de mercado [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Falta de instrumentos financieros	Existe un presupuesto limitado para los estudios de eficiencia energética y por ende no hay una correcta implementación de los proyectos.	Durante la visita a las islas se constató que las instituciones como ELEGALÁPAGOS, GADs y CGREG cuentan con limitados recursos económicos. Esto produce que los recursos se destinen a otros proyectos considerados de mayor interés.
Elevados costos de inversión	La implementación de algunos programas de eficiencia energética lleva consigo altos costos de inversión puesto que requiere la sustitución de equipos ineficientes por equipos más eficientes.	Las tecnologías de eficiencia energética son generalmente costosas. De hecho, en el Ecuador continental ya se cuenta con elevados costos de inversión. Esto se acentúa en el archipiélago puesto que requiere que los equipos sean transportados a las islas incurriendo en gastos adicionales. Además, los pobladores de las islas deben esperar varios años para poder evidenciar los beneficios de sus inversiones en eficiencia energética.
Falta de competitividad de las energías renovables y medidas de eficiencia energética	Existen subsidios que fomentan el consumo de combustibles fósiles. Esto implica que están mal enfocados ya que no representan el precio real de la energía.	Los habitantes de islas Galápagos se benefician del acceso a combustibles fósiles como el GLP, gasolina y diésel a precios por debajo del valor internacional. Estos subsidios provocan que las energías renovables (solar y eólica) no sean lo suficientemente competitivas. Los subsidios a los combustibles derivan en que los precios pagados por los usuarios en la planilla eléctrica no reflejen el verdadero costo de la electricidad. Esta condición provoca que los pobladores no presenten suficiente interés en la eficiencia energética.
Escasos incentivos para el desarrollo de la eficiencia energética	Existen restricciones arancelarias que dificultan la adquisición de equipos eficientes.	A nivel nacional se aplicaron programas de sustitución de equipos eléctricos por otros más eficientes. De entre estos programas se destacan el Programa de Cocción Eficiente y el programa RENOVA. Si bien estos contaron con incentivos, con el tiempo estos fueron retirados y como consecuencia

		la transición a equipos más eficientes se desarrolló con menor intensidad.
Omisión de los beneficios adicionales de los programas de eficiencia energética	En varias ocasiones se evalúan los programas de eficiencia energética solo desde el aspecto económico omitiendo beneficios ambientales.	Las islas Galápagos cuentan con un sistema de generación predominantemente térmico. Esto provoca que la generación sea responsable de un alto nivel de emisiones de gases de efecto invernadero. Los programas de eficiencia energética reducen el consumo de energía lo que implica una reducción en la generación. Desde el punto de vista económico es posible que algunos programas no resulten atractivos puesto que no brindan beneficios económicos, pero sí beneficios ambientales que se ven reflejados en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
Existe dificultad para la adquisición de tecnologías eficientes	Estos equipos requieren ser importados lo que a su vez implica una mayor logística debido al transporte desde continente al archipiélago.	Ocasionalmente, el usuario requiere importar un equipo determinado desde el continente puesto que el archipiélago cuenta una oferta limitada de equipos eficientes. La importación implica una mayor dificultad en la adquisición.

4.2.3.2 Barreras políticas, legales y regulatorias

A continuación, en la tabla Tabla 4.3 se muestran las diferentes barreras políticas, legales y regulatorias que se identificaron en las islas.

Tabla 4.3. Barreras políticas, legales y regulatorias [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Insuficiente marco legal y regulatorio	La cadena de valor no incluye a la eficiencia energética de forma prioritaria.	La eficiencia energética no es tomada como un tema prioritario en los planes de desarrollo de las islas. Por ejemplo, el CGREG en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Galápagos incluye un apartado de eficiencia energética. Sin embargo, el apartado no es lo suficientemente desarrollado con respecto a su contenido.
Bajo nivel de obligatoriedad	No existen sistemas de monitoreo y control fortalecidos que verifiquen la aplicación de las normativas de eficiencia energética.	Los Gobiernos Autónomos Descentralizados no poseen jurisdicción en temas relacionados con la eficiencia energética. Esta condición provoca que estas entidades no puedan crear ordenanzas que regulen aspectos relativos a la eficiencia energética. Esto tiene como consecuencia un monitoreo prácticamente nulo. La falta de control contribuye al incumplimiento de los objetivos de los proyectos de eficiencia energética.

4.2.3.3 Barreras de fallas de la red

A continuación, en la tabla Tabla 4.4 se muestran las diferentes barreras de fallas de la red que se identificaron en las islas.

Tabla 4.4. Barreras de fallas de la red [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Existen procesos burocráticos que entorpecen la ejecución de proyectos	Existe una mala comunicación en entre instituciones del sector público.	Tal como ocurre a nivel nacional, las islas Galápagos ven entorpecidos sus proyectos debido a procesos burocráticos que interrumpen el correcto desarrollo, ejecución y aplicación de estos. El archipiélago debe esperar la aprobación de la entidad rectora (MERNNR) para la ejecución de un proyecto que luego debe ser analizado por el CGREG previo a su ejecución.
Baja participación de los actores interesados en la toma de decisiones	Los actores interesados en los proyectos de eficiencia energética suelen estar dispersos y mal organizados.	Como se conoce casi la totalidad del territorio de las islas es parte de una reserva protegida. Sin embargo, los representantes del Parque Nacional afirman que ellos no son tomados en cuenta en la discusión de proyectos para el archipiélago. Esto es un ejemplo de una baja participación por parte de ciertos interesados en un proyecto.

4.2.3.4 Barreras de capacidad institucional y organizacional

A continuación, en la tabla Tabla 4.5 se muestran las diferentes barreras de capacidad institucional y organizacional que se identificaron en las islas.

Tabla 4.5. Barreras de capacidad institucional y organizacional [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Deficientes mecanismos para la generación y difusión de la información	Las instituciones encargadas de la difusión no cuentan con los instrumentos adecuados que faciliten una apropiada transmisión de información a los usuarios.	Actualmente, Galápagos cuenta con campañas de difusión enfocadas al uso racional de la energía en el sector hotelero. Esto representa una buena iniciativa. Sin embargo, las campañas se ven limitadas únicamente a un segmento de la población.
Falta de interés en temas relacionados a la eficiencia energética por parte de las instituciones públicas y privadas	Las organizaciones se enfocan en el fortalecimiento de otras capacidades como la logística y económica.	En Galápagos las instituciones destinan los recursos al fortalecimiento de otras capacidades y a proyectos ajenos a la eficiencia. Esto evidencia que los programas de eficiencia energética no son catalogados como prioritarios.

No existen suficientes centros dedicados al desarrollo y a la investigación en el ámbito de la eficiencia energética.	Existe un bajo nivel de cultura de desarrollo e investigación.	El archipiélago no cuenta con una dirección especializada en el estudio de la eficiencia energética. Esto provoca que las propuestas de planes y programas requieran de la participación de instituciones externas para el diseño, desarrollo y ejecución de estos.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.2.3.5 Barreras de habilidades humanas

A continuación, en la tabla Tabla 4.6 se muestran las diferentes barreras de habilidades humanas que se identificaron en las islas.

Tabla 4.6. Barreras de habilidades humanas [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Elevado nivel de incertidumbre o desconfianza para la adopción de nuevas tecnologías	La población desconoce de los beneficios que puede conllevar la transición hacia una nueva tecnología.	Debido a falencias en proyectos previamente implementados, como el Programa de Cocción Eficiente y el RENOVA, existe cierta incertidumbre en los pobladores de las islas acerca los beneficios que la eficiencia energética puede traer consigo.
Insuficientes especialistas para el servicio y mantenimiento de equipos	No existen centros de capacitación de profesionales para el servicio de mantenimiento de equipos eléctricos.	Esta es una de las problemáticas más importantes a superar en la implementación de un programa. Una de las razones por la que los programas RENOVA y PEC (Cocción Eficiente) no fueron lo suficientemente exitosos es que las islas no cuentan con técnicos que puedan reparar los equipos en caso de que sufran daños. Esta situación obligó a que los usuarios envíen los equipos a continente para su reparación.

4.2.3.6 Barreras sociales, culturales y de comportamiento

A continuación, en la tabla Tabla 4.7 se muestran las diferentes barreras sociales, culturales y de comportamiento que se identificaron en las islas.

Tabla 4.7. Barreras sociales, culturales y de comportamiento [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Baja participación de los potenciales beneficiarios	Existe desconfianza en los programas de eficiencia energética. Los usuarios se enfocan únicamente en los	Debido a proyectos que fueron desarrollados en el pasado y no tuvieron el impacto deseado, los habitantes de las islas tienen desconfianza en los beneficios que un programa de eficiencia energética puede brindar.

	beneficios a corto plazo de la eficiencia energética.	Por otro lado, la población en el archipiélago prefiere no participar de los programas de eficiencia energética debido a que los beneficios del programa no se evidencian inmediatamente.
Existe rechazo a la imposición de nuevas tecnologías	Existe una costumbre de uso de combustibles fósiles y por ende una resistencia a la adopción de nuevas tecnologías.	En las islas Galápagos las nuevas tecnologías son vistas como extrañas y poco confiables. Esto ocurre debido a que algunos equipos catalogados como artefactos de tecnología de vanguardia sufrieron daños debido a la baja calidad de energía proveniente de la red eléctrica. Este es el caso las cocinas de inducción y equipos de refrigeración.
Deficiente cultura que fomente las buenas prácticas y el uso racional de la energía	No se promueven suficientes campañas de concientización enfocadas al uso racional de energía.	Para las islas Galápagos se tiene que los pobladores si cuentan con una cultura de respeto al medioambiente. No obstante, esta debe ser fortalecida y enfocada desde el punto de vista del uso racional de la energía.

4.2.3.7 Barreras de información

A continuación, en la tabla Tabla 4.8 se muestran las diferentes barreras de información que se identificaron en las islas.

Tabla 4.8. Barreras de información [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Desconocimiento sobre temas relacionados con la eficiencia energética	No existe un buen nivel de enseñanza referente a la eficiencia energética.	El archipiélago carece de campañas de capacitación que enseñen a los pobladores conocimientos básicos sobre la eficiencia energética. Esto provoca que los pobladores confundan ciertos términos como ahorro de energía, eficiencia energética, energías alternativas, energías renovables, etc.
Insuficiente conocimiento sobre los programas la eficiencia energética	Las campañas de difusión utilizan términos que pueden resultar extraños para el público en general.	Las campañas de difusión en las islas Galápagos se han enfocado a mostrar los beneficios de las medidas de eficiencia energética con términos técnicos. Por ejemplo, los ahorros en kWh. Estos términos pueden no ser entendidos por la mayoría de personas puesto que se trata de un lenguaje especializado.
Inadecuados mecanismos de retroalimentación para la evaluación de los resultados	Los mecanismos de seguimiento de los resultados del programa de eficiencia	Las entidades ejecutoras de los proyectos en las islas Galápagos no cuentan con sistemas de monitoreo adecuado para realizar una

de las medidas de eficiencia energética	energética no son fiables.	evaluación del éxito o el fracaso de las medidas de eficiencia energética adoptadas.
-----------------------------------------	----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

4.2.3.8 Barreras técnicas

A continuación, en la tabla Tabla 4.9 se muestran las diferentes barreras técnicas que se identificaron en las islas.

Tabla 4.9. Barreras técnicas [Elaboración Propia].

Barrera	Causa	Situación en Galápagos
Falta de instituciones dedicadas a la capacitación del personal para el mantenimiento de equipos	Existen restricciones de libre movilidad y desempeño de actividades.	En el territorio de las islas existen restricciones laborales y de tránsito que dificultan que el personal especializado desempeñe labores de capacitación.

4.3 CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

4.3.1 EXPERIENCIAS ANTERIORES DE ENCUESTAS APLICADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES

4.3.1.1 Consultoría para estudio de demanda en el sector residencial y usos finales de energía a nivel nacional.

En el año 2016, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) aplicó una encuesta que formó parte del Programa de Usos Finales de Energía (PUFE). Este tuvo como objetivo caracterizar el uso final de la energía en el sector residencial y comercial a nivel nacional. El objetivo de la encuesta fue recabar información para ejecutar proyectos de eficiencia energética y se aplicó en distintas ciudades del país de entre las cuales se destaca Quito, Guayaquil, Cuenca, Loja, Machala, Santa Elena, Lago Agrio y las Islas Galápagos.

El tamaño de la muestra en [49] para el estudio en las Islas Galápagos fue de 150 para el sector comercial y de 500 para el sector residencial según cifras proporcionadas en el informe de resultados de esta consultoría. El nivel de confianza para esta muestra fue del 95% con un error no superior al 5%. Por otra parte, durante esta consultoría se dividió a los consumidores residenciales y comerciales en rangos de consumo.

La encuesta recabó información relacionada con los equipos eléctricos que se usan en el archipiélago, especialmente información relacionada con las características técnicas de

estos. Además, se obtuvo información sobre el tiempo de uso de los equipos, el periodo del día en que estos son usados y su consumo efectivo. Los equipos analizados corresponden a iluminación, refrigeración, acondicionamiento de aire, limpieza (lavadora y secadora de ropa), entretenimiento (radio y TV) y calentamiento de agua.

En la Tabla 4.10 se muestran la cantidad de encuestas aplicadas en el sector residencial mientras que la Tabla 4.11 presenta el sector comercial.

Tabla 4.10. Tamaño de la muestra para el sector residencial [49].

Cantón	Estratos de Consumo [kWh/mes]						Muestra Total
	0-50	51-130	131-250	251-500	501-1000	> 1000	
Santa Cruz	38	82	82	40	10	0	252
San Cristóbal	22	49	49	30	0	0	150
Isabela	18	36	36	19	0	0	98
Total	75	163	163	89	10	0	500

Tabla 4.11. Tamaño de la muestra para el sector comercial [49].

Cantón	Estratos de Consumo [kWh/mes]						Muestra Total
	0-50	51-130	131-250	251-500	501-1000	> 1000	
Santa Cruz	14	13	19	17	0	0	69
San Cristóbal	15	13	12	12	0	0	52
Isabela	11	10	8	0	0	0	19
Total	40	36	36	29	0	0	150

Adicionalmente, en la Figura 4.1 y la Figura 4.2 se muestran las curvas de demanda y la matriz de usos finales del sector residencial y comercial respectivamente.

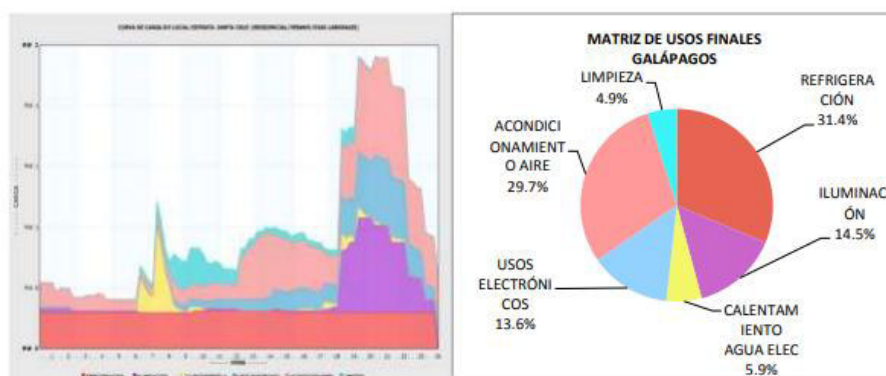


Figura 4.1. Matriz de usos finales de energía eléctrica en el sector residencial [49].

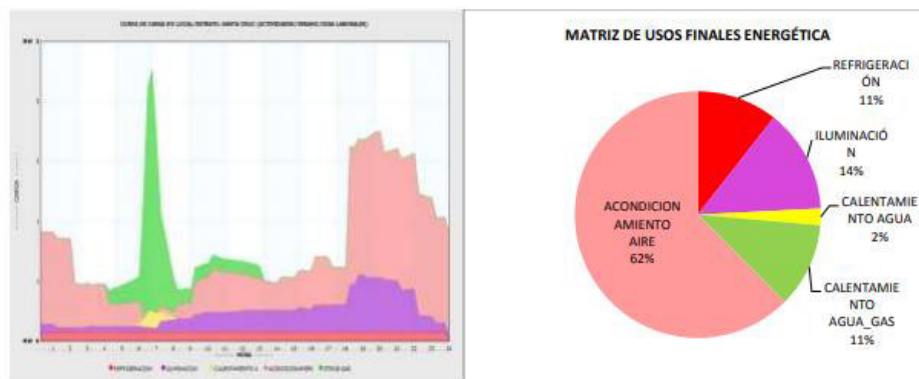


Figura 4.2. Matriz de usos finales de energía eléctrica en el sector comercial [49].

4.3.1.2 Usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca escenarios al año 2015

Martínez en [16] usó dos métodos de recopilación de información, mediciones y la aplicación de encuestas. El estudio realizó mediciones a 286 usuarios finales. Por otro lado, la encuesta se encargó de la obtención de información sobre la cantidad de equipos eléctricos presentes en la instalación de cada cliente, los patrones de consumo (periodo y frecuencia de uso) de los aparatos y la antigüedad de estos.

Para la caracterización de usos finales de la energía se establecieron categorías donde se agrupan los equipos eléctricos. Estas categorías fueron:

- Iluminación
- Refrigeración
- Cocción de alimentos
- Calentamiento de Agua
- Ventilación
- Audio y video.
- Otros

Para obtener un mayor grado de afinación en los resultados de la encuesta, se realizó una clasificación de los usuarios con base en el consumo mensual de energía. Se procuró que todos los grupos posean el mismo número de usuarios. La cantidad total de clientes fue de 77 879 que se distribuyeron en cinco estratos como se muestra en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Estratos de consumo para el estudio de usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca [16].

Sector residencial urbano Cuenca			
Estrato	Rango [kWh/mes]	Frecuencia	%
N1	1 – 68	15568	19.99
N2	69 – 108	15178	19.49
N3	109 – 151	15828	20.32
N4	152 – 213	15659	20.11
N5	214 – 5066	15646	20.09
TOTAL		77879	100.00

Para mostrar el análisis obtenido como resultado se muestran únicamente los datos el estrato 1 correspondiente a los consumidores de hasta 68 kWh/mes. La Figura 4.3 y la Figura 4.4 corresponden a la curva de demanda diaria y a la matriz de usos finales de los resultados producto de las mediciones.

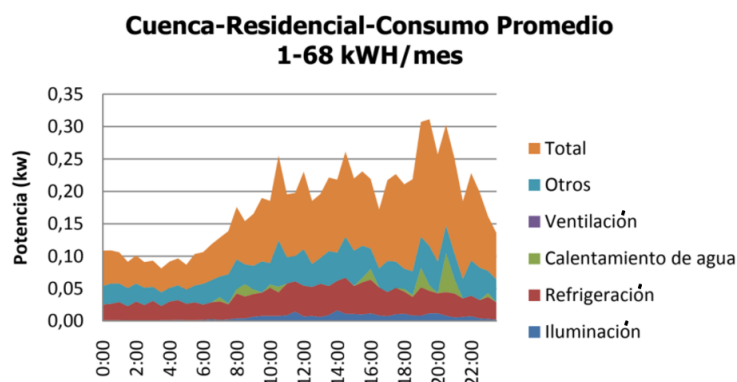


Figura 4.3. Curva de demanda diaria con mediciones para usuarios del estrato N1 en el sector residencial para el estudio de usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca [16].

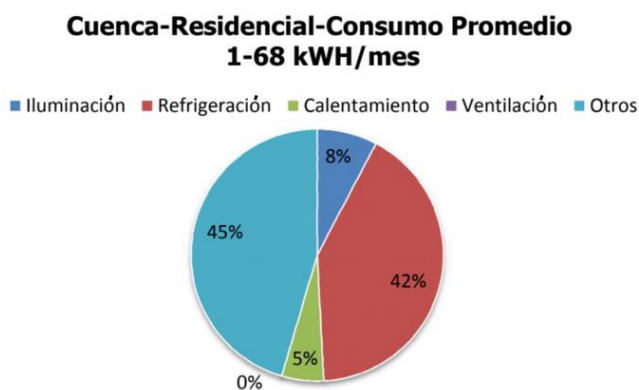


Figura 4.4. Distribución del consumo promedio de energía eléctrica con mediciones para usuarios del estrato N1 en el sector residencial para el estudio de usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca [16].

Por otra parte, los resultados obtenidos de las encuestas proporcionan información sobre las diferentes categorías usando los patrones de consumo obtenidos como resultado del análisis de las respuestas de la encuesta. En la Figura 4.5 se muestra la curva de demanda diaria mientras que en la Figura 4.6 se presenta la matriz usos finales.

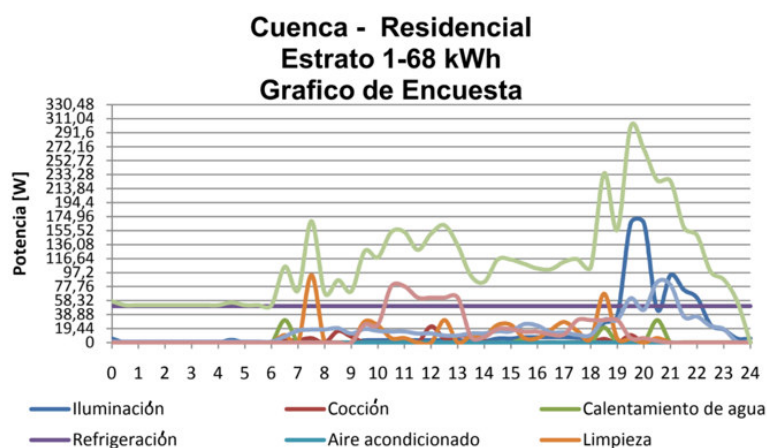


Figura 4.5. Curva de demanda diaria con encuesta para usuarios del estrato N1 en el sector residencial para el estudio de usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca [16].

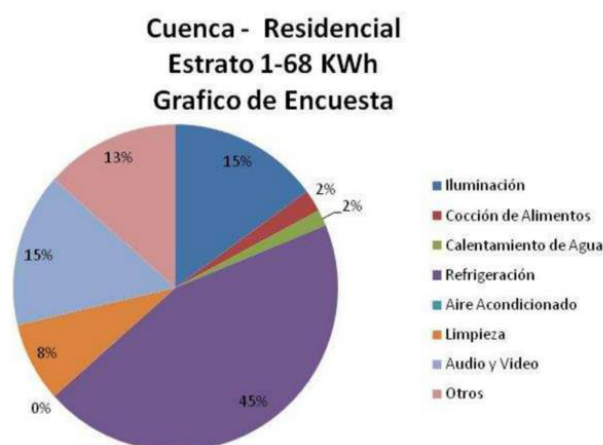


Figura 4.6. Distribución del consumo promedio de energía eléctrica con encuesta para usuarios del estrato N1 en el sector residencial para el estudio de usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca [16].

4.3.2 MÉTODO DE APLICACIÓN PARA EL CASO DE ESTUDIO

Para el caso de estudio se selecciona al método Bottom-Up como metodología de caracterización de los usos finales de la energía. El método Bottom-Up se elige debido a que es la metodología que mejor se adapta a las necesidades del caso de estudio. Esto es así ya que el presente estudio requiere obtener información detallada a partir de datos sumamente específicos. Además, este método presenta las mayores ventajas ya que permite construir un escenario macro con base en información muy detallada.

El método que se aplica en el caso de estudio corresponde al método ingenieril ya que cuenta con las técnicas más adecuadas para los requerimientos del estudio, las mismas que son la técnica de distribución, la técnica de arquetipos y la técnica de muestras. Es importante mencionar que las tres técnicas en conjunto pueden ser aplicadas y desarrolladas a través de una encuesta a los consumidores finales de energía.

Por ejemplo, la técnica de muestras es la que posibilita la obtención de datos de un pequeño grupo de usuarios pertenecientes a un universo de consumidores. Entonces, esta técnica resulta vital para definir a la cantidad de usuarios a los cuales se debe aplicar la encuesta para obtener la información requerida para el estudio.

Por otro lado, la técnica de arquetipos permite clasificar a los consumidores de energía eléctrica en las islas con base en parámetros como el sector al que pertenecen, a los estratos de consumo de energía, a la isla a la que el usuario pertenece, etc. Aplicar una encuesta para diferenciar usuarios con distintos parámetros, permitirá caracterizar con mayor detalle el consumo de energía eléctrica de las islas.

Finalmente, la técnica de distribución permite identificar la cantidad de equipos que un usuario posee. Entonces, la encuesta obtiene la información requerida por el estudio a través de la implementación de preguntas relacionadas a los equipos eléctricos que sean de interés para el para la caracterización del uso final de la energía.

4.3.3 DISEÑO DE UNA ENCUESTA PARA LOS USUARIOS DE LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS

En este documento, el objetivo de la aplicación de una encuesta es obtener información que contribuya a la caracterización de usos finales de la energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Adicionalmente, los datos obtenidos permiten identificar los potenciales equipos eléctricos a los cuales resulta atractivo aplicar un programa de eficiencia energética. Por otro lado, la encuesta evidencia los patrones de consumo de energía en el archipiélago. Esto permite definir recomendaciones en los hábitos de consumo para maximizar el ahorro energético.

La encuesta se diseñó en la plataforma Google Forms. El cuestionario incluye preguntas simples que se enfocan únicamente a la recopilación de información relacionada con los equipos eléctricos, hábitos de consumo y datos básicos del usuario.

Dentro de los primeros apartados de la encuesta se formulan preguntas que buscan obtener información básica sobre los consumidores. Por ejemplo, se solicita al usuario que

ingrese su Código Único Eléctrico Nacional, su número de cédula de identidad, la isla de residencia, el tipo de consumidor (residencial o comercial), información básica sobre su vivienda o comercio, etc.

Dado que el objetivo de la encuesta es recopilar información sobre los equipos eléctricos, la encuesta consta con un apartado que pregunta al usuario sobre distintos equipos que usualmente una vivienda o comercio posee. Este apartado se divide en varias secciones a las cuales el usuario puede acceder dependiendo de sus respuestas. Estas secciones corresponden a distintas categorías en las cuales se clasificaron los electrodomésticos.

Adicionalmente, la encuesta cuenta con un apartado de eficiencia energética y energías renovables donde el usuario debe responder preguntas relacionadas con el conocimiento de las fuentes de energía renovable, así como la eficiencia energética. Este apartado tiene como objetivo identificar el conocimiento que los usuarios de energía poseen sobre estos temas.

4.3.3.1 Categorías consideradas en la encuesta para la clasificación de equipos

Durante el estudio se plantean 9 categorías separadas de la siguiente manera:

- **Iluminación:** Dentro de esta categoría se agrupan equipos como lámparas incandescentes, fluorescentes y LEDs.
- **Cocción de alimentos:** Esta clase reúne los electrodomésticos que son usados para la cocción de alimentos. Aquí se encuentran equipos como hornos microondas y cocinas de inducción.
- **Calentamiento de agua:** En la categoría se cuenta con los equipos que se encargan de calentar el agua como duchas eléctricas y calefones.
- **Refrigeración:** En esta sección se consideran equipos que usualmente están conectados a la red permanentemente. Dentro de la refrigeración se tienen electrodomésticos como las refrigeradoras y congeladores.
- **Limpieza:** Aquí se puede encontrar equipos relacionados con la limpieza de los hogares y los comercios como las lavadoras de ropa y secadoras de ropa.
- **Ventilación y climatización:** Esta categoría cuenta con equipos que se encargan de la regulación de la temperatura en interiores. Por ejemplo, los aires acondicionados y los ventiladores.
- **Audio y video:** Esta clase cuenta con aquellos equipos destinados al entretenimiento como lo son los televisores.

- **Movilidad:** La categoría de movilidad incluye vehículos eléctricos que requieren conexión a la red para cargarse. Ejemplos de estos equipos son los automóviles, motocicletas y scooters (patinetes) eléctricos.
- **Otros:** Esta categoría fue incorporada para incluir aquellos equipos que no encajaban en ninguna de las categorías anteriores. Aquí podemos encontrar las bombas de agua.

Se recopila información de los equipos mencionados en cada una de las categorías a través de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos/as (Equipos) tiene usted?
2. ¿Qué días utiliza usted el equipo?
3. ¿Cuál es la hora más probable en que use el equipo?
4. ¿Cuántos minutos/horas permanece encendido el equipo?

Sin embargo, algunos equipos requirieron información más detallada como el tamaño o la capacidad del electrodoméstico (lavadoras, secadoras y refrigeradores) ya que esta influye en la potencia nominal del mismo. Así mismo para las cocinas de inducción se consulta a los usuarios la cantidad de quemadores que estas poseen. Además, se pregunta sobre la antigüedad de los equipos.

Es importante mencionar que para algunos equipos se evita preguntar sobre el periodo del día en que son usados ya que comúnmente pasan conectados en todo momento. Este es el caso de los refrigeradores y congeladores.

4.3.3.2 Descripción de las preguntas tipo en la encuesta aplicada en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos

A continuación, se muestra una de las secciones de la encuesta con una descripción rápida de la pregunta estableciendo el propósito que tiene en la investigación.

En la Figura 4.7 se muestra una pregunta de tipo cerrada. Esta consulta al encuestado si posee cocinas de inducción. El propósito de la pregunta es identificar la posesión del equipo. Es importante mencionar *que en caso de responder que "No" el encuestado no puede acceder al resto de la sección pues no tiene sentido realizar más preguntas sobre un equipo que no tiene.*

2. Cocinas de Inducción

¿Tiene usted cocinas de inducción? *

Sí

No

Figura 4.7. Ejemplo de pregunta tipo cerrada [Elaboración Propia].

Si el encuestado brinda una respuesta afirmativa a la pregunta de posesión del equipo la encuesta despliega el resto de preguntas relacionadas con ese electrodoméstico. A continuación, en la Figura 4.8 y la Figura 4.9 se muestran preguntas abiertas. Estas preguntas pretenden definir la cantidad de equipos que se poseen y en algunos casos información relacionada sobre características de los equipos. Esta información resulta útil ya que permite estimar la potencia que consume este tipo de equipos en la instalación del abonado.

Detalle: Cocinas de Inducción

¿Cuántas cocinas de inducción tiene usted? *

Tu respuesta

Figura 4.8. Ejemplo 1 de pregunta tipo abierta [Elaboración Propia].

Detalle: Cocinas de Inducción

¿Cuántos quemadores tienen? *

Tu respuesta

Figura 4.9. Ejemplo 2 de pregunta tipo abierta [Elaboración Propia].

Adicionalmente, el encuestado debe responder preguntas de opción múltiple. Estas se muestran en la Figura 4.10 y la Figura 4.11. Las preguntas están destinadas a obtener datos para identificar los patrones de consumo con el equipo eléctrico en cuestión. Aquí se consulta los días de la semana en que los equipos son usados además de los periodos del día en que estos se encuentran funcionando.

¿Qué días utiliza los equipos? *

- Todos los días
- Lunes
- Martes
- Miércoles
- Jueves
- Viernes
- Sábado
- Domingo

Figura 4.10. Ejemplo 1 de pregunta tipo selección múltiple [Elaboración Propia].

¿En qué periodos del día se presenta el mayor uso de estos equipos? *

- Mañana
- Media mañana
- Medio día
- Media tarde
- Noche

Figura 4.11. Ejemplo 2 de pregunta tipo selección múltiple [Elaboración Propia].

Finalmente, complementando las preguntas anteriores se tiene nuevamente una consulta de tipo abierto en la que el usuario debe responder la cantidad de tiempo que el equipo permanece encendido. Esto con el fin de complementar el estudio de los patrones de consumo. La pregunta se muestra la Figura 4.12.

¿Cuántos minutos al día permanece encendido el equipo? *

Tu respuesta _____

Figura 4.12. Ejemplo 3 de pregunta tipo abierta [Elaboración Propia].

Toda la información adquirida de la encuesta contribuye a la construcción de las curvas de demanda diaria con la segregación de cada uno de los equipos. Esto permite definir el uso final que cada consumidor le da a la energía eléctrica. Adicionalmente, la encuesta arroja resultados que contribuyen a identificar los electrodomésticos con potencial de ahorro.

La encuesta para la caracterización de usos finales de la energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos en el ANEXO A.

4.3.4 ESTRATIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES DE LAS ISLAS SANTA CRUZ, ISABELA Y SAN CRISTÓBAL DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS

ELECGALAPAGOS en [50] afirma que las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz cuentan con un total de 9 755 clientes residenciales y 2 088 clientes comerciales. Estos datos corresponden al catastro del año 2019 ya que es el último año que el sistema eléctrico operó en condiciones normales previo la pandemia de COVID-19.

Como se mencionó anteriormente, para el cálculo del tamaño de la muestra se recomienda que en caso de tener universos con más de 200 elementos se opte por un aplicar un método estratificado. Siguiendo la recomendación, en la Tabla 4.13 y en la Tabla 4.14 se presentan las clasificaciones por estratos del sector residencial y comercial respectivamente.

Tabla 4.13. Estratos de consumo para clientes residenciales [Elaboración Propia].

Categoría	Escala de consumo en kWh/mes	Cantidad de consumidores
1	Menor a 100	3050
2	101 – 200	2864
3	201 – 300	1532
4	301 – 600	1602
5	601 – 1000	540
6	Mayor a 1000	167

Tabla 4.14. Estratos de consumo para clientes comerciales [Elaboración Propia].

Categoría	Escala de consumo en kWh/mes	Cantidad de consumidores
1	Menor a 3000	1956
2	3001 – 15000	121
3	15001 – 40000	9
4	Mayor a 40000	2

4.3.5 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS

4.3.5.1 Método basado en la Regulación CONELEC – 007/08

Para la aplicación de este método en primer lugar es necesario definir los parámetros Z (Relacionado con el nivel de Confianza) y D (Margen de error). Para el caso de este estudio se establece que el nivel de confianza es del 95% y el margen de error es del 6%. Por otro lado, se tiene que P tiene un valor de 0,5 como recomienda la regulación y el N_{Com} es de 2 088 mientras que el N_{Res} es de 9 755.

Entonces:

$$100\% - \alpha = 95\%$$

$$\alpha = 100\% - 95\%$$

$$\alpha = 5\%$$

$$\frac{\alpha}{2} = 2,5\%$$

$$Z_{\alpha/2} = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$Z_{\alpha/2} = 1 - 0,025$$

$$Z_{\alpha/2} = 0,975$$

Verificando las tablas de distribución normal del ANEXO B se tiene que para un $Z_{\alpha/2}=0,975$ el valor del parámetro Z es 1,96. Con la Ecuación 2.5 del método de la regulación se obtiene para el sector comercial alrededor de 237 encuestas.

$$n_{Com} = \frac{0.5(1 - 0.5)}{\frac{0.06^2}{1.96^2} + \frac{0.5(1 - 0.5)}{2088}}$$

$$n_{Com} = 236.55 \approx 237$$

Por otro lado, para el sector residencial se obtiene un tamaño de muestra de 260 encuestas.

$$n_{Res} = \frac{0.5(1 - 0.5)}{\frac{0.06^2}{1.96^2} + \frac{0.5(1 - 0.5)}{9755}}$$

$$n_{Res} = 259.68 \approx 260$$

4.3.5.2 Método de Asignación Proporcional

Para aplicar el método de asignación proporcional se requiere usar la técnica de la muestra piloto. En la Tabla 4.13 y la Tabla 4.14 se encuentran los elementos de ambos universos estratificados.

Luego se establecen los parámetros del error muestral y el nivel de confianza. Al igual que el método anterior se establecen los mismos valores del 6% para el error muestral y el 95% del nivel de confianza. Como se indica en el apartado anterior un nivel de confianza del 95% define que el parámetro Z sea 1,96. Adicionalmente, para aplicar la técnica se requiere definir un porcentaje de tamaño para esta. En este caso se elige un valor del 15%. La Tabla 4.15 presenta los parámetros seleccionados de manera más resumida.

Tabla 4.15. Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra a través del método de Asignación Proporcional. [Elaboración Propia].

Parámetros	Valor
Nivel Confianza	95%
Z	1,96
Error	6%
Porción para Muestra Piloto	15%
Tamaño Muestra Piloto	314

Posteriormente, se establece el peso de cada uno de los estratos con respecto al total de elementos del universo. Este documento presenta sólo el ejemplo de cálculo para el sector comercial. La totalidad de cálculos correspondientes al sector residencial y comercial se presentan en el ANEXO C y el ANEXO D respectivamente. En la Tabla 4.16 se muestra el porcentaje de peso de cada uno de los estratos del sector residencial.

Tabla 4.16. Porcentaje de peso de los estratos del sector comercial [Elaboración Propia].

Estrato [h]	Población [Nh]	Proporción [W]
1	1956	93,68%
2	121	5,80%
3	9	0,43%
4	2	0,10%
TOTAL	2088	100%

Con el valor del tamaño de la muestra piloto definido, es necesario distribuir este en cada estrato tomando en cuenta el peso de cada uno de ellos. Es importante mencionar que los

valores inicialmente están aproximados al entero más cercano (Columna “Muestra Piloto Sin Ajuste”). Estos datos requieren ser aproximados al entero superior para garantizar de esta forma que al menos existan dos elementos por estrato. Los valores se presentan en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17. Tamaño de la muestra piloto para los estratos del sector comercial [Elaboración Propia].

Estrato [h]	Proporción [W]	Muestra Piloto Sin Ajuste	Muestra Piloto Con Ajuste
1	93,68%	294	295
2	5,80%	18	19
3	0,43%	1	2
4	0,10%	1	2
TOTAL	100%	314	318

Una vez establecidos los valores de la muestra piloto de cada estrato se elige al azar tantos elementos como se especifique en la muestra piloto. Por ejemplo, el estrato 3 posee una población total de 9 elementos de los cuales deben seleccionarse únicamente 2. En la Tabla 4.18 se muestran el total de elementos del universo mientras que los dos elementos seleccionados se muestran en la Tabla 4.19. Este procedimiento se realiza para todos los estratos.

Tabla 4.18. Total de elementos del sector comercial [Elaboración Propia].

Cliente N.º	Cédula Abonado	Energía
1	1768150000000	26601
2	1790990000000	39900
3	1768150000000	36638
4	2091710000000	28641
5	2090000000000	22399
6	2090000000000	20300
7	9926240000000	17876
8	9924480000000	17640
9	9914400000000	15766

Tabla 4.19. Elementos del estrato 3 para la muestra piloto del sector comercial [Elaboración Propia].

Estrato 3 (15001-40000)		
N.º Cliente	Número Aleatorio	Consumo
1	7	17876
2	5	22399

Con los datos de la Tabla 4.19 del consumo se calcula el promedio y la varianza correspondientes a cada uno de los estratos.

Tabla 4.20. Promedio y varianza para cada estrato [Elaboración Propia].

Estrato [h]	Muestra Piloto	Promedio [xh]	Varianza [Sh ²]
1	295	669,93	490802,85
2	19	5541,58	6946392,15
3	2	20137,50	10228764,50
4	2	61530,00	163081800,00
TOTAL	318		

Finalmente, se calculan los parámetros X_{st} y E usando la Ecuación 2.6 y Ecuación 2.7 respectivamente.

$$X_{st} = 93.68\% * 669,93 + 5.80\% * 5541,58 + 0.43\% * 20137,50 + 0.10\% * 61530,00$$

$$X_{st} = 1094,45$$

$$E = 6\% * 1094,45$$

$$E = 65,67$$

Con los parámetros X_{st} y E se finaliza el procedimiento del cálculo de la técnica muestra piloto. Ahora se procede a calcular la muestra según el método de la asignación proporcional. Los datos del sector residencial y comercial se presentan en la Tabla 4.21 y la Tabla 4.22 respectivamente. El tamaño de la muestra se calcula de la siguiente forma:

Tabla 4.21. Resultado de la muestra piloto para el sector residencial [Elaboración Propia].

Estrato [h]	Población [Nh]	Proporción [W]	Muestra Piloto	Promedio [xh]	Varianza [Sh ²]
1	3050	31,27%	458	46,77	918,52
2	2864	29,36%	430	146,71	835,08
3	1532	15,70%	230	247,75	805,16
4	1602	16,42%	240	411,56	6400,76
5	540	5,54%	81	777,89	12099,10
6	167	1,71%	25	1189,76	29070,86
TOTAL	9755		1464		

Tabla 4.22. Resultado de la muestra piloto para el sector comercial [Elaboración Propia].

Estrato [h]	Población [Nh]	Proporción [W]	Muestra Piloto	Promedio [xh]	Varianza [Sh ²]
1	1956	93,68%	295	669,93	490802,85
2	121	5,80%	19	5541,58	6946392,15

3	9	0,43%	2	20137,50	10228764,50
4	2	0,10%	2	61530,00	163081800,00
TOTAL	2088		318		

Con base en la Ecuación 2.8 se establece el tamaño total de la muestra requerido para la asignación proporcional. El tamaño de la muestra para el sector residencial es 748, mientras que el tamaño de la muestra para el sector comercial es de 2 021.

Finalmente, el tamaño de la muestra de cada sector se distribuye en cada uno de los estratos con base en el peso de cada uno. La distribución se muestra en la Tabla 4.23 y Tabla 4.24.

Tabla 4.23. *Tamaño de la muestra para el sector residencial con el método de Asignación Proporcional [Elaboración Propia].*

Estrato [h]	Proporción [W]	Asignación Proporcional
1	31,27%	234
2	29,36%	220
3	15,70%	117
4	16,42%	123
5	5,54%	41
6	1,71%	13
TOTAL		748

Tabla 4.24. *Tamaño de la muestra para el sector comercial con el método de Asignación Proporcional [Elaboración Propia].*

Estrato [h]	Proporción [W]	Asignación Proporcional
1	93,68%	1 893
2	5,80%	117
3	0,43%	9
4	0,10%	2
TOTAL		2 021

4.3.5.3 Método de Asignación de Neyman

Este método también requiere aplicar la técnica de muestra piloto. Por ello, se utiliza los datos calculados previamente. Estos datos se presentan en la Tabla 4.21 y Tabla 4.22 (datos promedio y varianza). A diferencia de la asignación proporcional se calcula el valor E_h de forma independiente para cada estrato aplicando la Ecuación 2.7.

Posteriormente, se usa la Ecuación 2.9 para establecer el valor preliminar de la asignación de Neyman. Los resultados se muestran en la Tabla 4.25 y en la Tabla 4.26.

Tabla 4.25. Resultados preliminares del método de asignación de Neyman para el sector residencial
[Elaboración Propia].

Estrato [h]	Promedio [xh]	Varianza [Sh2]	Eh	noh
1	46,77	918,52	2,81	140,107247
2	146,71	835,08	8,80	12,1553471
3	247,75	805,16	14,87	2,19829804
4	411,56	6400,76	24,69	6,6223708
5	777,89	12099,10	46,67	1,18112009
6	1189,76	29070,86	71,39	0,3751785

Tabla 4.26. Resultados preliminares del método de asignación de Neyman para el sector comercial
[Elaboración Propia].

Estrato [h]	Promedio [xh]	Varianza [Sh2]	Eh	noh
1	669,93	490 802,85	40,20	1093,18425
2	5 541,58	6 946 392,15	332,49	13,9880368
3	20 137,50	10 228 764,50	1 208,25	0,11602023
4	61 530,00	163 081 800,00	3 691,80	0,0440292

Una vez calculados los tamaños de muestra n_{oh} preliminares para cada estrato se realiza un ajuste a los mismos a través de la Ecuación 2.10. Los resultados se presentan en la Tabla 4.27 para el sector residencial y en la Tabla 4.28 para el sector comercial.

Tabla 4.27. Tamaño de la muestra para el sector residencial con el método de Asignación de Neyman
[Elaboración Propia].

Estrato [h]	Población [Nh]	Asignación Neyman
1	3 050	134
2	2 864	13
3	1 532	3
4	1 602	7
5	540	2
6	167	1
TOTAL	9 755	160

Tabla 4.28. *Tamaño de la muestra para el sector comercial con el método de Asignación de Neyman [Elaboración Propia].*

Estrato [h]	Población [Nh]	Asignación Neyman
1	1 956	702
2	121	13
3	9	1
4	2	1
TOTAL	2 088	717

4.3.6 SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA EL TAMAÑO DE LA MUESTRA

En la Tabla 4.29 se presentan los tamaños de muestra para ambos sectores con la aplicación de los tres métodos.

Tabla 4.29. *Tamaños de muestra para los sectores residencial y comercial con diferentes métodos de cálculo de tamaño de muestra [Elaboración Propia].*

Método	Tamaño de muestra Residencial	Tamaño de muestra Comercial
CONELEC 007/08	260	237
Asignación Proporcional	748	2021
Asignación de Neyman	160	717

En apartados anteriores se especifica que un muestreo aleatorio estratificado presenta mayores ventajas que un muestreo aleatorio simple. Sin embargo, para este caso de estudio se escoge un método aleatorio simple como lo es aquel basado en la regulación CONELEC 007/08. La razón principal por la cual se usa este método es que presenta menores tamaños de muestra.

Otra razón por la cual se opta por el método es que en el caso del sector comercial prácticamente el 94% de los consumidores se encuentran dentro del estrato 1. Esto provoca que una estratificación en este sector sea inútil. En lo referente al sector residencial se utiliza el método CONELEC 007/08 debido a que la asignación proporcional entrega un tamaño de muestra demasiado grande que dificulta en gran medida la aplicación de la encuesta. Mientras que la asignación de Neyman entrega un tamaño muy bajo que puede no contar con una representatividad adecuada. Además, otro aspecto negativo de la distribución con la asignación de Neyman es que el tamaño de muestra es desbalanceado.

4.3.7 RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

Además de la información referente a los equipos y sus características de consumo, también se recopiló información general relacionada con el conocimiento de energías renovables y eficiencia energética. Esto con el objetivo de determinar si es recomendable el desarrollo campañas de fortalecimiento del conocimiento en estos temas. Estas campañas pueden contribuir a que la población de las islas tenga una mejor comprensión acerca de los conceptos y los beneficios que implica el uso de energías limpias.

Con los resultados de las encuestas, se determinó que el 46% de los encuestados tiene conocimiento sobre el funcionamiento de la energía solar térmica, el 67 % sobre la energía solar fotovoltaica, el 73,7 % sobre la energía eólica y el 11,7 % no tenía conocimiento sobre estas energías. Estos resultados de muestran en la Figura 4.13.

¿Cuáles de las siguientes energías renovables conoce usted?

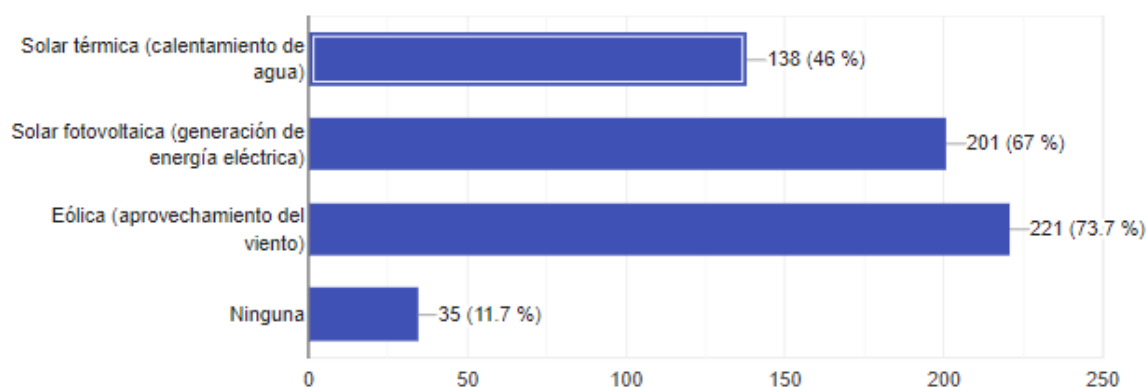


Figura 4.13. Conocimiento de energías renovables de los consumidores de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

Del mismo modo, en la Figura 4.14 se observa que el 9,3 % hace uso de la energía solar térmica con el objetivo de producir agua caliente sanitaria, el 14,7 % usa la energía solar fotovoltaica con el objetivo de generar energía eléctrica, el 9,7 % hace uso de la energía eólica y el 74,3 % no hace uso de ninguna de estas energías.

Seleccione aquellas energías renovables que usa en su día a día.

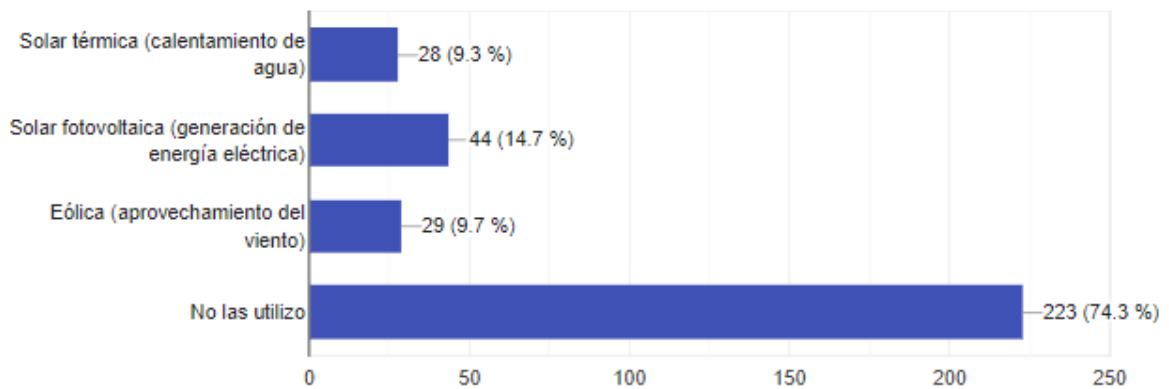


Figura 4.14. Uso de energías renovables de los consumidores de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

Por otro lado, en la Figura 4.15 se observa que el 56,7 % tiene conocimiento del término “eficiencia energética”, mientras que el 43,3 % no conoce el término.

¿Sabe usted a qué hace referencia el término "eficiencia energética"?

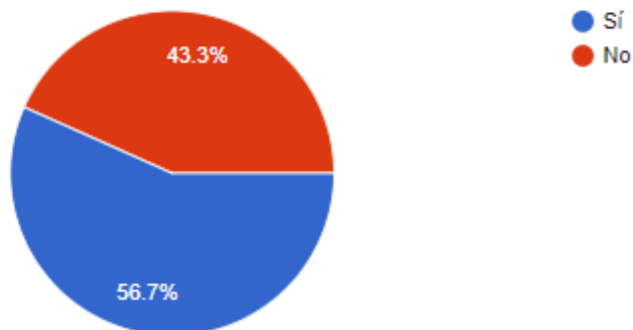


Figura 4.15. Conocimiento del término "Eficiencia Energética" de los consumidores de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

En la Figura 4.16 se observa las formas más comunes de ahorro de energía eléctrica por parte de los usuarios. El 91% apaga las luces cuando nadie se encuentra en una habitación, el 80% usa sus equipos únicamente cuando es necesario, el 57,3% posee y hace uso de equipos eficientes, el 13,3% tiene sensores de movimiento para iluminación, el 10,7 % utiliza energías renovables, el 3,7 % no hace nada para ahorrar energía y el 0,3 % no presenta interés en ahorrar energía.

¿De qué forma usted ahorra energía eléctrica en su hogar?

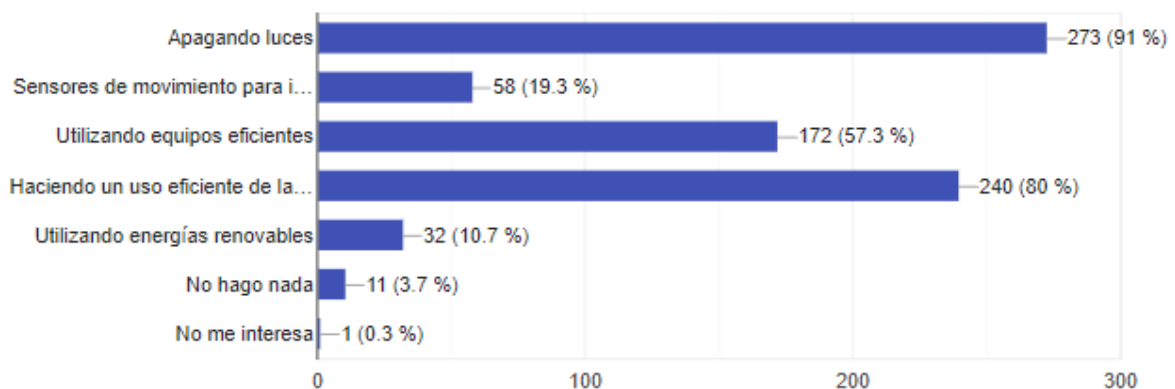


Figura 4.16. Formas de ahorro de energía de los consumidores de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

En la Figura 4.17 se observa los equipos que según el criterio de los encuestados consumen mayor cantidad de energía. El 56,7% considera que los equipos que más energía consumen son los aires acondicionados, el 34,3% las refrigeradoras, el 25,7% los congeladores, el 15,7% las planchas, el 14,3% las secadoras de ropa, el 11% los hornos de microondas, el 10% las bombas de agua, el 9,7% las lavadoras de ropa, el 7,3% los televisores, el 2,7% las computadoras, el 2% los celulares y el 1,3% los equipos de sonido.

¿Cuál de sus equipos o artefactos eléctricos cree que consume más energía eléctrica?

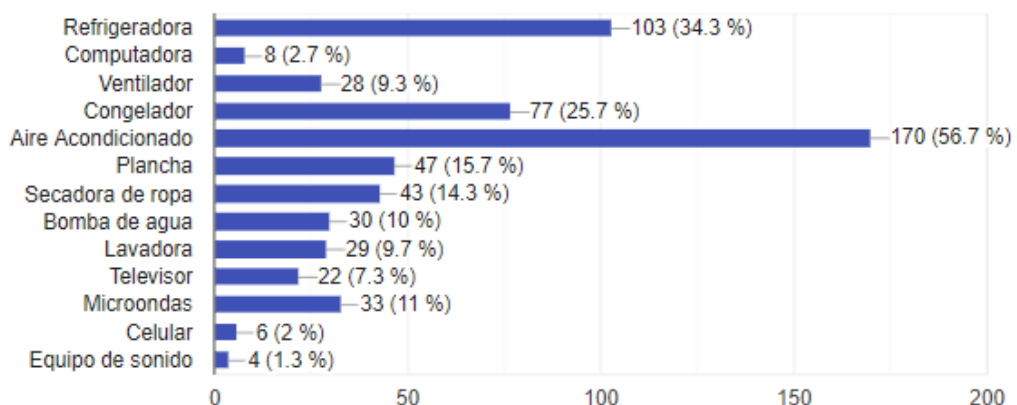


Figura 4.17. Equipos que consumen más energía según los consumidores de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

En la Figura 4.18 se puede observar que el 88 % de los encuestados estarían dispuestos a cambiar equipos ineficientes o antiguos por otros modernos y eficientes.

¿Estaría dispuesto/a a reemplazar el equipo eléctrico más ineficiente (que desperdicia más energía) de su casa por un equipo que utilice energías renovables para funcionar?

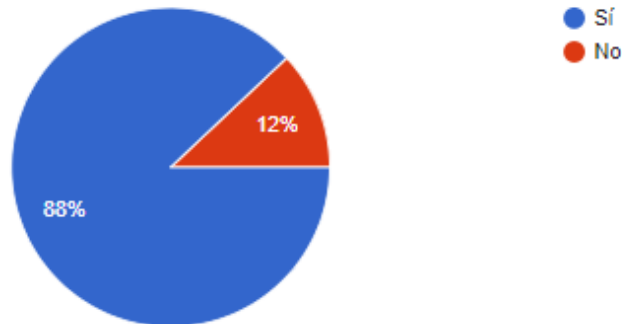


Figura 4.18. Predisposición para el reemplazo de equipos de los consumidores de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

En la Figura 4.19 se observa las razones por las cuales los usuarios respondieron “No” en la sección anterior. El 58,5% fue debido a motivos económicos, el 41,5% fue debido a la falta de confianza en el gobierno al momento de implementar programas de recambios de equipos, el 24,4% no ve la necesidad de cambiar equipos que todavía funcionan, el 14,6% debido a que necesitaría ayuda o asesoramiento externo al momento de realizar la renovación del equipo y el 2,4% debido a que considera que no posee equipos ineficientes.

En caso de respuesta negativa, ¿Cuál sería la razón por la que no lo cambiaría?

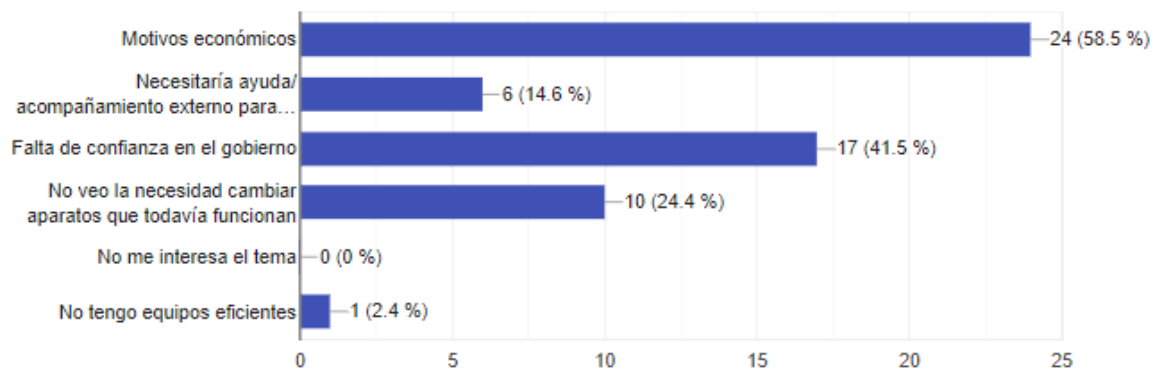


Figura 4.19. Motivos por los cuales los consumidores de energía no están de acuerdo con el reemplazo de equipos en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz [Elaboración Propia].

Los resultados de la encuesta establecen que la población en las islas Galápagos está familiarizada con los términos de eficiencia energética y energías renovables. De hecho, existe una buena aceptación para la implementación de programas de eficiencia

energética. Sin embargo, aún se necesita fortalecer aspectos relativos a la superación de barreras como el desinterés en la eficiencia energética, la poca confianza en los programas y los motivos económicos.

Las respuestas de la encuesta se presentan en el ANEXO E.

4.3.8 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

Con la información recopilada de las encuestas se obtiene los datos necesarios para el desarrollo de la caracterización de los usos finales de energía eléctrica en las islas. Estos datos son filtrados por la ubicación y posteriormente se ingresan a un programa desarrollado en el software Matlab con el fin de obtener las curvas de demanda diaria de cada una de las islas. El código usado para la caracterización de los usos finales de la energía se encuentra en el ANEXO F.

Este programa filtra los electrodomésticos por tipo y con *la ayuda del “Método de Arvidson”* determina el aporte de consumo energético horario para cada uno de estos. Una vez determinado el aporte horario, se generan las curvas de demanda diaria tomando en cuenta criterios como:

- Ubicación (Isla Santa Cruz, Isla San Cristóbal, Isla Isabela)
- Temporada o estacionalidad (verano o invierno)
- Día de la semana (entre semana o fin de semana)

Las consideraciones mencionadas son de gran importancia debido a que el consumo de energía eléctrica no es constante a lo largo del año. Por tal razón, se presentan las siguientes curvas para cada una de las islas:

- Día tipo entre semana en verano
- Día tipo en fin de semana en verano
- Día tipo entre semana en invierno
- Día tipo en fin de semana en invierno

El consumo de energía por parte de los clientes industriales y las cargas especiales, como edificios gubernamentales, bombeo de agua, entre otros, no tiene un comportamiento generalizado o similar al de los sectores residencial y comercial. Por tal razón, las curvas de demanda diaria presentadas a continuación contienen únicamente componentes de consumo energético provenientes de usuarios residenciales y comerciales.

4.3.8.1 Curva de demanda diaria de energía – Isla Santa Cruz – Verano

En la Figura 4.20 se muestra la curva de demanda de energía diaria para la Isla Santa Cruz para un día entre semana en verano. Como se puede observar, el pico de consumo se encuentra alrededor de las 19 horas, siendo la mayor parte de la energía consumida por los equipos de aire acondicionado. Esto se debe principalmente a que durante la época de calor se tienen elevadas temperaturas ambientales; como consecuencia de ello, los habitantes y los turistas incrementan el uso de los equipos de climatización.

En segundo lugar, el equipo que mayor consumo de energía tiene son las duchas eléctricas, pues en los hogares y hoteles de la isla este es el equipo eléctrico más usado para el calentamiento de agua. El tercer equipo con mayor consumo de energía son los cargadores de autos eléctricos. Pues si bien no existe un elevado número de vehículos en la isla, los cargadores de vehículos son equipos de potencia relativamente alta y se usan por tiempos prolongados. Finalmente, los dispositivos de iluminación presentan un considerable aporte de consumo de energía únicamente en las horas del pico. Mientras que las refrigeradoras tienen un consumo de energía considerable durante las 24 horas del día.

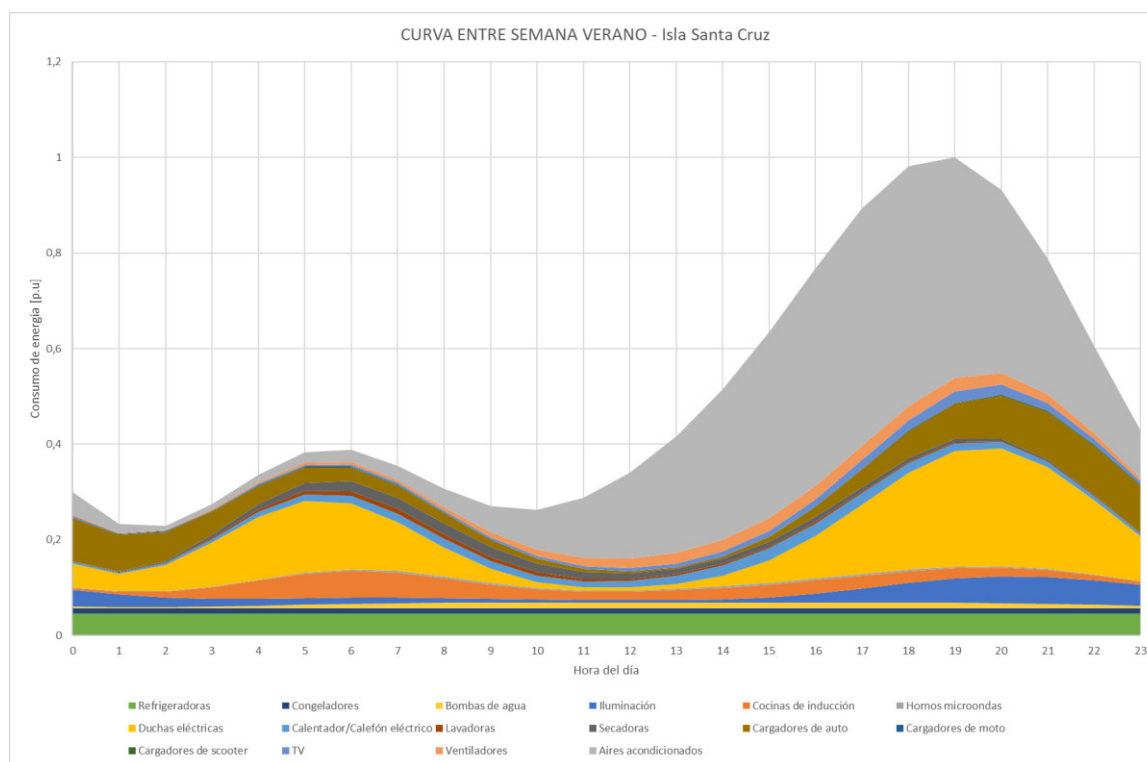


Figura 4.20. Curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz en un día entre semana en verano [Elaboración Propia].

Por otro lado, en la Figura 4.21 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz en un día de fin de semana en verano. Como se puede observar el consumo

de energía eléctrica es similar a los días entre semana, pues los equipos que mayor consumo de energía tienen son los mismos descritos anteriormente. Sin embargo, se presenta un incremento en el consumo de energía por parte de los equipos de limpieza como lavadoras y secadoras de ropa. Esto se debe a que, tanto hogares como hoteles, usan estos días para realizar las actividades relacionadas al aseo.

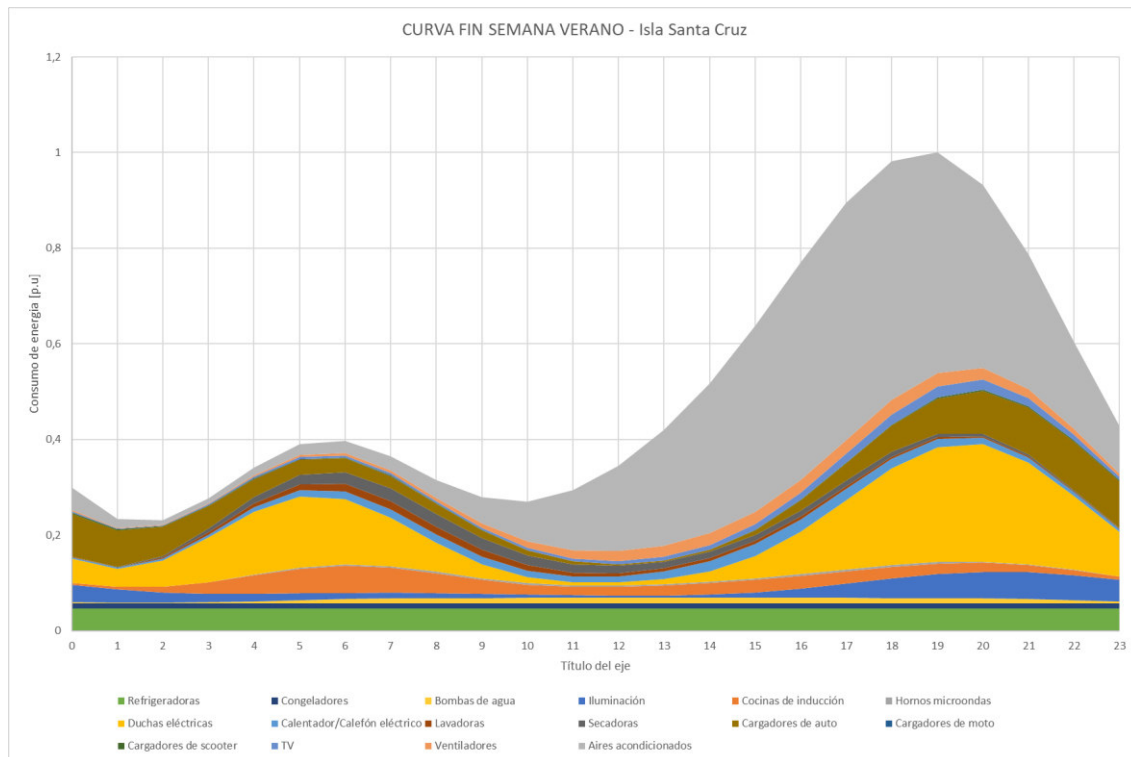


Figura 4.21. Curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz en un día de fin de semana en verano [Elaboración Propia].

4.3.8.2 Curva de demanda diaria de energía – Isla Santa Cruz – Invierno

En la Figura 4.22 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz de un día entre semana en invierno. Se puede observar que el pico de consumo de energía ocurre alrededor de las 19 horas. No obstante, el consumo de los equipos de aire acondicionado se reduce con respecto al consumo durante el verano. Esto se debe a que durante el invierno el clima es lo suficientemente frío y por lo general no se requiere de un equipo que regule la temperatura en los hogares, comercios y hoteles.

Para esta época del año, los equipos de mayor consumo de energía eléctrica son las duchas eléctricas, seguidos por los cargadores de autos eléctricos, aires acondicionados, refrigeradoras, cocinas de inducción y dispositivos de iluminación. Esto indica que todos

los equipos mencionados anteriormente pueden ser tomados en cuenta para el diseño de programas y proyectos de eficiencia energética

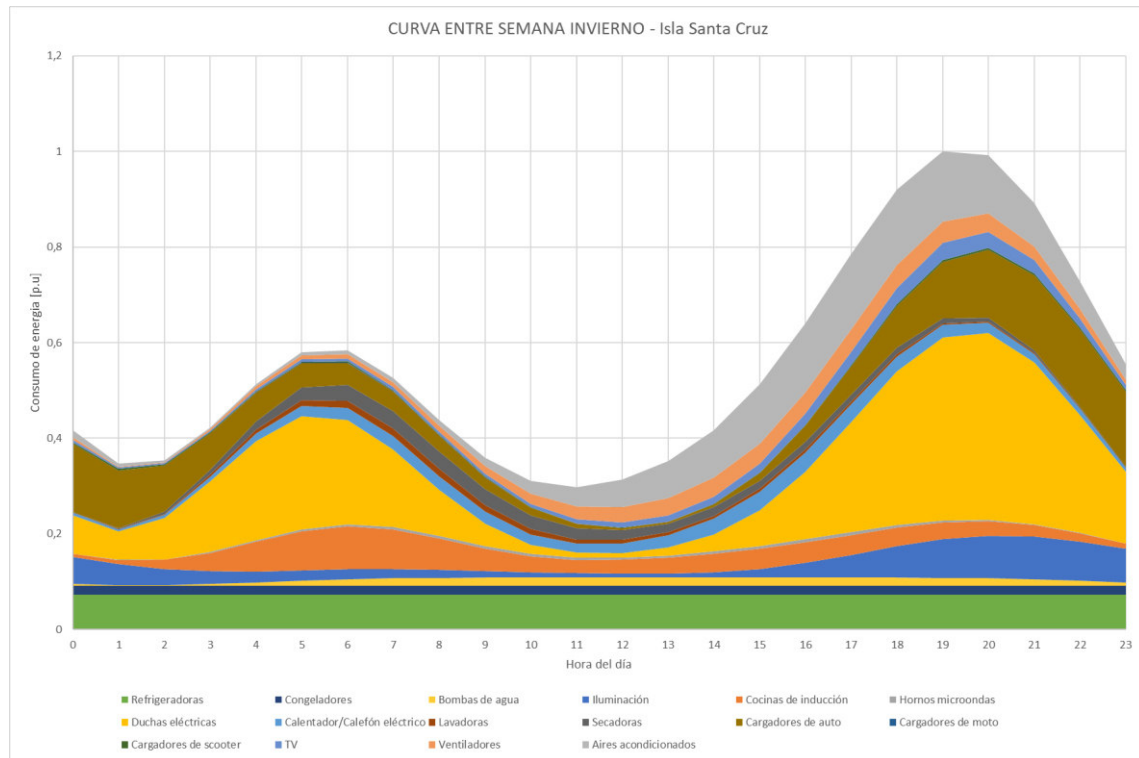


Figura 4.22. Curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz de un día entre semana en invierno [Elaboración Propia].

Por otro lado, en la Figura 4.23 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz en un día de fin de semana en invierno. El comportamiento durante el fin de semana es similar al de los días entre semana. Pues las duchas son los equipos que consumen la mayor cantidad de energía.

Sin embargo, al igual que ocurre en la época de verano, durante el fin de semana se tiene un incremento en el consumo de energía por parte de los equipos de limpieza como las lavadoras y secadoras de ropa. Esto se debe a que los hábitos de limpieza no se modifican con la estacionalidad.

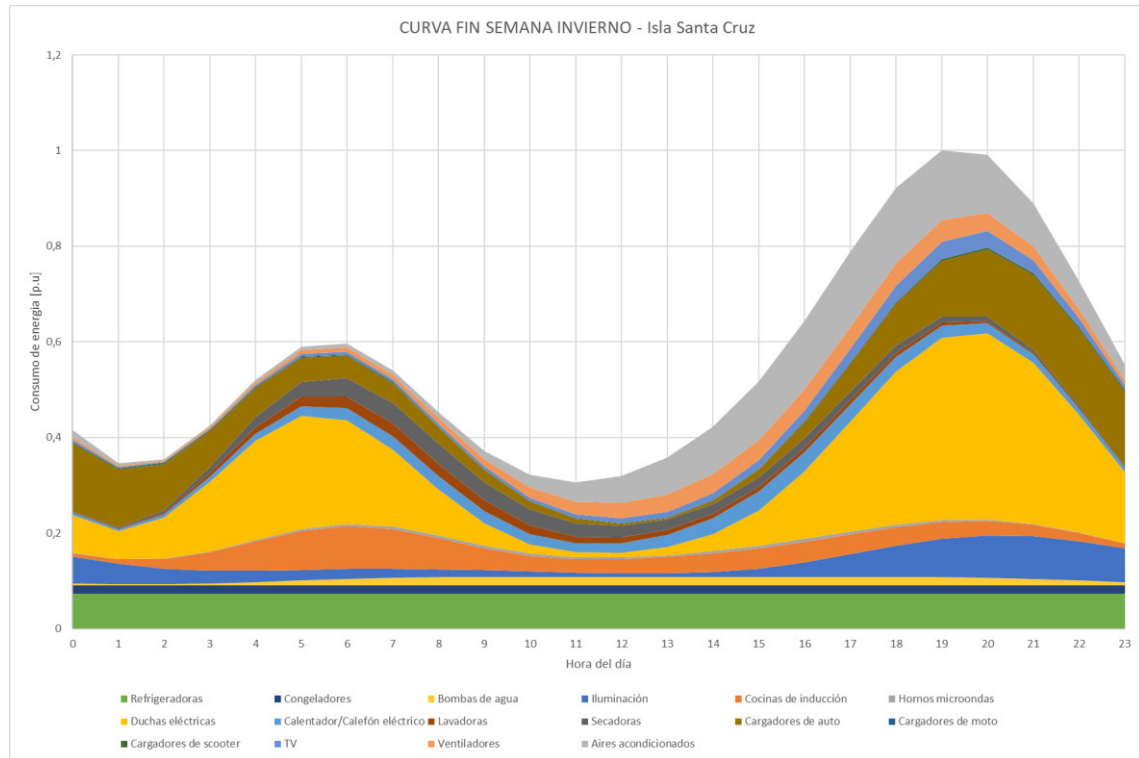


Figura 4.23. Curva de demanda diaria de energía para la isla Santa Cruz en un día de fin de semana en invierno [Elaboración Propia].

4.3.8.3 Curva de demanda diaria de energía – San Cristóbal – Verano

En la Figura 4.24 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día entre semana en verano. Se observa que los electrodomésticos que tienen un mayor consumo de energía eléctrica son los equipos de aire acondicionado. Estos equipos representan cerca de la mitad del consumo durante el pico de demanda, el cual se produce entre las 18 y 19 horas.

En segundo lugar, se encuentran las duchas eléctricas. Estos equipos presentan picos de consumo durante la mañana y la noche. El tercer lugar es ocupado por los equipos de refrigeración seguidos de los cargadores de autos eléctricos.

Los equipos de iluminación presentan la mayor parte de su consumo en horas de la noche. Mientras que las cocinas de inducción tienen su consumo durante horas de la mañana, no durante el medio día.

Por otro lado, en la Figura 4.25 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día de fin de semana en verano. Como se puede observar, el pico de consumo continúa entre las 18 y 19 horas. Sin embargo, al igual que ocurre en la isla Santa Cruz, durante el fin de semana se presenta un incremento en la energía consumida por parte de los equipos de aseo.

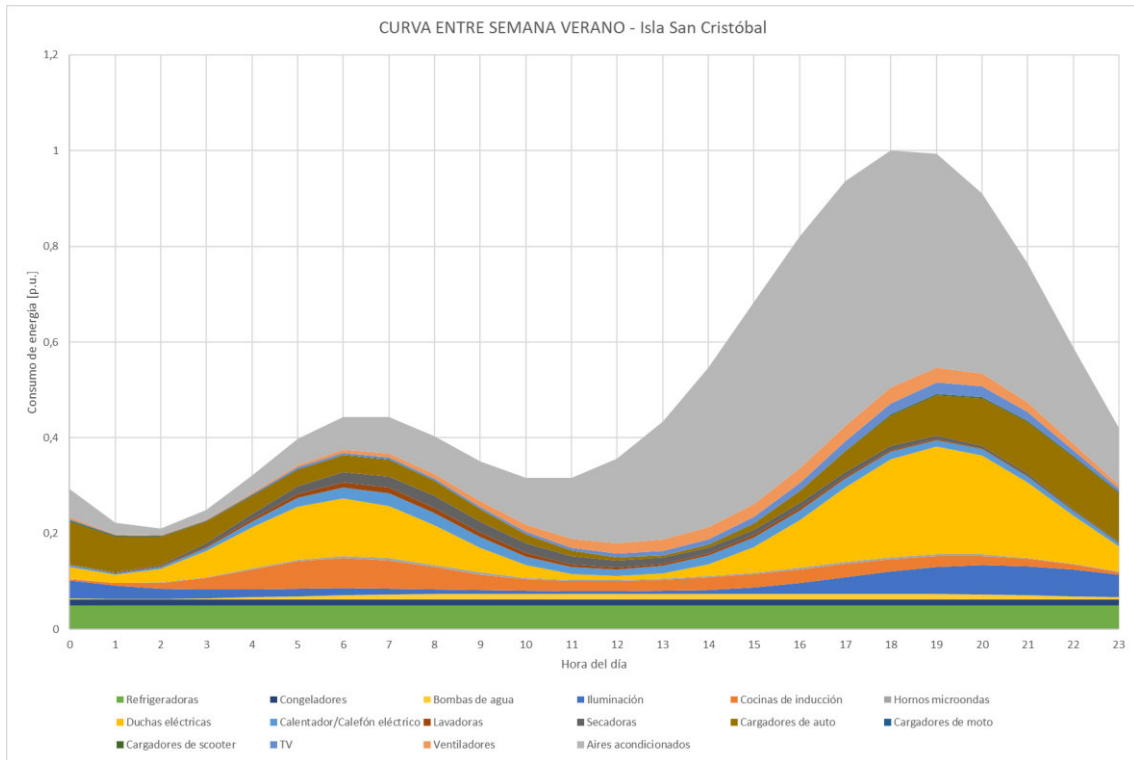


Figura 4.24. Curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día entre semana en verano [Elaboración Propia].

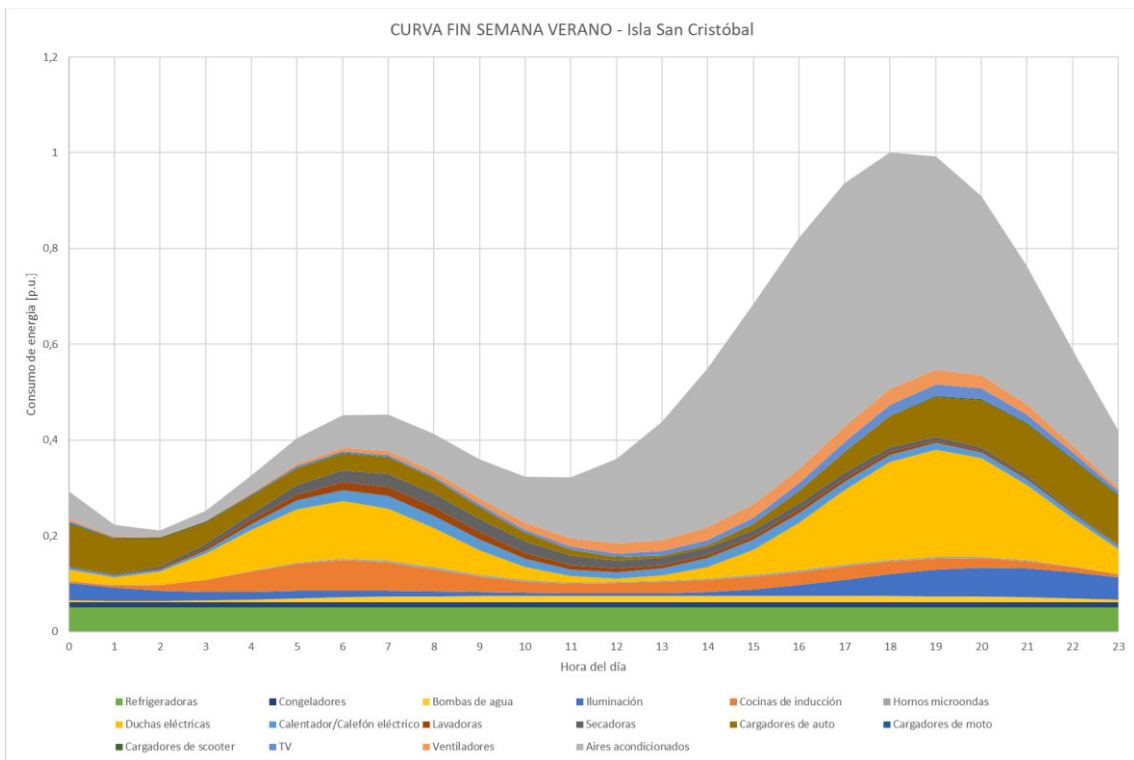


Figura 4.25. Curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día de fin de semana en verano [Elaboración Propia].

4.3.8.4 Curva de demanda diaria de energía – San Cristóbal – Invierno

En la Figura 4.26 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día entre semana en invierno. En la figura se evidencia que el pico de consumo de energía se produce alrededor de las 19 horas.

Durante el invierno se produce una importante disminución en el consumo de energía por parte de los equipos de climatización. Este comportamiento se replica en todas las gráficas de invierno. En lo referente a los demás equipos no existen variaciones considerables en el consumo de energía con respecto a la época de verano.

Por otro lado, en la Figura 4.27 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día de fin de semana en invierno. Como se puede observar, el comportamiento durante el fin de semana es similar a los días entre semana puesto que el pico continúa alrededor de las 19 horas.

Al igual que en casos anteriores, durante el fin de semana se presenta un incremento en el consumo de energía debido al uso de las lavadoras y secadoras de ropa.

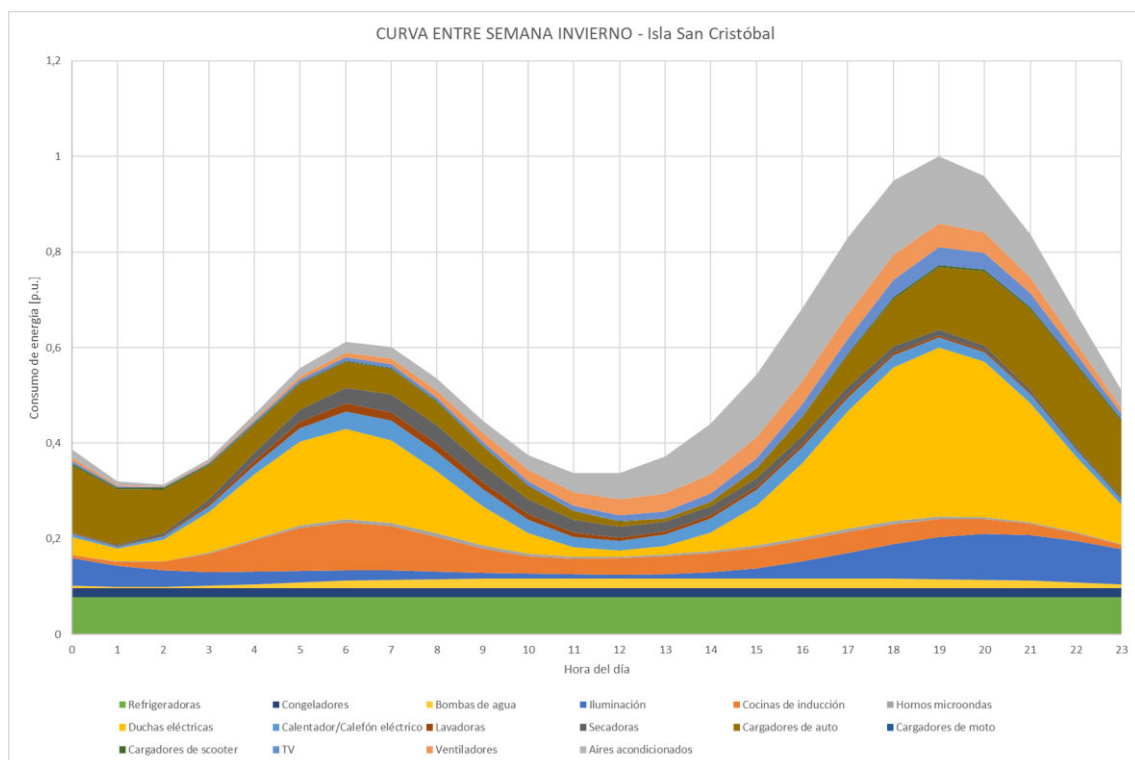


Figura 4.26. Curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día entre semana en invierno [Elaboración Propia].

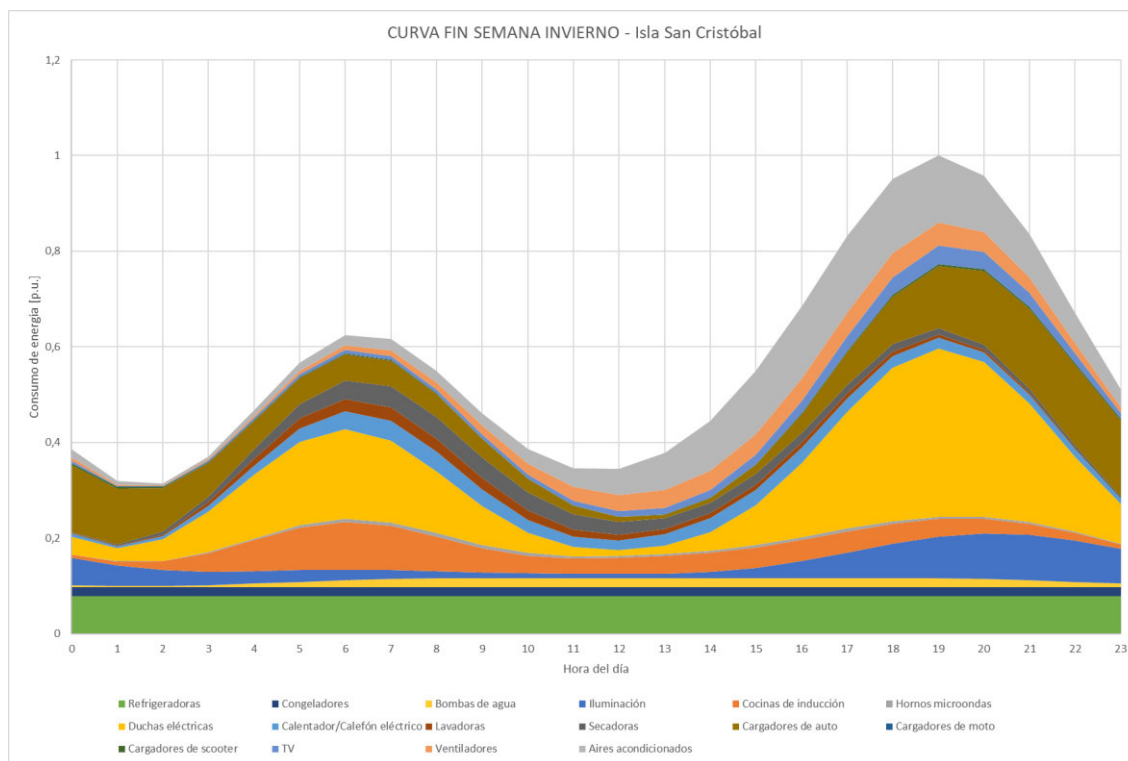


Figura 4.27. Curva de demanda diaria de energía para la isla San Cristóbal en un día de fin de semana en invierno [Elaboración Propia].

4.3.8.5 Curva de demanda diaria de energía – Isla Isabela – Verano

En la Figura 4.28 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día entre semana en verano. Para este caso el consumo de energía tiene un comportamiento distinto con respecto al de las otras islas. Si bien el pico de consumo, al igual que en Santa Cruz y San Cristóbal, se produce alrededor de las 19 horas, durante la mañana no se produce un pico visiblemente marcado como en los casos anteriores.

En la isla Isabela durante el verano los electrodomésticos que tienen un mayor consumo de energía son los equipos de aire acondicionado. Estos aparatos corresponden cerca del 70 % de la energía consumida durante el pico de demanda.

Otra diferencia es que en esta isla los equipos usados para el calentamiento de agua no son las duchas eléctricas, sino los calentadores y calefones eléctricos. Finalmente, otra de las diferencias más notorias es el comportamiento de las cocinas de inducción, que, a diferencia de las otras islas, tienen picos de consumo en el medio día y en la noche.

Las diferencias mencionadas anteriormente provocan que durante la mañana se tenga un menor consumo de energía. Como consecuencia, no existe un marcado pico de consumo durante el periodo de media mañana.

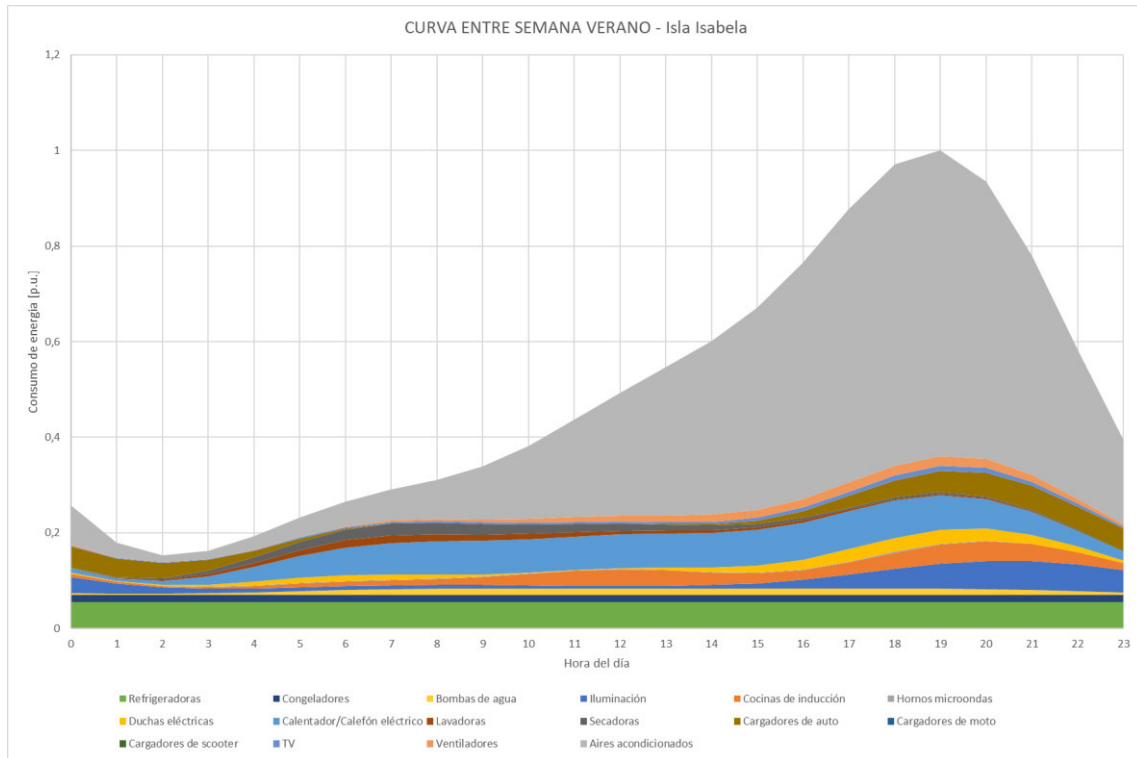


Figura 4.28. Curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día entre semana en verano [Elaboración Propia].

Por otro lado, en la Figura 4.29 se muestra la curva de demanda de energía diaria para la isla Isabela en un día de fin de semana en verano. En esta se observa que durante el fin de semana el pico de consumo continúa alrededor de las 19 horas. El consumo sigue siendo similar a los días entre semana.

Sin embargo, también se produce un incremento en el consumo de los equipos de limpieza, lavadoras y secadoras de ropa. Si bien los equipos de limpieza provocan un incremento del consumo de energía en la mañana, este continúa siendo bajo en comparación del resto de periodos del día.

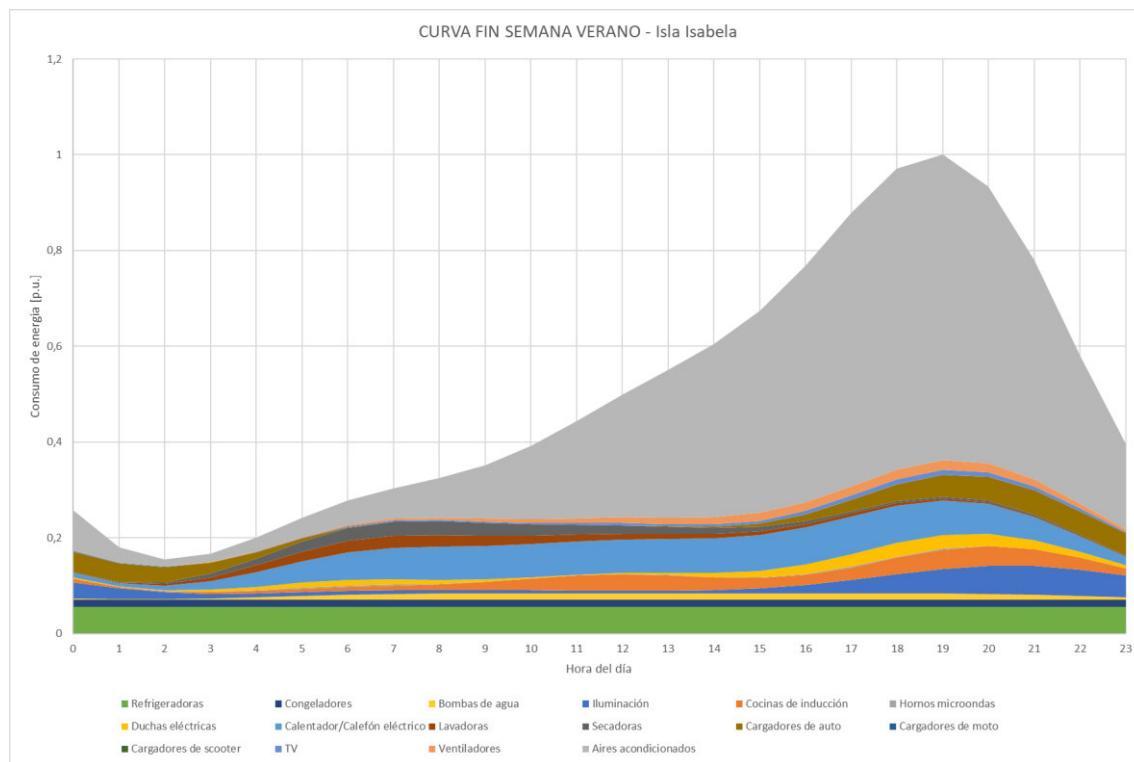


Figura 4.29. Curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día de fin de semana en verano [Elaboración Propia].

4.3.8.6 Curva de demanda diaria de energía – Isla Isabela– Invierno

En la Figura 4.30 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día entre semana en invierno. La figura muestra que el pico de consumo se produce alrededor de las 19 horas.

Sin embargo, los equipos de aire acondicionado pasan de tener cerca del 70% del consumo total durante el pico a únicamente el 30%. Esta disminución produce que los equipos de mayor consumo de energía en la isla durante el invierno sean los calentadores y calefones eléctricos seguidos por los aparatos de aire acondicionado y las refrigeradoras.

Es importante destacar que los cargadores de autos se usan en su mayoría en la noche. Por lo tanto, el pico de consumo de la mañana no es apreciable como en el caso de las demás islas. Por otro lado, durante el verano las cocinas de inducción presentan picos de consumo en el medio día y en la noche. Finalmente, en la Figura 4.31 se muestra la curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día de fin de semana en invierno. El comportamiento del consumo de energía es similar al de los días entre semana. Al igual que en casos anteriores, se presenta un incremento en el consumo de energía por parte de las lavadoras y secadoras de ropa. Estos equipos de limpieza producen un ligero incremento en el consumo de energía en la mañana.

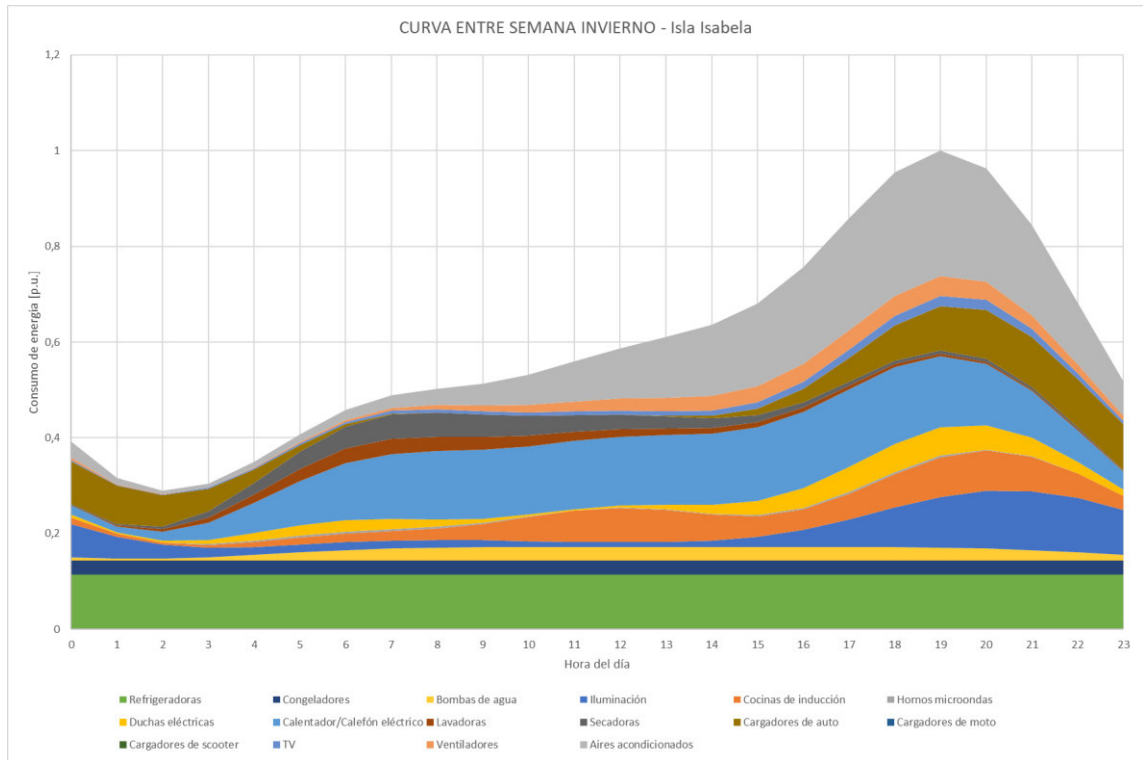


Figura 4.30. Curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día entre semana en invierno [Elaboración Propia].

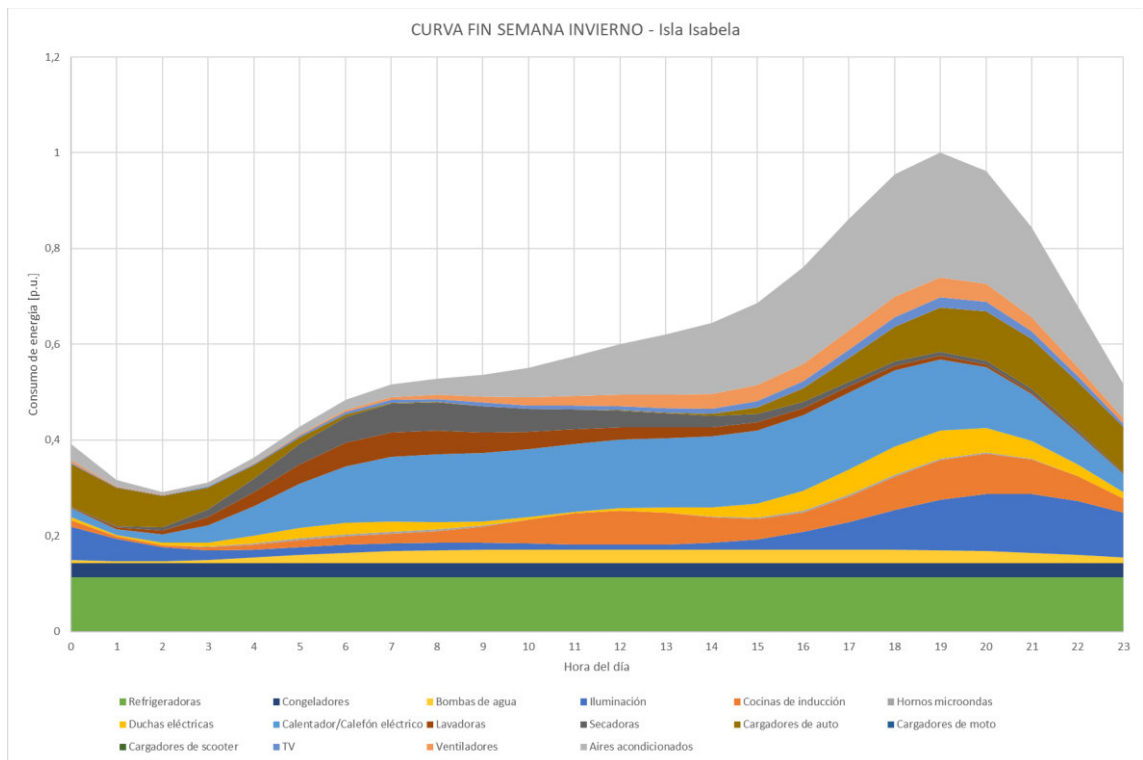


Figura 4.31. Curva de demanda diaria de energía para la isla Isabela en un día de fin de semana en invierno [Elaboración Propia].

4.4 PLANTEAMIENTO DE LOS EJES DE ACCIÓN

La propuesta del plan de eficiencia energética eléctrica para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos se establece en base a cuatro ejes de acción que son iluminación, refrigeración, climatización y producción de agua caliente sanitaria. Estos ejes son seleccionados con base en los resultados de la caracterización de usos finales de energía puesto que incluye los equipos que resultan atractivos para la aplicación de programas de eficiencia energética debido a su alto consumo de energía.

4.4.1 EJE ILUMINACIÓN

Este eje busca incentivar el desarrollo de programas de recambio de equipos para iluminación por otros más modernos y eficientes, de tal forma que los usuarios voluntariamente opten por el cambio de tecnología a dispositivos para iluminación de menor consumo. Es importante mencionar que el recambio no altera los hábitos de consumo en el sector residencial, comercial o alumbrado público. De igual forma se busca suspender la importación de equipos tradicionales poco eficientes.

4.4.2 EJE REFRIGERACIÓN

Los equipos usados para la refrigeración de alimentos como los refrigeradores y congeladores son equipos que se mantienen conectados todo el tiempo a la red eléctrica; por tanto, pueden considerarse como una carga constante a lo largo del día. En las islas Galápagos existe una gran cantidad de equipos antiguos e ineficientes, pues si bien han existido programas de recambio que tuvieron una buena acogida por parte del público, estos finalizaron hace varios años.

El Plan Nacional de Eficiencia Energética, en el Eje Galápagos, cuenta con programas referentes a la Refrigeración. Estos incentivan el recambio de refrigeradoras y congeladores con el objetivo de reducir y optimizar el consumo eléctrico por parte de estos equipos tanto en el sector residencial como en el comercial.

Por lo tanto, aplicar un programa de recambios puede generar la actualización de una gran cantidad de equipos de refrigeración, generando así una reducción en el consumo de energía eléctrica.

4.4.3 EJE CLIMATIZACIÓN

En las islas Galápagos, un gran porcentaje del total de la energía eléctrica que se consume proviene de equipos utilizados para la climatización de aire tanto en el sector residencial como en el comercial. Esto se debe, principalmente a que estos equipos en un gran porcentaje son antiguos o poco eficientes. Además, no siempre tienen un mantenimiento

adecuado o no se usan de manera correcta. Esto produce pérdidas en el rendimiento que como consecuencia generan un mayor consumo de energía eléctrica.

Por tal razón, este eje pretende incentivar programas de recambio de estos equipos por otros con tecnologías modernas y eficientes que permitan mantener el confort y a la vez reduzcan el consumo de energía eléctrica en las islas.

4.4.4 EJE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Obtener agua caliente sanitaria a través del uso de calefones a gas, calefones eléctricos y duchas eléctricas puede considerarse eficiente, pues el recurso energético primario se aprovecha casi en su totalidad sin que exista una gran cantidad de pérdidas. Sin embargo, los resultados de la encuesta indican que el calentamiento de agua a través de equipos que usan energía eléctrica representa gran parte del consumo energético durante las horas del pico de consumo.

Adicionalmente, en el caso de los calefones a gas, la energía primaria para el calentamiento proviene de combustibles fósiles, los mismos que representan una fuente de emisión de gases de efecto invernadero. Además, para tener acceso a estos es necesario su transporte desde el continente incurriendo en gastos y en un potencial peligro en contra del frágil ecosistema de las islas.

Debido a esto, el eje producción de agua caliente sanitaria busca incentivar el cambio de los equipos de calentamiento de agua que funcionen con GLP o electricidad por colectores solares tanto en el sector residencial como en el comercial. Pues estos no solo aprovechan una fuente renovable de energía, sino que contribuyen a un ahorro energético eléctrico y a la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero proveniente del uso de combustibles fósiles.

4.5 DEFINICIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ.

Luego de un análisis de viabilidad se determinó que la opción que trae los mayores beneficios para conseguir la eficiencia en cada uno de los ejes es el desarrollo de programas de recambio o sustitución de equipos por otros con tecnologías modernas y eficientes. Con lo dicho anteriormente, en la Tabla 4.30 se detalla de manera desagregada por eje cada uno de los programas y proyectos que se presentan como parte de la

propuesta del plan de eficiencia energética eléctrica en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz.

Tabla 4.30. Definición de Programas y Proyectos para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz
[Elaboración Propia].

Eje	Programa	Proyectos
Iluminación	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial
		Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial
		Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público
Climatización	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial
		Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial
Refrigeración	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial
		Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial
Producción de agua caliente sanitaria	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial
		Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial

4.5.1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LOS PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

4.5.1.1 Eje iluminación

En [1], el gobierno establece como prioridad el recambio de tecnologías que permita mantener el confort, pero con un menor consumo energético. El objetivo del PLANEE en este ámbito fue fortalecer los programas de recambio de equipos de alto consumo energético por equipos más eficientes.

Durante el periodo comprendido entre los años 2008 y 2013 se aplicó un proyecto de sustitución de lámparas incandescentes por lámparas ahorradoras (fluorescentes) en el archipiélago. Según cifras del MERNNR en [1] se obtuvo un ahorro de 400 MWH/año con la sustitución. Adicionalmente, se ejecutó el proyecto “Proyecto piloto de sustitución de lámparas de alumbrado público por lámparas más eficientes en la provincia de Galápagos” donde se reemplazaron alrededor de 1 250 unidades. Esto representó un ahorro de 109,5 MWH/año. Ambos proyectos redujeron la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por un valor aproximado de 340 tCO₂.

Siguiendo la línea de acción planteada por el PLANEE, es fundamental que se desarrollen proyectos que sustituyan lámparas ineficientes por tecnologías de menor consumo.

Con base en experiencias nacionales e internacionales se conoce que la sustitución de las lámparas es uno de los proyectos que mayores ahorros energéticos entrega. Esto resulta sumamente atractivo para los programas de eficiencia energética puesto que la sustitución no conlleva una complicada logística ni elevados costos de inversión.

Actualmente, existen tecnologías eficientes para las lámparas. Sin embargo, se destaca la tecnología LED ya que esta posee largos períodos de vida útil de entre 20 000 a 50 000 horas. Otro aspecto para destacar es que, a diferencia de las lámparas incandescentes, no sufre pérdidas excesivas provocadas por el calor. Esto último quiere decir que existe un mayor aprovechamiento de la energía que finalmente se convierte en luz.

En la Tabla 4.31 se muestra una comparativa entre las potencias de las diferentes tecnologías existentes con referencia al flujo luminoso. Mientras que en la Tabla 4.32 se muestra una comparativa de la vida útil de los equipos.

Tabla 4.31. Comparativa de tecnologías para iluminación de diferentes potencias [51].

Lúmenes	Potencia LED [W]	Fluorescente [W]	Incandescente [W]	Halógena [W]
400 - 500	6 - 7	8 -12	40	35
650 - 850	7 - 10	13 - 18	60	42
1000 -1400	12 - 13	18 - 22	75	55
1450 - 1700	14 - 20	23 - 30	100	80
Mayor a 2700	25 - 28	30 - 55	150	110

Tabla 4.32. Comparativa de tiempos de vida útil de tecnologías para iluminación de diferentes potencias [51].

Características	Incandescente	Fluorescente	Halógena	LED	Tubo Fluorescente	Tubo LED
Potencia [W]	60	18	55	9	40	18
Vida útil [horas]	1200	8000	4000	25000	12000	30000
Cantidad de bombillas para un equivalente de 25 000 horas	21	3	5	1	3	1

Las tablas mostradas anteriormente contrastan las diferentes tecnologías. Con esta información se ratifica que la tecnología LED es la mejor opción para la sustitución de lámparas en los sectores residencial y comercial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz.

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) desarrolló el “Programa de Usos Finales de la Energía (PUFE)” en el cual determinó la cantidad de lámparas existentes en varias localidades del país. El [49] incluyó a las islas Galápagos como parte del estudio y determinó que existen alrededor de 8 272 lámparas en el sector residencial y 2 632 en el sector comercial. Estos resultados se muestran en la Tabla 4.33 para el sector residencial y en la Tabla 4.34 para el sector comercial.

Tabla 4.33. Cantidad de lámparas en el sector residencial [49].

Sector Residencial	
Tipo de lámpara	Cantidad
Fluorescente	169
Economizadora	7 530
Incandescente	470
Led	103
TOTAL	8 272

Tabla 4.34. Cantidad de lámparas en el sector comercial [49].

Sector Comercial	
Tipo de lámpara	Cantidad
Fluorescente	700
Economizadora	1 754
Incandescente	85
Halógena	80
Led	13

TOTAL	2 632
-------	-------

El programa también clasificó las lámparas según su tipo. Los resultados indican que existe un alto porcentaje de lámparas fluorescentes; por ejemplo, el sector residencial cuenta con un 97% de este tipo de lámparas, mientras que el comercial cuenta con el 93%. Con esta información es posible plantear la transición total de lámparas a través de la sustitución de estas por tecnología LED.

De los resultados de la encuesta aplicada para la caracterización de usos finales de la energía se determinó que los usuarios en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz en el sector residencial utilizan las lámparas por un tiempo promedio de 4,11 horas al día. Por otra parte, en el sector comercial las lámparas se usan en promedio 5,60 horas al día.

Con lo mencionado anteriormente, se propone el remplazo de lámparas incandescentes, fluorescentes (economizadoras) y halógenas por lámparas LED. Además, los tubos fluorescentes se reemplazan por tubos LED. Las potencias de estos equipos se obtienen de la Tabla 4.32. A continuación, se presenta la factibilidad técnica de la sustitución de lámparas en el sector residencial y comercial. Los datos desagregados del número de equipos por isla y tecnología se obtienen de [49].

4.5.1.1.1 Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial

En la Tabla 4.35 se muestran los potenciales ahorros por la sustitución de lámparas en el sector residencial.

Tabla 4.35. Consumo eléctrico de iluminación en el sector residencial [Elaboración Propia].

CONSUMO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR RESIDENCIAL										
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de lámpara	N.º de lámparas	Potencia del equipo actual [W]	Consumo anual actual [kWh]	Horas equivalentes de uso diario [horas]	Potencia del equipo con nueva tecnología [W]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
SAN CRISTÓBAL	0-50	Economizadora	418	18	11 287,13	4,11	9	5 643,56	5 643,56	50,00%
	51-130	Economizadora	828	18	22 358,24	4,11	9	11 179,12	11 179,12	50,00%
	131-250	Economizadora	742	18	20 036,00	4,11	9	10 018,00	10 018,00	50,00%
		Fluorescente	28	40	1 680,17	4,11	18	756,08	924,09	55,00%
	251-500	Economizadora	12	18	324,03	4,11	9	162,02	162,02	50,00%
		Incandescente	300	60	27 002,70	4,11	9	4 050,41	22 952,30	85,00%
		Led	12	9	162,02	4,11	9	162,02	0,00	0,00%
	501-1000	Economizadora	54	18	1 458,15	4,11	9	729,07	729,07	50,00%
>1000	Economizadora	4	18	108,01	4,11	9	54,01	54,01	50,00%	
ISABELA	0-50	Economizadora	156	18	4 212,42	4,11	9	2 106,21	2 106,21	50,00%
		Fluorescente	24	40	1 440,14	4,11	18	648,06	792,08	55,00%
	51-130	Economizadora	341	18	9 207,92	4,11	9	4 603,96	4 603,96	50,00%
		Fluorescente	11	40	660,07	4,11	18	297,03	363,04	55,00%
	131-250	Incandescente	16	60	1 440,14	4,11	9	216,02	1 224,12	85,00%
		Economizadora	248	18	6 696,67	4,11	9	3 348,33	3 348,33	50,00%
		Led	8	9	108,01	4,11	9	108,01	0,00	0,00%
251-500	Fluorescente	12	40	720,07	4,11	18	324,03	396,04	55,00%	

		Economizadora	90	18	2 430,24	4,11	9	1 215,12	1 215,12	50,00%	
	501-1000	Economizadora	18	18	486,05	4,11	9	243,02	243,02	50,00%	
	>1000	Incandescente	3	60	270,03	4,11	9	40,50	229,52	85,00%	
		Economizadora	3	18	81,01	4,11	9	40,50	40,50	50,00%	
SANTA CRUZ	0-50	Economizadora	675	18	18 226,82	4,11	9	9 113,41	9 113,41	50,00%	
	51-130	Incandescente	36	60	3 240,32	4,11	9	486,05	2 754,28	85,00%	
		Fluorescente	36	40	2 160,22	4,11	18	972,10	1 188,12	55,00%	
		Economizadora	1 350	18	36 453,65	4,11	9	18 226,82	18 226,82	50,00%	
		Led	36	9	486,05	4,11	9	486,05	0,00	0,00%	
	131-250	Incandescente	95	60	8 550,86	4,11	9	1 282,63	7 268,23	85,00%	
		Fluorescente	38	40	2 280,23	4,11	18	1 026,10	1 254,13	55,00%	
		Economizadora	1 387	18	37 452,74	4,11	9	18 726,37	18 726,37	50,00%	
		Led	19	9	256,53	4,11	9	256,53	0,00	0,00%	
	251-500	Incandescente	20	60	1 800,18	4,11	9	270,03	1 530,15	85,00%	
		Fluorescente	20	40	1 200,12	4,11	18	540,05	660,07	55,00%	
		Economizadora	900	18	24 302,43	4,11	9	12 151,22	12 151,22	50,00%	
		Led	20	9	270,03	4,11	9	270,03	0,00	0,00%	
	501-1000	Economizadora	280	18	7 560,76	4,11	9	3 780,38	3 780,38	50,00%	
	>1000	Economizadora	24	18	648,06	4,11	9	324,03	324,03	50,00%	
		Led	8	9	108,01	4,11	9	108,01	0,00	0,00%	
	TOTAL			8 272	-	257 166,21	-	-	113 964,90	143 201,32	55,68%

4.5.1.1.2 Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial

En la Tabla 4.36 se muestran los potenciales ahorros por la sustitución de lámparas en el sector comercial

Tabla 4.36. Consumo eléctrico de iluminación en el sector comercial [Elaboración Propia].

CONSUMO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL										
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de lámpara	N.º de lámparas	Potencia del equipo actual [W]	Consumo anual actual [kWh]	Horas equivalentes de uso diario [horas]	Potencia del equipo con nueva tecnología [W]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
SAN CRISTÓBAL	0-150	Fluorescente	80	40	6 540,80	5,60	18	2 943,36	3 597,44	55,00%
		Economizadora	80	18	2 943,36	5,60	9	1 471,68	1 471,68	50,00%
		Halógena	80	55	8 993,60	5,60	9	1 471,68	7 521,92	83,64%
	151-500	Incandescente	15	60	1 839,60	5,60	9	275,94	1 563,66	85,00%
		Fluorescente	45	40	3 679,20	5,60	18	1 655,64	2 023,56	55,00%
		Economizadora	180	18	6 622,56	5,60	9	3 311,28	3 311,28	50,00%
		Economizadora	30	18	1 103,76	5,60	9	551,88	551,88	50,00%
	501-1000	Fluorescente	14	40	1 144,64	5,60	18	515,09	629,55	55,00%
		Economizadora	98	18	3 605,62	5,60	9	1 802,81	1 802,81	50,00%
		Economizadora	14	18	515,09	5,60	9	257,54	257,54	50,00%
	Hotel	Fluorescente	42	40	3 433,92	5,60	18	1 545,26	1 888,66	55,00%
		Economizadora	168	18	6 181,06	5,60	9	3 090,53	3 090,53	50,00%
Led		6	9	110,38	5,60	9	110,38	0,00	0,00%	
ISABELA	0-150	Fluorescente	14	40	1 144,64	5,60	18	515,09	629,55	55,00%
		Economizadora	84	18	3 090,53	5,60	9	1 545,26	1 545,26	50,00%
	151-500	Incandescente	14	60	1 716,96	5,60	9	257,54	1 459,42	85,00%

		Fluorescente	42	40	3 433,92	5,60	18	1 545,26	1 888,66	55,00%
		Economizadora	84	18	3 090,53	5,60	9	1 545,26	1 545,26	50,00%
	501-1000	Economizadora	63	18	2 317,90	5,60	9	1 158,95	1 158,95	50,00%
	Hotel	Economizadora	38	18	1 398,10	5,60	9	699,05	699,05	50,00%
		Led	7	9	128,77	5,60	9	128,77	0,00	0,00%
SANTA CRUZ	0-150	Incandescente	42	60	5 150,88	5,60	9	772,63	4 378,25	85,00%
		Fluorescente	168	40	13 735,68	5,60	18	6 181,06	7 554,62	55,00%
		Economizadora	168	18	6 181,06	5,60	9	3 090,53	3 090,53	50,00%
	151-500	Fluorescente	144	40	11 773,44	5,60	18	5 298,05	6 475,39	55,00%
		Economizadora	288	18	10 596,10	5,60	9	5 298,05	5 298,05	50,00%
	500- 1000	Fluorescente	53	40	4 333,28	5,60	18	1 949,98	2 383,30	55,00%
		Economizadora	193	18	7 100,86	5,60	9	3 550,43	3 550,43	50,00%
	Hotel	Incandescente	14	60	1 716,96	5,60	9	257,54	1 459,42	85,00%
		Fluorescente	98	40	8 012,48	5,60	18	3 605,62	4 406,86	55,00%
		Economizadora	266	18	9 786,67	5,60	9	4 893,34	4 893,34	50,00%
	TOTAL			2 632		141 422,32	-	-	61 295,47	80 126,84

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo del ahorro anual que se obtendría debido a la sustitución de lámparas en el sector residencial y comercial. El ejemplo corresponde a la sustitución de lámparas Economizadoras del estrato 0 – 50 kWh de la isla San Cristóbal en el sector residencial.

El cálculo del consumo anual actual se obtiene a través del producto entre la cantidad de equipos, la potencia actual del equipo (lámpara economizadora 18 W), horas equivalentes de uso y cantidad de días al año. La Ecuación 4.1 indica que el consumo actual es 11 287,13 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = N^{\circ} \text{ equipos} \times P \text{ equipo} [\text{kW}] \times H \text{ equivalente} [\text{h}] \times 365 [\text{días}] \quad (4.1)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = 418 \times \frac{18 [\text{W}]}{1000} \times 4,11[\text{h}] \times 365 [\text{días}] = 11\,287,13 [\text{kWh}]$$

Para obtener el consumo anual objetivo se aplica la misma metodología utilizada para el consumo actual, con la diferencia que la potencia del equipo es reemplazada por su nuevo valor tal como se indica en la Ecuación 4.2. El nuevo valor de potencia corresponde a la potencia del equipo con la nueva tecnología (Potencia con tecnología LED 9 W). El valor del consumo anual objetivo es 5 643,56 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] = N^{\circ} \text{ equipos} \times P \text{ equipo} [\text{kW}] \times H \text{ equivalente} [\text{h}] \times 365 [\text{días}] \quad (4.2)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] = 418 \times \frac{9 [\text{W}]}{1000} \times 4,11[\text{h}] \times 365 [\text{días}] = 5\,643,56 \text{ kWh}$$

Finalmente, el ahorro anual máximo es obtenido a través de la diferencia entre el consumo anual actual y el consumo anual objetivo como se indica en la Ecuación 4.3. El ahorro estimado es de 5 643,56 kWh.

$$\text{Ahorro}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] - \text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] \quad (4.3)$$

$$\text{Ahorro}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = 11\,287,13 [\text{kWh}] - 5\,643,56 [\text{kWh}] = 5\,643,56 [\text{kWh}]$$

4.5.1.1.3 Sustitución de lámparas en el alumbrado público por tecnologías más eficientes

Adicionalmente, otro sector de gran consumo eléctrico que incluye lámparas es el alumbrado público. El sistema de alumbrado público representa un consumo constante, pues contribuye a iluminar vías, calzadas y lugares de tránsito de la ciudadanía.

El gobierno ha impulsado algunos proyectos que se han enfocado en la sustitución de lámparas de alumbrado público. Por tal razón, el sistema de alumbrado público ya cuenta con tecnologías eficientes como lo es la tecnología LED según la información proporcionada por el MERNNR en [49].

La Tabla 4.37 muestra de manera resumida la cantidad de lámparas de alumbrado público existentes en las islas. Mientras que en la Tabla 4.38 se puede observar que la isla San Cristóbal posee la mayor cantidad de equipos con estas características con 369 lámparas, seguida de la Santa Cruz con 361 y la isla Isabela con 269. Sin embargo, aún existen lámparas de inducción, vapor de sodio y mercurio. Dado que aún existen equipos con tecnologías ineficientes es posible plantear la sustitución de estos por aquellos con menor consumo.

Tabla 4.37. Cantidad de lámparas de alumbrado público [49].

Alumbrado Público	
Tipo de lámpara	Cantidad
Inducción	888
Mercurio	12
Sodio	1 579
LED	999
Otras	52
TOTAL	3 530

En la Tabla 4.38 también se muestra el consumo eléctrico de iluminación del alumbrado público. En esta tabla se incluyen los consumos anuales actuales, consumos anuales objetivo y los ahorros anuales generados por la sustitución. Los datos desagregados del número de equipos por isla y tecnología se obtienen de [49].

Tabla 4.38. Consumo eléctrico de iluminación en el sector alumbrado público [Elaboración Propia].

CONSUMO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR ALUMBRADO PÚBLICO										
Cantón	Tipo de lámpara	Potencia unitaria [W]	N.º de lámparas	Potencia total de los equipos [kW]	Consumo anual actual [kWh]	Horas equivalentes de uso diario [horas]	Porcentaje de consumo LED vs Otras Tecnologías	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
SAN CRISTÓBAL	Inducción	80	200	16,00	70 080,00	12	25%	17 520,00	52 560,00	75,00%
	Mercurio	250	12	3,00	13 140,00	12	85%	11 169,00	1 971,00	15,00%
	Led	66	2	0,13	578,16	12	100%	578,16	0,00	0,00%
	Led	70	2	0,14	613,20	12	100%	613,20	0,00	0,00%
	Led	90	97	8,73	38 237,40	12	100%	38 237,40	0,00	0,00%
	Led	110	56	6,16	26 980,80	12	100%	26 980,80	0,00	0,00%
	Led	114	160	18,24	79 891,20	12	100%	79 891,20	0,00	0,00%
	Led	115	52	5,98	26 192,40	12	100%	26 192,40	0,00	0,00%
	Sodio	150	165	24,75	108 405,00	12	73%	79 135,65	29 269,35	27,00%
	Sodio	150	15	2,25	9 855,00	12	73%	7 194,15	2 660,85	27,00%
	Sodio	150	359	53,85	235 863,00	12	73%	172 179,99	63 683,01	27,00%
Otras	100	52	5,20	22 776,00	12	85%	19 359,60	3 416,40	15,00%	
SANTA CRUZ	Inducción	80	675	54,00	236 520,00	12	25%	59 130,00	177 390,00	75,00%
	Led	66	8	0,53	2 312,64	12	100%	2 312,64	0,00	0,00%
	Led	90	272	24,48	107 222,40	12	100%	107 222,40	0,00	0,00%
	Led	114	81	9,23	40 444,92	12	100%	40 444,92	0,00	0,00%
	Sodio	150	283	42,45	185 931,00	12	73%	135 729,63	50 201,37	27,00%
	Sodio	150	24	3,60	15 768,00	12	73%	11 510,64	4 257,36	27,00%
	Sodio	150	553	82,95	363 321,00	12	73%	265 224,33	98 096,67	27,00%

ISABELA	Inducción	80	13	1,04	4 555,20	12	25%	1 138,80	3 416,40	75,00%
	Led	66	70	4,62	20 235,60	12	100%	20 235,60	0,00	0,00%
	Led	70	3	0,21	919,80	12	100%	919,80	0,00	0,00%
	Led	90	52	4,68	20 498,40	12	100%	20 498,40	0,00	0,00%
	Led	100	23	2,30	10 074,00	12	100%	10 074,00	0,00	0,00%
	Led	114	121	13,79	60 417,72	12	100%	60 417,72	0,00	0,00%
	Sodio	150	15	2,25	9 855,00	12	73%	7 194,15	2 660,85	27,00%
	Sodio	150	165	24,75	108 405,00	12	73%	79 135,65	29 269,35	27,00%
TOTAL			3 530	-	1 819 092,84	-	-	1 300 240,23	518 852,61	28,52%

Con el fin de explicar la metodología aplicada para determinar el ahorro en el alumbrado público se muestra un ejemplo que corresponde a la sustitución de lámparas de inducción en la isla San Cristóbal. Si embargo, es necesario comprender el concepto de la relación escotópica - fotópica que se detalla a continuación.

Según Boronat en [52] la relación escotópica – fotópica es de suma importancia ya que proporciona un valor que es usado para determinar la cantidad de luz útil que produce una lámpara para el ojo humano. En la Figura 4.32 se muestran distintos valores de dicha relación para diferentes tipos de tecnologías de iluminación.

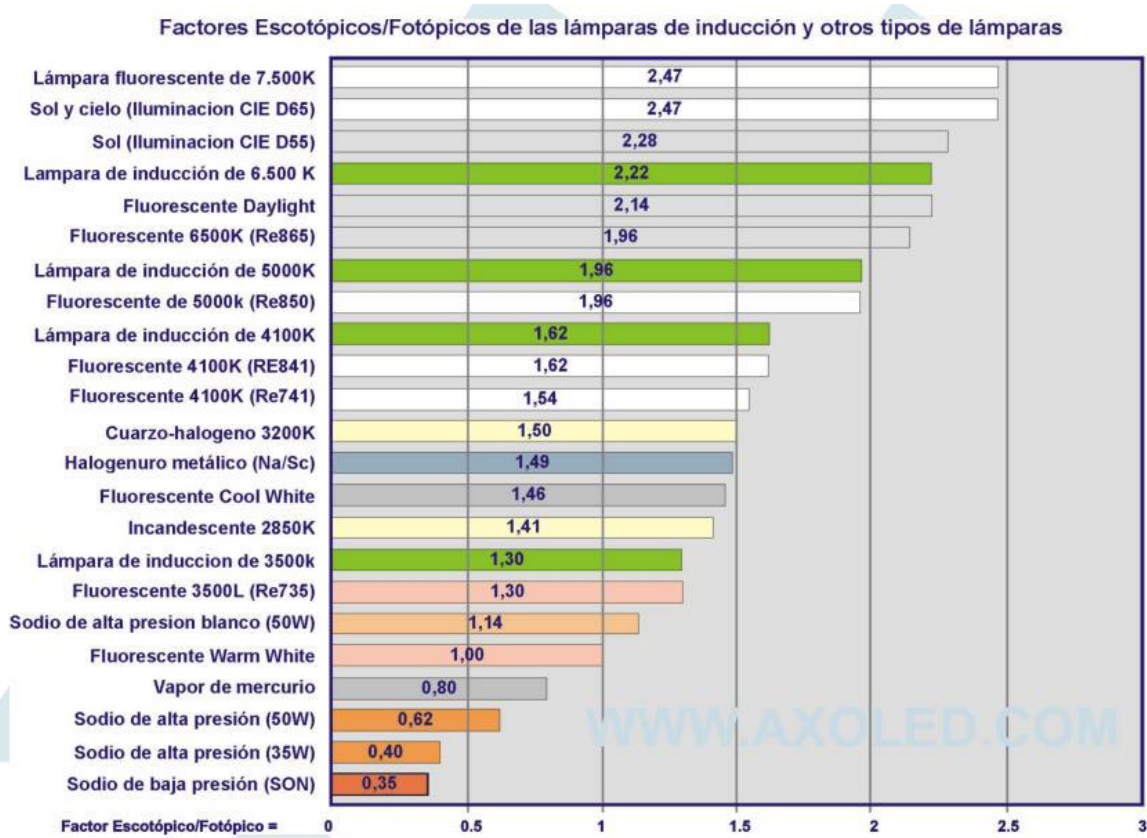


Figura 4.32. Factores escotópicos / fotópicos de distintas lámparas [52].

Para cuantificar el ahorro se tiene la Tabla 4.39, donde se muestra la potencia promedio de los diferentes tipos de lámparas, el flujo luminoso, el valor de la relación escotópica – fotópica, un equivalente de 100 W, el nivel de eficiencia respecto a la tecnología LED y el porcentaje de reducción de consumo debido al recambio.

Tabla 4.39. Comparativa de diferentes tecnologías para iluminación en el alumbrado público [Elaboración Propia].

Tipo	Sodio	LED	Inducción	Mercurio
Potencia [W]	150	115	80	250
Flujo luminoso [lm]	18 000	14 375	7 600	13 000
Eficiencia de la lámpara [lm/W]	120	125	95	52
Relación escotópica - fotópica	0,63	2,25	2,22	0,8
Equivalente 100 W	7 560	28 125	21 090	4 160
Nivel de eficiencia respecto a tecnología LED	3,720	1,000	1,334	6,761
Porcentaje de reducción de consumo con la tecnología LED	73,12%	0,00%	25,01%	85,21%

Para calcular el equivalente de 100 W se divide este valor entre la potencia del equipo. Luego se multiplica el flujo luminoso y la relación escotópica - fotópica como se indica en la Ecuación 4.4. Para evidenciar el equivalente se realiza el ejemplo de cálculo para las lámparas de sodio. El equivalente para una lámpara de sodio es 7 560 lm. El resto de valores equivalentes se muestran en la Tabla 4.39.

$$\text{Equivalente } 100 \text{ W} = \frac{100 \text{ [W]}}{\text{Potencia [W]}} \times \text{Flujo luminoso [lm]} \times \text{Relación escotópica/fotópica} \quad (4.4)$$

$$\text{Equivalente } 100 \text{ W}_{\text{Sodio}} = \frac{100 \text{ [W]}}{150 \text{ [W]}} \times 18\,000 \text{ [lm]} \times 0.63 = 7\,560 \text{ [lm]}$$

Una vez obtenidos los equivalentes de cada una de las tecnologías es necesario comprarlas entre sí. Como resultado de esta comparación se obtiene que la lámpara LED es la más eficiente. Entonces, el nivel de eficiencia se determina a través del cociente entre el equivalente LED con cada uno de los equivalentes de las demás tecnologías. Para ejemplificar el nivel de eficiencia se presenta el cálculo en la Ecuación 4.5 para la lámpara de sodio. El nivel de eficiencia representa cuánto más eficiente es la tecnología A respecto a la tecnología B. En el ejemplo mostrado se obtiene que la lámpara LED es 3,72 veces más eficiente que la lámpara de sodio.

$$\text{Nivel de Eficiencia}_{\text{Sodio vs LED}} = \frac{\text{Equivalente } 100 \text{ W}_{\text{LED}}}{\text{Equivalente } 100 \text{ W}_{\text{Sodio}}} \quad (4.5)$$

$$\text{Nivel de Eficiencia}_{\text{Sodio vs LED}} = \frac{28\,125}{7\,560} = 3,720$$

Finalmente, con el nivel de eficiencia es posible calcular la reducción de consumo eléctrico que representaría sustituir una tecnología por otra. A continuación, se muestra el cálculo de la reducción de consumo debido al reemplazo de una lámpara de sodio por una lámpara

LED usando la Ecuación 4.6. El resultado indica que una lámpara LED consume solo el 73,12% del consumo de una lámpara de sodio.

$$\text{Porcentaje de reducción de consumo}_{\text{Sodio}} = 1 - \frac{1}{\text{Nivel de Eficiencia}_{\text{Sodio vs LED}}} [\%] \quad (4.6)$$

$$\text{Porcentaje de reducción de consumo}_{\text{Sodio}} = 1 - \frac{1}{3,720} = 73,12 [\%]$$

Ahora se presenta un ejemplo de cálculo del ahorro por la sustitución de lámparas de alumbrado público por lámparas más eficientes. El ejemplo de cálculo se realiza para la sustitución lámparas de inducción de la isla San Cristóbal.

Puesto que las lámparas de alumbrado público funcionan desde las 18h00 hasta las 6h00 se tiene que las horas equivalentes de uso diario son 12. Con esto en mente, el consumo anual actual se calcula con la Ecuación 4.8 y el resultado es 70 080,00 kWh.

$$\text{Potencia total de los equipos [kW]} = N^{\circ} \text{ equipos} \times \text{Potencia unitaria [kW]} \quad (4.7)$$

$$\text{Potencia total equipos [kW]} = 200 \times \frac{80 [W]}{1000} = 16 [kW]$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = \text{Potencia total equipos [kW]} \times H \text{ equivalente [h]} \times 365 [\text{días}] \quad (4.8)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = 16[\text{kWh}] \times 12[\text{h}] \times 365[\text{días}] = 70\,080,00[\text{kWh}]$$

La Tabla 4.39 cuenta con los porcentajes de reducción de consumo con la tecnología LED. El cálculo del consumo anual objetivo se obtiene con el producto de dichos porcentajes y el consumo anual actual como indica la Ecuación 4.9. Para el ejemplo el resultado es 17 520,00 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] \times \text{Porcentaje de reducción de consumo}_{\text{Inducción}} \quad (4.9)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] = 70\,080,00 [\text{kWh}] \times 25\% = 17\,520,00 [\text{kWh}]$$

Para finalizar, el ahorro anual es obtenido con la Ecuación 4.10. El resultado es 5 643,56 kWh.

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}}[\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] - \text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] \quad (4.10)$$

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}}[\text{kWh}] = 70\,080,00 [\text{kWh}] - 17\,520,00 [\text{kWh}] = 52\,560,00 [\text{kWh}]$$

4.5.1.1.4 Resumen del eje iluminación

El máximo ahorro por la sustitución de lámparas en el sector residencial, sector comercial y el alumbrado público es presentado en la Tabla 4.40.

Tabla 4.40. Ahorro energético obtenido del Eje Iluminación [Elaboración Propia].

AHORRO ENERGÉTICO OBTENIDO DEL EJE ILUMINACIÓN					
Cantón	Sector	Consumo anual actual [kWh]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Reducción [%]
SAN CRISTÓBAL	Residencial	84 416,44	32 754,28	51 662,17	22,18%
	Comercial	46 713,58	19 003,07	27 710,51	11,90%
	Alumbrado Público	632 612,16	479 051,55	153 560,61	65,92%
	SUBTOTAL	763 742,18	530 808,89	232 933,28	100,00%
SANTA CRUZ	Residencial	144 997,00	68 019,80	76 977,20	17,09%
	Comercial	78 387,40	34 897,21	43 490,19	9,66%
	Alumbrado Público	951 519,96	621 574,56	329 945,40	73,25%
	SUBTOTAL	1 174 904,36	724 491,57	450 412,78	100,00%
ISABELA	Residencial	27 752,78	13 190,82	14 561,96	24,75%
	Comercial	16 321,34	7 395,19	8 926,15	15,17%
	Alumbrado Público	234 960,72	199 614,12	35 346,60	60,08%
	SUBTOTAL	279 034,84	220 200,13	58 834,70	100,00%
TOTAL		2 217 681,37	1 475 500,60	742 180,77	

El mayor ahorro energético se presenta en el alumbrado público que representa más del 60% de los ahorros de cada isla. Esto indica que es uno de los sectores en los cuales se debería prestar mayor atención ya que brinda los mejores beneficios.

4.5.1.2 Eje climatización

El archipiélago se ubica en la costa occidental sudamericana. La ubicación geográfica provoca que las islas posean dos estaciones climáticas. La estación de verano entre enero y mayo y la estación de invierno que va desde junio hasta diciembre.

Dada esta condición, el MERNNR en [49] ha desarrollado programas de eficiencia energética que tienen por objeto la sustitución de aparatos de aire acondicionado antiguos por equipos más eficientes. Estos programas pretenden optimizar los recursos energéticos de las islas en el área de la climatización de interiores.

Como se evidencia en los resultados de la caracterización de usos finales, los aires acondicionados representan un gran porcentaje del consumo de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz. Los elevados consumos de la climatización se presentan tanto en el sector residencial como en el comercial. Las principales tecnologías para la climatización corresponden a aires acondicionados de tipo split, central, individual y de ventana. Con esto mencionado, resulta bastante atractivo aplicar un programa de eficiencia energética para estos aparatos.

Para establecer el potencial de ahorro energético de los aires acondicionados primero se requiere comprender el concepto que define la eficiencia de estos aparatos. Estos se encuentran en la norma UNE-EN 14511 [53].

- **EER:** También conocido como Ratio de Eficiencia Energética. Representa la ratio entre la potencia frigorífica total y la potencia absorbida por el equipo [54].

En la Tabla 4.41 se muestran diferentes tipos de aires acondicionados con distintas capacidades con y factores EER. Adicionalmente, la tabla también muestra el consumo anual promedio de energía tanto en el sector residencial como comercial. La información mostrada en la tabla fue obtenida de los productos presentados en el programa Energy Star de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Los equipos con los que se estima los parámetros anteriormente mencionados se encuentran en el ANEXO G. Por otra parte, los consumos anuales de energía fueron calculados con la ayuda de la herramienta presente en [55].

Tabla 4.41. Comparativa entre distintas tecnologías de aires acondicionados [55].

Tipo	Capacidad [BTU]	EER	Consumo anual de energía Residencial [kWh]	Consumo anual de energía Comercial [kWh]
Split	9000	14,0	257,53	298,57
Split	12000	13,8	356,48	413,29
Split	18000	13,6	543,02	629,54
Split	24000	14,4	718,45	832,93
Central	18000	12,5	551,57	639,46
Central	24000	13,0	681,74	790,37
Central	36000	12,8	1094,52	1268,92
Central	48000	12,0	1506,43	1746,47
Central	60000	12,3	1883,04	2183,09
Ventana	10000	10,8	332,62	385,62
Ventana	12000	10,8	402,58	466,73
Ventana	18000	11,8	558,65	682,44
Ventana	24000	10,2	915,68	1061,58

Ventana	35000	9,1	1496,78	1735,28
Individual	8000	8,1	384,36	445,60
Individual	10000	8,7	447,31	518,59
Individual	12000	9,4	476,53	552,46
Individual	14000	10,2	513,99	595,89

Debido a que la información proporcionada por el ACERNNR no cuenta con el detalle de la capacidad de los equipos, se opta por realizar un promedio de los factores EER y los consumos anuales de energía en ambos sectores. Para obtener la eficiencia de una tecnología respecto a otra se calcula la diferencia entre la tecnología que mayor promedio de EER presenta y el promedio de EER de las demás tecnologías.

Se presenta un ejemplo de cálculo que muestra la comparativa entre la tecnología tipo Split, la cual que posee el mayor EER, y la tecnología tipo ventana. En el caso del ejemplo, el resultado de esta diferencia es 3,4 obtenido con la Ecuación 4.11.

$$EER \text{ split vs Ventana} = EER_{split} - EER_{ventana} \quad (4.11)$$

$$EER \text{ split vs Ventana} = 14,0 - 10,5 = 3,4$$

Finalmente, para determinar cuánto más eficiente es una tecnología respecto a otra se calcula el cociente entre el valor obtenido de la diferencia de EER de cada tecnología y el menor valor de EER de las tecnologías comparadas. El resultado representa la reducción del consumo energético eléctrico que se tendría por el reemplazo a una tecnología más eficiente. En este caso el EER más bajo corresponde a la tecnología tipo individual con un valor de 9,1. Con el fin de comparar el porcentaje de reducción de consumo debido a la sustitución de un aire acondicionado tipo ventana por uno tipo split se usa la Ecuación 4.12. El resultado es 37,47%.

$$\text{Reducción de consumo split vs Ventana} = \frac{EER \text{ split vs Ventana}}{EER_{MIN}} \quad (4.12)$$

$$\text{Reducción de consumo split vs Ventana} = \frac{3,4}{9,1} = 37,47 \text{ [\%]}$$

En la Tabla 4.42 se presenta lo descrito anteriormente.

Tabla 4.42. Comparativa de ratios de eficiencia energética para diferentes tecnologías de acondicionamiento de aire [Elaboración Propia].

Tipo	Promedio EER	Consumo promedio anual de energía Residencial [kWh]	Consumo promedio anual de energía Comercial [kWh]	Diferencia respecto al más eficiente	Porcentaje de mayor eficiencia
Split	14,0	592,30	686,68	-	-
Central	12,5	1143,46	1325,66	1,4	15,71%
Ventana	10,5	741,26	866,33	3,4	37,47%
Individual	9,1	455,55	528,14	4,9	53,30%

Si bien se considera que los aires acondicionados tipo split son los equipos más eficientes, con el ANEXO G se observa que entre equipos del mismo tipo y las mismas capacidades existen diferentes valores de EER. Con esto dicho, se define que los aparatos tipo split sean reemplazados por otros equipos del mismo tipo, pero más eficientes. Se establece que la reducción del consumo por este reemplazo es del 15%, esto implica que el consumo objetivo sea el 85% del consumo actual para esta tecnología.

Adicionalmente, con base en los resultados de la encuesta de caracterización de los usos finales de la energía se tiene que en el sector residencial el 82% de los encuestados solo usa estos equipos en verano. Mientras que para el sector comercial el 73% de los usuarios afirma usar estos equipos en el periodo de calor. Esto se resume de mejor manera en la Tabla 4.43 y la Tabla 4.44.

Tabla 4.43. Porcentaje de uso de equipos de climatización por periodo en residencias [Elaboración Propia].

Sector Residencial		
Periodo	Cantidad	Porcentaje
Solo verano	96	82,05%
Todo el año	21	17,95%
Total	117	100,00%

Tabla 4.44. Porcentaje de uso de equipos de climatización por periodo en comercios [Elaboración Propia].

Sector Comercial		
Periodo	Cantidad	Porcentaje
Solo verano	90	73,17%
Todo el año	33	26,83%
Total	123	100,00%

4.5.1.2.1 Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial

En la Tabla 4.45 se muestran los potenciales ahorros por la sustitución de aparatos de aires acondicionados en el sector residencial. La información referente a la cantidad de equipos desagregados por isla y tecnología fue proporcionada por la ACERNNR en [49].

Tabla 4.45. Consumo eléctrico de aires acondicionados en el sector residencial [Elaboración Propia].

CONSUMO ELÉCTRICO DE AIRES ACONDICIONADOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL											
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de aire acondicionado	N.º de aparatos	Energía Unitaria Anual [kWh]	Consumo invierno [kWh]	Consumo verano [kWh]	Consumo anual actual [kWh]	Porcentaje de consumo Split vs Otras Tecnologías	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
San Cristóbal	131-250	De ventana	84	741,26	11 176,72	51 089,12	62 265,84	62,53%	38 933,26	23 332,58	37,47%
		Split	70	592,30	7 442,25	34 018,75	41 461,00	85,00%	35 241,85	6 219,15	15,00%
	251-500	De ventana	36	741,26	4 790,02	21 895,34	26 685,36	62,53%	16 685,68	9 999,68	37,47%
		Split	156	592,30	16 585,58	75 813,22	92 398,80	85,00%	78 538,98	13 859,82	15,00%
	501-1000	Split	27	592,30	2 870,58	13 121,52	15 992,10	85,00%	13 593,29	2 398,82	15,00%
>1000	Split	2	592,30	212,64	971,96	1 184,60	85,00%	1 006,91	177,69	15,00%	
Isabela	131-250	Split	40	592,30	4 252,71	19 439,29	23 692,00	85,00%	20 138,20	3 553,80	15,00%
	251-500	De ventana	6	741,26	798,34	3 649,22	4 447,56	62,53%	2 780,95	1 666,61	37,47%
		Split	60	592,30	6 379,07	29 158,93	35 538,00	85,00%	30 207,30	5 330,70	15,00%
	501-1000	Split	18	592,30	1 913,72	8 747,68	10 661,40	85,00%	9 062,19	1 599,21	15,00%
>1000	Split	3	592,30	318,95	1 457,95	1 776,90	85,00%	1 510,37	266,54	15,00%	
Santa Cruz	0-50	Individual	54	455,55	4 415,65	20 184,05	24 599,70	46,70%	11 488,87	13 110,83	53,30%
	51-130	Individual	90	455,55	7 359,41	33 640,09	40 999,50	46,70%	19 148,12	21 851,38	53,30%
		De ventana	36	741,26	4 790,02	21 895,34	26 685,36	62,53%	16 685,68	9 999,68	37,47%
	Split	36	592,30	3 827,44	17 495,36	21 322,80	85,00%	18 124,38	3 198,42	15,00%	
131-250	Individual	228	455,55	18 643,84	85 221,56	103 865,40	46,70%	48 508,57	55 356,83	53,30%	

		De ventana	19	741,26	2 528,07	11 555,87	14 083,94	62,53%	8 806,33	5 277,61	37,47%	
		Split	152	592,30	16 160,31	73 869,29	90 029,60	85,00%	76 525,16	13 504,44	15,00%	
	251-500	Individual	200	455,55	16 354,25	74 755,76	91 110,00	46,70%	42 551,37	48 558,63	53,30%	
		De ventana	80	741,26	10 644,49	48 656,31	59 300,80	62,53%	37 079,29	22 221,51	37,47%	
		Split	20	592,30	2 126,36	9 719,64	11 846,00	85,00%	10 069,10	1 776,90	15,00%	
		Individual	160	455,55	13 083,40	59 804,60	72 888,00	46,70%	34 041,10	38 846,90	53,30%	
	501-1000	De ventana	80	741,26	10 644,49	48 656,31	59 300,80	62,53%	37 079,29	22 221,51	37,47%	
		Individual	16	455,55	1 308,34	5 980,46	7 288,80	46,70%	3 404,11	3 884,69	53,30%	
	>1000	Central	8	1 143,46	1 642,01	7 505,67	9 147,68	84,29%	7 710,19	1 437,49	15,71%	
		Split	16	592,3	1 701,09	7 775,71	9 476,80	85,00%	8 055,28	1 421,52	15,00%	
	TOTAL			1 697	-	171 969,75	786 078,99	958 048,74	-	626 975,80	331 072,94	34,56%

4.5.1.2.2 Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial

De igual manera, para el sector comercial la información de la cantidad de equipos desagregados por isla y tecnología fue proporcionada por la ARCERNNR en [49]. Los ahorros de este sector se presentan en la Tabla 4.46.

Tabla 4.46. Consumo eléctrico de aires acondicionados en el sector comercial [Elaboración Propia].

CONSUMOS ELÉCTRICOS DE AIRES ACONDICIONADOS EN EL SECTOR COMERCIAL											
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de aire acondicionado	N.º de aparatos	Energía Unitaria Anual [kWh]	Consumo invierno [kWh]	Consumo verano [kWh]	Consumo anual actual [kWh]	Porcentaje de consumo Split vs Otras Tecnologías	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
San Cristóbal	151-500	Split	15	686,68	2 763,54	7 536,66	10 300,20	85,00%	8 755,17	1 545,03	15,00%
	501-1000	Split	28	686,68	5 158,61	14 068,43	19 227,04	85,00%	16 342,98	2 884,06	15,00%
		Split	14	686,68	2 579,31	7 034,21	9 613,52	85,00%	8 171,49	1 442,03	15,00%
	Hotel	Individual	30	528,14	4 251,00	11 593,20	15 844,20	46,70%	7 399,76	8 444,44	53,30%
	Hotel	De ventana	78	866,33	18 130,03	49 443,71	67 573,74	62,53%	42 252,15	25 321,59	37,47%
	Hotel	Split	114	686,68	21 002,93	57 278,59	78 281,52	85,00%	66 539,29	11 742,23	15,00%
Isabela	151-500	Individual	28	528,14	3 967,60	10 820,32	14 787,92	46,70%	6 906,45	7 881,47	53,30%
	501-1000	Split	44	686,68	8 106,39	22 107,53	30 213,92	85,00%	25 681,83	4 532,09	15,00%
	Hotel	Individual	10	528,14	1 417,00	3 864,40	5 281,40	46,70%	2 466,59	2 814,81	53,30%
	Hotel	Split	10	686,68	1 842,36	5 024,44	6 866,80	85,00%	5 836,78	1 030,02	15,00%
Santa Cruz	0-150	Individual	126	528,14	17 854,20	48 691,44	66 545,64	46,70%	31 079,01	35 466,63	53,30%
	151-500	Individual	36	528,14	5 101,20	13 911,84	19 013,04	46,70%	8 879,72	10 133,32	53,30%
	151-500	De ventana	36	866,33	8 367,71	22 820,17	31 187,88	62,53%	19 500,99	11 686,89	37,47%
	501-1000	Individual	60	528,14	8 502,00	23 186,40	31 688,40	46,70%	14 799,53	16 888,87	53,30%
	501-1000	Split	20	686,68	3 684,72	10 048,88	13 733,60	85,00%	11 673,56	2 060,04	15,00%

	Hotel	Individual	266	528,14	37 692,19	102 793,05	140 485,24	46,70%	65 611,24	74 874,00	53,30%
	Hotel	Central	7	1 325,66	2 489,72	6 789,90	9 279,62	84,29%	7 821,39	1 458,23	15,71%
	Hotel	De ventana	42	866,33	9 762,33	26 623,53	36 385,86	62,53%	22 751,16	13 634,70	37,47%
TOTAL			964	-	162 672,85	443 636,69	606 309,54	-	372 469,10	233 840,44	38,57%

Para mostrar la metodología de cálculo se toma como ejemplo la sustitución de aires acondicionados de tipo ventana del estrato 131 – 250 kWh de la isla San Cristóbal en el sector residencial. De la Tabla 4.45 se obtiene la energía unitaria anual de los aparatos tipo ventana.

La energía unitaria multiplicada por la cantidad de equipos existentes y el porcentaje de usuarios que usan estos equipos en el todo el año da como resultado el consumo en el periodo de invierno como se indica en la Ecuación 4.13. De igual manera aplicando la Ecuación 4.14 se obtiene el consumo en el periodo de verano. Este se calcula a través del producto de la cantidad de equipos, la energía unitaria y el porcentaje de usuarios que utiliza los equipos en ese periodo. El consumo actual se calcula con la Ecuación 4.15 que representa la suma de los consumos de ambos periodos.

El consumo en invierno es 11 176,72 kWh, mientras que el consumo en verano es 51 089,12 kWh. Entonces, el consumo anual actual es 62 265,84 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Invierno}} = N^{\circ} \text{ equipos} \times \text{Energía unitaria [kWh]} \times \text{Porcentaje de consumo en todo el año} \quad (4.13)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Invierno}} = 84 \times 741,26 \text{ [kWh]} \times 17,95\% = 11\,176,72 \text{ [kWh]}$$

$$\text{Consumo}_{\text{Verano}} = N^{\circ} \text{ equipos} \times \text{Energía unitaria [kWh]} \times \text{Porcentaje de consumo en verano} \quad (4.14)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Verano}} = 84 \times 741,26 \text{ [kWh]} \times 82,05\% = 51\,089,12 \text{ [kWh]}$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Invierno}}[\text{kWh}] + \text{Consumo}_{\text{Verano}}[\text{kWh}] \quad (4.15)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = 11\,176,72 \text{ [kWh]} + 51\,089,12 \text{ [kWh]} = 62\,265,84 \text{ [kWh]}$$

Para el cálculo del consumo objetivo se tiene que este es un porcentaje del consumo anual actual. El valor depende del tipo de tecnología por la cual se sustituye. En el ejemplo se reemplaza el tipo ventana por el tipo split. En este caso se tiene que la reducción del consumo por el recambio es de 37,47% lo que implica que el consumo objetivo será el 62,53% del consumo actual. El cálculo se realiza con la Ecuación 4.16 y se obtiene como resultado 38 933,26 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] \times \text{Porcentaje de reducción de consumo} \quad (4.16)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Objetivo}}[\text{kWh}] = 62\,265,84 \text{ [kWh]} \times 62,53\% = 38\,933,26 \text{ [kWh]}$$

El ahorro anual se obtiene con la Ecuación 4.17 que consiste en calcular la diferencia entre el consumo actual y el consumo objetivo. El ahorro anual para el ejemplo es 23 332,58 kWh

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} [\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}} [\text{kWh}] - \text{Consumo}_{\text{objetivo}} [\text{kWh}] \quad (4.17)$$

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} [\text{kWh}] = 62\,265,84 [\text{kWh}] - 38\,933,26 [\text{kWh}] = 23\,332,58 [\text{kWh}]$$

4.5.1.2.3 Resumen del eje de climatización

En la Tabla 4.47 se presentan los ahorros obtenidos producto de la sustitución de equipos de aire acondicionado por aparatos más eficientes.

Tabla 4.47. Ahorro energético eléctrico obtenido del Eje Climatización [Elaboración Propia].

AHORRO ENERGÉTICO OBTENIDO DEL EJE CLIMATIZACIÓN					
Cantón	Sector	Consumo anual actual [kWh]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Reducción [%]
SAN CRISTÓBAL	Residencial	239 987,70	183 999,96	55 987,74	52,15%
	Comercial	200 840,22	149 460,85	51 379,37	47,85%
	SUBTOTAL	440 827,92	333 460,82	107 367,10	100,00%
SANTA CRUZ	Residencial	641 945,18	379 276,84	262 668,34	61,25%
	Comercial	348 319,28	182 116,60	166 202,68	38,75%
	SUBTOTAL	990 264,46	561 393,44	428 871,02	100,00%
ISABELA	Residencial	76 115,86	63 699,00	12 416,86	43,30%
	Comercial	57 150,04	40 891,65	16 258,39	56,70%
	SUBTOTAL	133 265,90	104 590,65	28 675,25	100,00%
TOTAL		1 564 358,28	999 444,90	564 913,38	

Se puede evidenciar que la sustitución en San Cristóbal tiene un impacto similar en el sector residencial y comercial. Sin embargo, en la isla Santa Cruz se tiene que la sustitución en el sector residencial tendrá mayores ahorros. Por otro lado, en Isabela la situación es opuesta ya que los mayores ahorros se presentan en el sector comercial.

4.5.1.3 Eje refrigeración

El MERNNR con el afán de impulsar la eficiencia energética establece que uno de los proyectos propuestos en [49] sea la sustitución de refrigeradores por equipos más eficientes. El proyecto más emblemático fue el RENOVA I. implementado desde el año 2012 hasta el año 2016. En él se sustituyeron alrededor de 95 000 refrigeradores a nivel nacional. En lo referente a Galápagos se sustituyeron poco más de 1 000 unidades. El

programa RENOVA I representó un ahorro energético de 137 MWh/año en las islas Galápagos, que a su vez evitó la emisión de 600 tCO₂.

Con el fin de obtener resultados favorables como los logrados con el RENOVA I, es vital que se realice nuevamente una sustitución de equipos puesto que ya han pasado al menos 5 años desde el último reemplazo.

Los equipos que se propone reemplazar son aquellos que poseen la categoría A o inferior en el etiquetado energético por artefactos con categoría A++. Se asume que con el RENOVA I la mayoría de los equipos llegaron hasta la categoría A. Estas categorías se muestran en la Figura 4.33.



Figura 4.33. Etiquetado de eficiencia energética para equipos de refrigeración [56].

La ARCERNNR brindó información relacionada con la cantidad de equipos existentes en las islas. Sin embargo, no se cuenta con el detalle del consumo energético de estos. Con esta situación, es necesario categorizar a los equipos según su tamaño. En el ANEXO G se presentan los equipos con los cuales se realizó la clasificación. La información de estos aparatos fue extraída del programa Energy Star de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

En la Tabla 4.48 y en la Tabla 4.49 se muestran las capacidades en pies cúbicos de los refrigeradores y los congeladores respectivamente. Estas tablas también incluyen el porcentaje de consumo de energía menor al estándar federal de los Estados Unidos.

Tabla 4.48. Capacidad y porcentajes de consumo de refrigeradores con respecto al estándar federal de EE.UU. [57].

Refrigeradores	
Capacidad [ft3]	Porcentaje de consumo de energía menor que el estándar federal de EE. UU.
Menor a 4,0	14,30%
4,0 - 6,9	14,71%
7,0 - 9,9	13,11%
10,0 - 12,9	12,49%
13,0 - 16,9	13,68%
17,0 - 19,9	11,61%
20,0 - 24,9	10,48%
25,0 - 29,9	9,91%
Mayor a 30	8,57%
Promedio	12,10%

Tabla 4.49. Capacidad y porcentajes de consumo de congeladores con respecto al estándar federal de EE.UU [57].

Congeladores	
Capacidad [ft3]	Porcentaje de consumo de energía menor que el estándar federal de EE. UU.
Menor a 5,0	12,79%
5,0 - 9,9	13,06%
10,0 - 14,9	12,64%
15,0 - 20,0	13,51%
Mayor a 20	10,22%
Promedio	12,44%

De la encuesta de caracterización de usos finales de la energía se obtuvo el porcentaje de usuarios que poseían los refrigeradores pequeños, medianos y grandes tanto en el sector residencial como comercial esto se muestra en la Tabla 4.50. Además, en la Tabla 4.51 se muestra la cantidad de congeladores, el tamaño y el porcentaje que representan de ambos sectores.

Tabla 4.50. Desagregación por tamaño de refrigeradores en el sector residencial y comercial [Elaboración Propia].

Sector Residencial			Sector Comercial		
Tamaño	Cantidad de Refrigeradores	Porcentaje	Tamaño	Cantidad de Refrigeradores	Porcentaje
Pequeño	63	24,71%	Pequeño	32	17,88%
Mediano	143	56,08%	Mediano	112	62,57%
Grande	49	19,22%	Grande	35	19,55%
Total	255	100,00%	Total	179	100,00%

Tabla 4.51. Desagregación por tamaño de congeladores en el sector residencial y comercial [Elaboración Propia].

Sector Residencial			Sector Comercial		
Tamaño	Cantidad de Congeladores	Porcentaje	Tamaño	Cantidad de Congeladores	Porcentaje
Pequeño	20	90,91%	Pequeño	34	31,19%
Grande	2	9,09%	Grande	75	68,81%
Total	22	100,00%	Total	109	100,00%

En la Tabla 4.52 y la Tabla 4.53 se muestran las capacidades que son tratadas como tamaño pequeño, mediano y grande. Además, estas tablas muestran los consumos promedio anuales de energía típicos y los promedios anuales de energía según el estándar de los Estados Unidos.

Tabla 4.52. Consumo promedio de energía de refrigeradores con diferentes capacidades [57].

Tamaño	Capacidad de Refrigeradores [ft3]	Consumo promedio anual de energía [kWh]	Consumo promedio anual de energía EEUU [kWh]
Pequeño	Menores a 9,9	258,78	302,29
Mediano	Entre 10 y 19,9	402,27	456,01
Grande	Mayores a 20	601,06	661,75

Tabla 4.53. Consumo promedio de energía de congeladores con diferentes capacidades [57].

Tamaño	Capacidad de Congeladores [ft3]	Consumo promedio anual de energía [kWh]	Consumo promedio anual de energía EEUU [kWh]
Pequeño	Menores a 14,9	317,33	363,15
Grande	Mayores a 15	485,21	552,29

Con base en los porcentajes de posesión de equipos mostrados en la Tabla 4.50 y la Tabla 4.51 se estiman los consumos anuales promedio a través de una ponderación con base en dichos porcentajes. Los consumos promedio se presentan en la Tabla 4.54 para los refrigeradores y en la Tabla 4.55 para los congeladores.

Tabla 4.54. Promedio ponderado del consumo anual para refrigeradores en el sector residencial y comercial
[Elaboración Propia].

Sector	Promedio ponderado de consumo anual [kWh]	Promedio ponderado de consumo anual de energía EEUU [kWh]
Residencial	405,02	457,57
Comercial	415,49	468,76

Tabla 4.55. Promedio ponderado del consumo anual para congeladores en el sector residencial y comercial
[Elaboración Propia].

Sector	Promedio ponderado de consumo anual [kWh]	Promedio ponderado de consumo anual de energía EEUU [kWh]
Residencial	332,59	380,34
Comercial	432,84	493,29

4.5.1.3.1 Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial

Como se especificó anteriormente, la ARCERNR en [49] proporcionó información sobre la cantidad de equipos que se tiene en las islas. En la Tabla 4.56 se muestran los ahorros que generaría la sustitución de los equipos por unos más eficientes.

Tabla 4.56. Consumo eléctrico de refrigeración en el sector residencial [Elaboración Propia].

CONSUMO ELÉCTRICO DE REFRIGERACIÓN EN EL SECTOR RESIDENCIAL									
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de refrigerador	N.º de aparatos	Energía Unitaria Anual [kWh]	Consumo anual actual [kWh]	Porcentaje de consumo A+ vs A	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
San Cristóbal	0-50	Refrigerador	198	457,57	90 598,86	75,00%	67 949,15	22 649,72	25,00%
	51-130	Refrigerador	774	457,57	354 159,18	75,00%	265 619,39	88 539,80	25,00%
	131-250	Refrigerador	742	457,57	339 516,94	75,00%	254 637,71	84 879,24	25,00%
		Cong. horiz.	14	380,34	5 324,76	75,00%	3 993,57	1 331,19	25,00%
	251-500	Refrigerador	312	457,57	142 761,84	75,00%	107 071,38	35 690,46	25,00%
		Cong. horiz.	36	380,34	13 692,24	75,00%	10 269,18	3 423,06	25,00%
	501-1000	Refrigerador	54	457,57	24 708,78	75,00%	18 531,59	6 177,20	25,00%
	> 1.000	Refrigerador	4	457,57	1 830,28	75,00%	1 372,71	457,57	25,00%
Cong. horiz.		2	380,34	760,68	75,00%	570,51	190,17	25,00%	
Santa Cruz	0-50	Refrigerador	567	457,57	259 442,19	75,00%	194 581,64	64 860,55	25,00%
	51-130	Refrigerador	1.368	457,57	625 955,76	75,00%	469 466,82	156 488,94	25,00%
		Cong. horiz.	18	380,34	6 846,12	75,00%	5 134,59	1 711,53	25,00%
	131-250	Refrigerador	1.406	457,57	643 343,42	75,00%	482 507,57	160 835,86	25,00%
		Cong. horiz.	95	380,34	36 132,30	75,00%	27 099,23	9 033,08	25,00%
	251-500	Refrigerador	900	457,57	411 813,00	75,00%	308 859,75	102 953,25	25,00%
		Cong. horiz.	60	380,34	22 820,40	75,00%	17 115,30	5 705,10	25,00%
501-1000	Refrigerador	280	457,57	128 119,60	75,00%	96 089,70	32 029,90	25,00%	

		Cong. horiz.	120	380,34	45 640,80	75,00%	34 230,60	11 410,20	25,00%	
	> 1.000	Refrigerador	32	457,57	14 642,24	75,00%	10 981,68	3 660,56	25,00%	
		Cong. horiz.	16	380,34	6 085,44	75,00%	4 564,08	1 521,36	25,00%	
Isabela	0-50	Refrigerador	156	457,57	71 380,92	75,00%	53 535,69	17 845,23	25,00%	
		Cong. horiz.	24	380,34	9 128,16	75,00%	6 846,12	2 282,04	25,00%	
	51-130	Refrigerador	319	457,57	145 964,83	75,00%	109 473,62	36 491,21	25,00%	
		Cong. horiz.	11	380,34	4 183,74	75,00%	3 137,81	1 045,94	25,00%	
	131-250	Refrigerador	256	457,57	117 137,92	75,00%	87 853,44	29 284,48	25,00%	
		Cong. horiz.	24	380,34	9 128,16	75,00%	6 846,12	2 282,04	25,00%	
	251-500	Refrigerador	96	457,57	43 926,72	75,00%	32 945,04	10 981,68	25,00%	
		Cong. horiz.	48	380,34	18 256,32	75,00%	13 692,24	4 564,08	25,00%	
	501-1000	Refrigerador	18	457,57	8 236,26	75,00%	6 177,20	2 059,07	25,00%	
		Cong. horiz.	6	380,34	2 282,04	75,00%	1 711,53	570,51	25,00%	
	> 1.000	Refrigerador	3	457,57	1 372,71	75,00%	1 029,53	343,18	25,00%	
		Cong. horiz.	3	380,34	1 141,02	75,00%	855,77	285,26	25,00%	
	TOTAL			7 962		3 606 333,63		2 704 750,22	901 583,41	25,00%

4.5.1.3.2 Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial

De igual forma, la información de la cantidad de equipos desagregados por isla fue obtenida de la ARCERNNR en [49]. En la Tabla 4.57 se muestran los ahorros energéticos del sector.

Tabla 4.57. Consumo eléctrico de refrigeración en el sector comercial [Elaboración Propia].

CONSUMOS ELÉCTRICOS DE REFRIGERACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL									
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de refrigerador	N.º de aparatos	Consumo anual actual [kWh]	Consumo actual anual [kWh]	Porcentaje de consumo A+ vs A	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
San Cristóbal	151-500	Refrigerador	90	468,79	42 191,10	75,00%	31 643,33	10 547,78	25,00%
		Cong. horiz.	90	493,29	44 396,10	75,00%	33 297,08	11 099,03	25,00%
		Cong. vert.	15	493,29	7 399,35	75,00%	5 549,51	1 849,84	25,00%
		Refrigerador	30	468,79	14 063,70	75,00%	10 547,78	3 515,93	25,00%
		Cong. horiz.	15	493,29	7 399,35	75,00%	5 549,51	1 849,84	25,00%
	501-1000	Refrigerador	84	468,79	39 378,36	75,00%	29 533,77	9 844,59	25,00%
		Cong. horiz.	56	493,29	27 624,24	75,00%	20 718,18	6 906,06	25,00%
		Refrigerador	14	468,79	6 563,06	75,00%	4 922,30	1 640,77	25,00%
		Cong. vert.	14	493,29	6 906,06	75,00%	5 179,55	1 726,52	25,00%
	Hotel	Refrigerador	144	468,79	67 505,76	75,00%	50 629,32	16 876,44	25,00%
		Cong. horiz.	54	493,29	26 637,66	75,00%	19 978,25	6 659,42	25,00%
		Frigorífico	6	493,29	2 959,74	75,00%	2 219,81	739,94	25,00%
Santa Cruz	0-150	Refrigerador	126	468,79	59 067,54	75,00%	44 300,66	14 766,89	25,00%
		Cong. horiz.	42	493,29	20 718,18	75,00%	15 538,64	5 179,55	25,00%
	151-500	Refrigerador	144	468,79	67 505,76	75,00%	50 629,32	16 876,44	25,00%
		Cong. horiz.	108	493,29	53 275,32	75,00%	39 956,49	13 318,83	25,00%
	501-1000	Refrigerador	100	468,79	46 879,00	75,00%	35 159,25	11 719,75	25,00%

		Cong. horiz.	40	493,29	19 731,60	75,00%	14 798,70	4 932,90	25,00%	
	Hotel	Refrigerador	252	468,79	118 135,08	75,00%	88 601,31	29 533,77	25,00%	
		Cong. horiz.	77	493,29	37 983,33	75,00%	28 487,50	9 495,83	25,00%	
		Frigorífico	7	493,29	3 453,03	75,00%	2 589,77	863,26	25,00%	
Isabela	0-150	Refrigerador	56	468,79	26 252,24	75,00%	19 689,18	6 563,06	25,00%	
		Cong. horiz.	42	493,29	20 718,18	75,00%	15 538,64	5 179,55	25,00%	
	151-500	Refrigerador	56	468,79	26 252,24	75,00%	19 689,18	6 563,06	25,00%	
		Cong. horiz.	28	493,29	13 812,12	75,00%	10 359,09	3 453,03	25,00%	
	501-1000	Refrigerador	22	468,79	10 313,38	75,00%	7 735,04	2 578,35	25,00%	
	Hotel	Refrigerador	14	468,79	6 563,06	75,00%	4 922,30	1 640,77	25,00%	
		Cong. horiz.	6	493,29	2 959,74	75,00%	2 219,81	739,94	25,00%	
		Cong. vert.	1	493,29	493,29	75,00%	369,97	123,32	25,00%	
	TOTAL			1 733		827 137,57		620 353,18	206 784,39	25,00%

Para explicar la metodología de cálculo de los ahorros anuales se usa como ejemplo de cálculo los refrigeradores de del estrato 0 – 50 kWh de la isla San Cristóbal en el sector residencial. La energía unitaria de los refrigeradores se obtiene de la Tabla 4.54. Esta energía multiplicada por la cantidad de equipos resulta el consumo actual anual. Esto se indica en la Ecuación 4.18. El resultado es 90 598,86 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = N^{\circ} \text{ equipos} \times \text{Energía unitaria} [\text{kWh}] \quad (4.18)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] = 198 \times 457.57[\text{kWh}] = 90\,598,86 [\text{kWh}]$$

En la Figura 4.33 se especifica que los equipos con etiqueta A poseen un consumo entre el 90% al 100% de la media, mientras que los equipos de etiqueta A++ poseen un consumo entre el 55% al 75% de la media. Entonces, asumiendo que el consumo de los refrigeradores y congeladores con etiqueta A corresponde al 100% del consumo de la media, con el reemplazo de estos es posible llegar hasta un 75% del consumo de la media. Este salto representaría una reducción del 25% del consumo de energía.

Con la consideración de la reducción del consumo definida como el 25% se tiene que el consumo anual objetivo es el 75% del consumo anual actual. El consumo anual objetivo se calcula con la Ecuación 4.19 y el resultado para el ejemplo es 67 949,15 kWh. Finalmente, los ahorros son calculados con la Ecuación 4.20 obteniendo como resultado 22 649,72 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{objetivo}}[\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] \times \text{Porcentaje de reducción de consumo} \quad (4.19)$$

$$\text{Consumo}_{\text{objetivo}}[\text{kWh}] = 90\,598,86 [\text{kWh}] \times 75\% = 67\,949,15 [\text{kWh}]$$

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} [\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}}[\text{kWh}] - \text{Consumo}_{\text{objetivo}}[\text{kWh}] \quad (4.20)$$

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} [\text{kWh}] = 90\,598,86 [\text{kWh}] - 67\,949,15 [\text{kWh}] = 22\,649,72 [\text{kWh}]$$

4.5.1.3.3 Resumen del eje de refrigeración

En la Tabla 4.58 se presentan los resultados del reemplazo de refrigeradores y congeladores en los sectores residencial y comercial por aparatos más eficientes. Se propone la sustitución de equipos con una etiqueta A o inferior por equipos de etiqueta A++. Con base en la tabla de resumen energético se tiene que los mayores ahorros por la sustitución de equipos de refrigeración se presentan en el sector residencial.

Tabla 4.58. Ahorro energético obtenido del Eje Refrigeración

AHORRO ENERGÉTICO OBTENIDO DEL EJE REFRIGERACIÓN					
Cantón	Sector	Consumo anual actual [kWh]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Reducción [%]
SAN CRISTÓBAL	Residencial	973 353,56	730 015,17	243 338,39	76,86%
	Comercial	293 024,48	219 768,36	73 256,12	23,14%
	SUBTOTAL	1 266 378,04	949 783,53	316 594,51	100,00%
SANTA CRUZ	Residencial	2 200 841,27	1 650 630,95	550 210,32	83,76%
	Comercial	426 748,84	320 061,63	106 687,21	16,24%
	SUBTOTAL	2 627 590,11	1 970 692,58	656 897,53	100,00%
ISABELA	Residencial	432 138,80	324 104,10	108 034,70	80,10%
	Comercial	107 364,25	80 523,19	26 841,06	19,90%
	SUBTOTAL	539 503,05	404 627,29	134 875,76	100,00%
TOTAL		4 433 471,20	3 325 103,40	1 108 367,80	

4.5.1.4 Eje de producción de agua caliente sanitaria

Hoy en día, el tener acceso a un suministro de agua caliente para uso doméstico y comercial es algo bastante común, pues en muchos de los hogares y comercios existen equipos que ayudan a proporcionar este recurso. Las tecnologías más comunes para la obtención de agua caliente sanitaria son calefones a gas, calefones eléctricos y duchas eléctricas.

Estos equipos pueden ser considerados eficientes, pues en el caso de los calefones a gas la energía producida por la combustión del combustible es aprovechada casi en su totalidad para el calentamiento del líquido con un mínimo de pérdidas. De igual forma, en el caso de los calefones eléctricos y las duchas eléctricas, la energía proveniente de la red eléctrica es aprovechada casi por completo a través del efecto joule. Este efecto genera el calor necesario para calentar el agua.

Sin embargo, la fuente de energía para todos los equipos proviene de fuentes no renovables, pues los calefones a gas utilizan combustibles fósiles y la energía eléctrica que alimenta los calefones eléctricos y las duchas es producida en gran parte con combustibles fósiles. Esto provoca que para alimentar los equipos sea necesario la importación de combustibles desde el continente. Como se ha mencionado anteriormente esto representa un costo económico, un riesgo para el ecosistema de las islas y una fuente de generación de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que provoca una afectación al frágil ecosistema.

Por otra parte, las islas Galápagos se encuentran en una ubicación que cuenta con un buen nivel de radiación solar a lo largo de todo el año como se muestra en la Figura 4.34. Por lo tanto, se propone el uso de colectores solares para el calentamiento de agua. De esta forma se pretende generar un ahorro energético eléctrico en las islas.

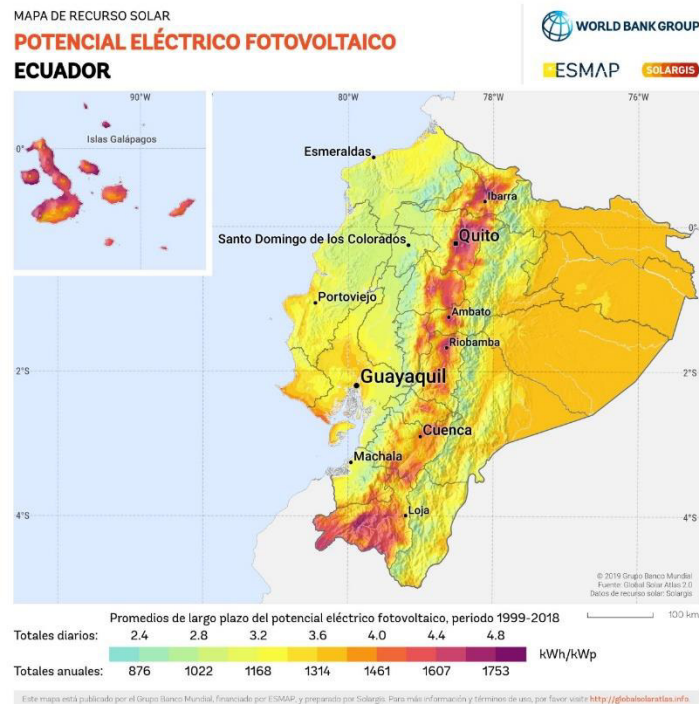


Figura 4.34. Potencial fotovoltaico en el Ecuador [58].

La implementación de sistemas de calentamiento de agua que aprovechen el recurso solar de las islas en los sectores residencial y comercial puede generar un ahorro energético significativo. Esto debido a que se reduce la totalidad del consumo de electricidad para calentar agua.

Tanto en el sector residencial como en el comercial, los calefones a gas son los más usados para obtener agua caliente según la información proporcionada por la ARCERNNR en [49]. Si bien estos equipos no necesitan de un consumo de energía eléctrica proveniente de la red, la sustitución de estos equipos representaría una considerable reducción de consumo de gas licuado de petróleo (GLP). El GLP genera emisiones de gases de efecto invernadero y en su transporte hacia las islas presenta un constante riesgo para el ecosistema del archipiélago; por lo que la sustitución implica una reducción en la emisión de gases y en el riesgo al ecosistema.

Antes de proceder con el cálculo del ahorro de energía, es necesario determinar la energía necesaria para calentar una determinada cantidad de agua. Esto ayudará a tener un punto

de comparación entre las diferentes tecnologías existentes. La Ecuación 4.21 permite determinar la cantidad de energía para dicho propósito.

$$Q = m \times C_e \times \Delta T \quad (4.21)$$

En donde:

- Q es el calor o energía necesaria para calentar determinada cantidad de agua
- m es el volumen de agua que se desea calentar
- C_e es el Calor específico del agua
- ΔT es la diferencia de temperatura entre la temperatura deseada y la inicial

A modo de ejemplo, se muestra el cálculo para determinar la energía necesaria para calentar 210 litros de agua, que corresponde al consumo promedio de un hogar con tres habitantes desde una temperatura de 20°C hasta 35°C. Estas temperaturas corresponden a la temperatura promedio del agua en Galápagos y la temperatura promedio del agua que se usa en un hogar respectivamente. La energía necesaria para cumplir con estas condiciones de calentamiento es 0,002155 bep.

$$Q = 210 [l] \times \frac{1 [kg]}{1 [l]} \times \frac{1000 [g]}{1 [kg]} \times 1 \frac{[cal]}{[g \text{ } ^\circ C]} \times (35[^\circ C] - 20[^\circ C]) = 3,15 \times 10^6 [cal]$$

$$Q = 3,15 \times 10^6 [cal] \times 4,1868 \frac{[J]}{[cal]} \times 1,63456 \times 10^{-10} \frac{[bep]}{[J]} = 0,002155723 [bep]$$

Asumiendo que un hogar promedio tiene un consumo diario de agua constante, la energía necesaria para calentar 210 litros de agua por los 365 días del año es de 0,7868 bep, o de manera equivalente 1 356,61 kWh – año. Ahora, para calcular el consumo energético para cada tipo de tecnología es necesario tomar en cuenta la eficiencia que tiene cada uno de los equipos en análisis. De esta manera los equipos más eficientes tendrán un menor consumo y viceversa.

Para el cálculo del ahorro, la eficiencia y la energía unitaria anual de cada uno de los equipos se detalla en la Tabla 4.59.

Tabla 4.59. Eficiencia de equipos para la obtención de agua caliente sanitaria [59] [60] [61] [57].

Eficiencia de equipos para obtención de ACS		
Equipo	Porcentaje de eficiencia	Energía Unitaria Anual [kWh]
Duchas eléctricas	95%	1428,01
Calefones a gas	93%	1458,72
Calefones eléctricos	92%	1474,58
Colectores Solares	74%	1833,26

Una vez determinado el consumo energético sin pérdidas y la eficiencia de cada uno de los equipos, el consumo energético real se obtiene al dividir el consumo sin pérdidas para la eficiencia del equipo. Mientras que para obtener el ahorro se debe comparar el consumo de la tecnología actual con el consumo del recambio por colectores solares.

4.5.1.4.1 Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial

La información que brindó la ARCERNNR en [49] indica la cantidad de equipos que se tiene en las islas en el sector residencial. En la Tabla 4.60 se muestran los ahorros que generaría la sustitución de los actuales sistemas de calentamiento de agua sanitaria por colectores solares. Es importante mencionar que, para el caso de las duchas eléctricas, dado a que no se obtuvo una referencia del número de equipos por parte de la ARCERNNR, el número de equipos que se muestra corresponde a los resultados obtenidos durante la encuesta aplicada.

Tabla 4.60. Consumo energético de sistemas de agua caliente sanitaria en el sector residencial [Elaboración Propia].

CONSUMO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EL SECTOR RESIDENCIAL								
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de calentador	N.º de aparatos	Energía Unitaria Anual [kWh]	Consumo anual actual [kWh]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
San Cristóbal	131-250	Calefón gas	14	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	251-500	Calefón gas	12	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	-	Duchas	135	1 428,02	192 782,69	0,00	192 782,69	100,00%
Santa Cruz	51-130	Calefón eléc.	18	1 474,59	26 542,54	0,00	26 542,54	100,00%
		Calefón gas	54	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	131-250	Calefón eléc.	19	1 474,59	28 017,13	0,00	28 017,13	100,00%
		Calefón gas	152	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	251-500	Calefón eléc.	20	1 474,59	29 491,72	0,00	29 491,72	100,00%
		Calefón gas	100	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	501-1000	Calefón gas	100	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
-	Duchas	58	1 428,02	82 825,16	0,00	82 825,16	100,00%	
Isabela	0-50	Calefón gas	12	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	131-250	Calefón gas	40	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	251-500	Calefón gas	6	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
	-	Duchas	12	1 428,02	17 136,24	0,00	17 136,24	100,00%
TOTAL			752	-	376 795,48	0,00	376 795,48	100,00%

4.5.1.4.2 Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial

Igualmente, la ARCERNNR en [49] proporcionó la información sobre la cantidad de equipos para el calentamiento de agua sanitaria que cada isla posee en el sector comercial. Sin embargo, no se cuenta con información de la cantidad de duchas eléctricas por lo que se hace uso de la información obtenida de la encuesta de caracterización de usos finales de la energía. El ahorro anual de este sector por la sustitución se presenta en la Tabla 4.61.

Tabla 4.61. Consumo energético de sistemas de agua caliente sanitaria en el sector comercial [Elaboración Propia].

CONSUMO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN EL SECTOR COMERCIAL								
Cantón	Estrato [kWh]	Tipo de calentador	N.º de aparatos	Energía Unitaria Anual [kWh]	Consumo anual actual [kWh]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Ahorro anual [%]
San Cristóbal	Hotel	Calefón eléc.	18	1 474,59	26 542,54	0,00	26 542,54	100,00%
		Calefón gas	48	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
		Duchas	214	1 428,02	305 596,27	0,00	305 596,27	100,00%
Santa Cruz	Hotel	Calefón eléc.	21	1 474,59	30 966,30	0,00	30 966,30	100,00%
		Calefón gas	133	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
		Duchas	67	1 428,02	95 677,34	0,00	95 677,34	100,00%
Isabela	Hotel	Calefón gas	5	-	0,00	0,00	0,00	0,00%
		Duchas	6	1 428,02	8 568,12	0,00	8 568,12	100,00%
TOTAL			512		467 350,57	0,00	467 350,57	100,00%

A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo del ahorro anual en kWh para los calefones eléctricos de la isla Santa Cruz en el estrato 51–130 kWh del sector residencial.

Primero, se requiere definir el consumo anual actual con base en el valor de bep o en kWh que se requiere para calentar el agua con las consideraciones especificadas anteriormente. Este se divide para la eficiencia de la tecnología actual. El resultado de la división se multiplica por la cantidad de equipos para obtener el consumo actual. Esto se muestra de forma más clara en la Ecuación 4.22. El consumo anual actual es 26 542,54 kWh.

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}} [\text{kWh}] = \frac{\text{Energía base} [\text{kWh}]}{\text{Eficiencia}_{\text{calefón eléctrico}}} \times N^{\circ} \text{ equipos} \quad (4.22)$$

$$\text{Consumo}_{\text{Actual}} [\text{kWh}] = \frac{1\,356,61 [\text{kWh}]}{92[\%]} \times 18 = 26\,542,54 [\text{kWh}]$$

En este caso, los colectores solares no se conectan a la red eléctrica. Por tal razón, el consumo anual objetivo es 0 kWh. De esta manera el ahorro corresponde a la reducción del 100% de la energía eléctrica consumida por la tecnología actual.

$$\text{Consumo}_{\text{Total}_{\text{colector solar}}} [\text{kWh}] = 0 [\text{kWh}]$$

Finalmente, el ahorro energético se calcula como diferencia entre el consumo actual y el consumo objetivo tal como indica la Ecuación 4.23. El ahorro es 26 542,54 kWh.

$$\text{Ahorro}_{\text{anual}} [\text{kWh}] = \text{Consumo}_{\text{Actual}} [\text{kWh}] - \text{Consumo}_{\text{objetivo}} [\text{kWh}] \quad (4.23)$$

$$\text{Ahorro} = 26\,542,54 \text{ kWh} - 0 \text{ kWh} = 26\,542 [\text{kWh}]$$

Este ahorro presenta beneficios medioambientales y económicos para los usuarios puesto que la energía solar no tiene ningún costo.

Por otro lado, en el caso de equipos que no funcionan con energía eléctrica como los calefones a gas se tiene un ahorro en el consumo de GLP. Como se mencionó anteriormente, este ahorro presenta beneficios medioambientales y económicos para los usuarios puesto que la energía solar no tiene ningún costo. No obstante, debido al alcance de este estudio no se cuantifican los ahorros energéticos en bep.

4.5.1.4.3 Resumen del eje de producción de agua caliente sanitaria

La Tabla 4.62 presenta un resumen de los ahorros que produce el reemplazo de sistemas de calentamiento de agua convencionales por colectores solares.

Tabla 4.62. Ahorro energético obtenido del Eje Producción de Agua Caliente Sanitaria [Elaboración Propia].

AHORRO ENERGÉTICO OBTENIDO DEL EJE AGUA CALIENTE SANITARIA					
Cantón	Sector	Consumo anual actual [kWh]	Consumo anual objetivo [kWh]	Ahorro anual [kWh]	Reducción [%]
SAN CRISTÓBAL	Residencial	192 782,69	0,00	192 782,69	36,73%
	Comercial	332 138,81	0,00	332 138,81	63,27%
	SUBTOTAL	524 921,51	0,00	524 921,51	100,00%
SANTA CRUZ	Residencial	166 876,55	0,00	166 876,55	56,85%
	Comercial	126 643,64	0,00	126 643,64	43,15%
	SUBTOTAL	293 520,19	0,00	293 520,19	100,00%
ISABELA	Residencial	17 136,24	0,00	17 136,24	66,67%
	Comercial	8 568,12	0,00	8 568,12	33,33%
	SUBTOTAL	25 704,36	0,00	25 704,36	100,00%
TOTAL		844 146,05	0,00	844 146,05	

Con estos resultados se evidencia que para las islas Isabela y Santa Cruz el mayor ahorro se produce en el sector residencial, mientras que en San Cristóbal el mayor ahorro se presenta en el sector comercial.

Finalmente, es importante recalcar una vez más que el consumo objetivo anual debido al reemplazo de duchas y calefones eléctricos por colectores solares es 0 kWh ya que estos no usan energía eléctrica para calentar el agua. De esta manera, los colectores solares reducen en su totalidad el consumo energético eléctrico dedicado para el calentamiento de agua caliente sanitaria tal como se muestra en la Tabla 4.62.

4.5.2 DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ESCENARIOS DE PENETRACIÓN DE LOS PROYECTOS

Para determinar la priorización de cada uno de los proyectos propuestos se toma en cuenta diferentes criterios, los cuales influyen en la implementación de cada proyecto. Algunos de estos criterios fueron la madurez tecnológica, la recepción de los consumidores al cambio, diferentes barreras, etc. Esto provocó que se generen tres comportamientos distintos para las formas en que se sustituye cada tipo de tecnología.

En el primer comportamiento se tiene los proyectos en los que se espera una sustitución del 100% de los equipos. Este es el caso de los dispositivos de iluminación. Las lámparas LED son una tecnología madura y cuentan con una buena recepción por parte de los consumidores. Por ello es posible un cambio de equipos constante a lo largo de toda la

vida del proyecto. De esta manera, la variable que influye en la penetración corresponde al tiempo que tomaría reemplazar el 100% de los equipos. El comportamiento de este tipo de proyectos se muestra a continuación en la Figura 4.35.

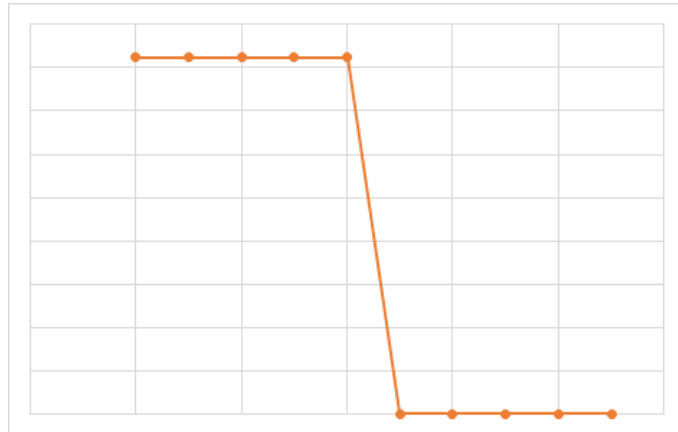


Figura 4.35. Curva de penetración constante [elaboración Propia].

Los proyectos presentados que siguen este comportamiento son:

- Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial
- Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial
- Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público

El siguiente comportamiento es para los proyectos en los cuales se espera que en los primeros años de implementación se tenga una baja penetración debido a la existencia de barreras. Sin embargo, una vez superadas estas barreras se tiene un crecimiento en la penetración hasta que este se satura en los últimos años. Lo anterior debido a diferentes razones como la capacidad máxima de los recambios o por limitaciones en la capacidad institucional y en el mercado. El comportamiento de este tipo de proyectos se muestra a continuación en la Figura 4.36.

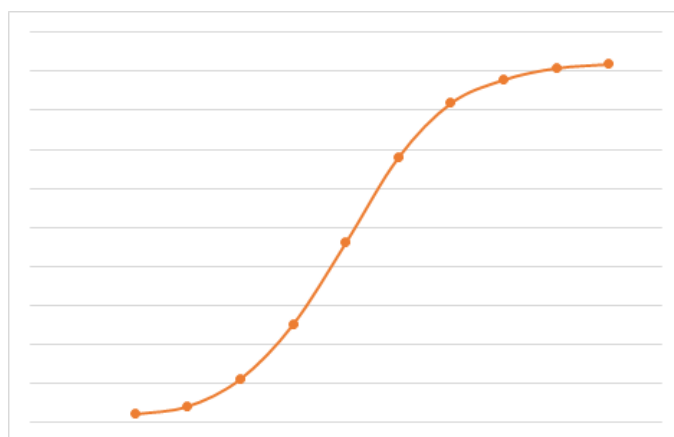


Figura 4.36. Curva de Penetración Saturada [Elaboración Propia].

Los proyectos presentados que siguen este comportamiento son:

- Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial
- Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial
- Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial
- Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial

Finalmente, el último comportamiento corresponde a los proyectos en donde se tiene una madurez tecnológica baja, baja recepción de los consumidores, etc. Esto provoca que no exista una estabilización en la penetración de la nueva tecnología ya que las capacidades institucionales y de mercado no son saturadas. El comportamiento se mantiene creciente ya que las barreras encontradas para estas tecnologías no pueden ser superadas por completo en el tiempo de desarrollo del proyecto. El comportamiento de este tipo de proyectos se muestra a continuación en la Figura 4.37.

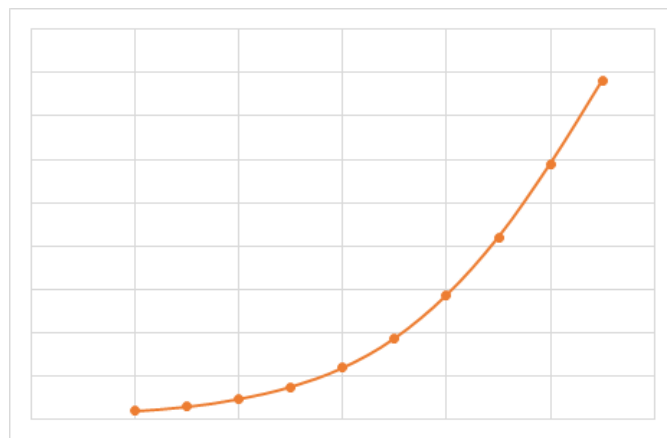


Figura 4.37. Curva de penetración no saturada [Elaboración Propia].

Los proyectos presentados que siguen este comportamiento son:

- Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial
- Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial

Con base en estos comportamientos, la penetración se ajusta para definir la cantidad de recambios de equipos para cada año cumpliendo con los objetivos para cada escenario. De esta manera se obtienen las proyecciones del ahorro energético para cada proyecto.

4.6 PROPUESTA DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ

4.6.1 PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE ILUMINACIÓN POR EQUIPOS MÁS EFICIENTES

4.6.1.1 Ficha del proyecto: Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de lámparas antiguas (incandescentes, fluorescentes y economizadoras) por lámparas de tecnología LED en el sector residencial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica, así como también disminuir el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar en 5 años la totalidad (8 170 equipos) de lámparas antiguas (incandescentes, fluorescentes y economizadoras) por lámparas con tecnología LED. Con la implementación del proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 1 145 874,58 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 531,52 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Incandescentes: 470 lámparas
- Fluorescentes: 170 lámparas
- Economizadoras: 7 530 lámparas

El objetivo se determinó para la totalidad de las lámparas debido a que la tecnología led tiene una alta madurez tecnológica además de que se tiene una buena aceptación por parte de los consumidores.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de lámparas: Venta y despacho de los equipos.
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Promoción e incentivo para la sustitución, compra y entrega de las lámparas.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos normativos que limiten la importación de lámparas de tecnologías no eficientes.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora (ELECGALÁPAGOS)
- Fabricantes de lámparas LED
- Fabricantes de lámparas no eficientes
- Comercios y micro comercios que vendan lámparas
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos del proyecto se estima una inversión de 12 526,15 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del Archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

Debido a que la tecnología LED para iluminación tiene un alto grado de madurez tecnológica y una buena aceptación por parte de la población al uso de estos equipos. Se plantea un recambio constante de equipos al año hasta el momento en que todas las lámparas antiguas sean sustituidas. De esta manera se propone sustituir la totalidad de equipos en 7 años para el escenario bajo, 5 años para el escenario medio y 3 años para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.38 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de lámparas en el sector residencial.

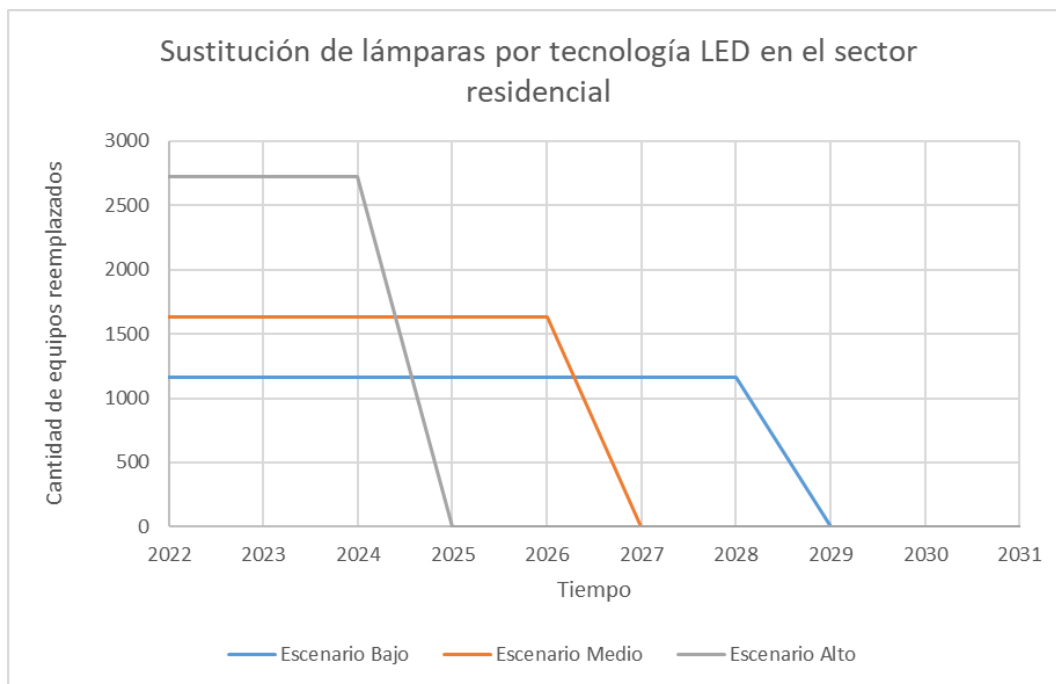


Figura 4.38. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Desarrollo campañas que incentiven la sustitución de lámparas antiguas por lámparas de tecnología LED a nivel residencial. De esta manera se busca una mejora en aspectos energéticos, ambientales y operativos.
- Socialización acerca de los beneficios que se tiene al usar la tecnología led para la iluminación de espacios.
- Acuerdos con los fabricantes y distribuidores de las lámparas para facilitar el ingreso a las islas de grandes cantidades de este tipo de equipos a precios accesibles.
- Distribución de las lámparas modernas en las instalaciones de la Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS).
- Sustitución de un total de 8 170 lámparas de tecnología convencional por tecnología LED en un horizonte de 5 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.39 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial. Los objetivos constan con el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

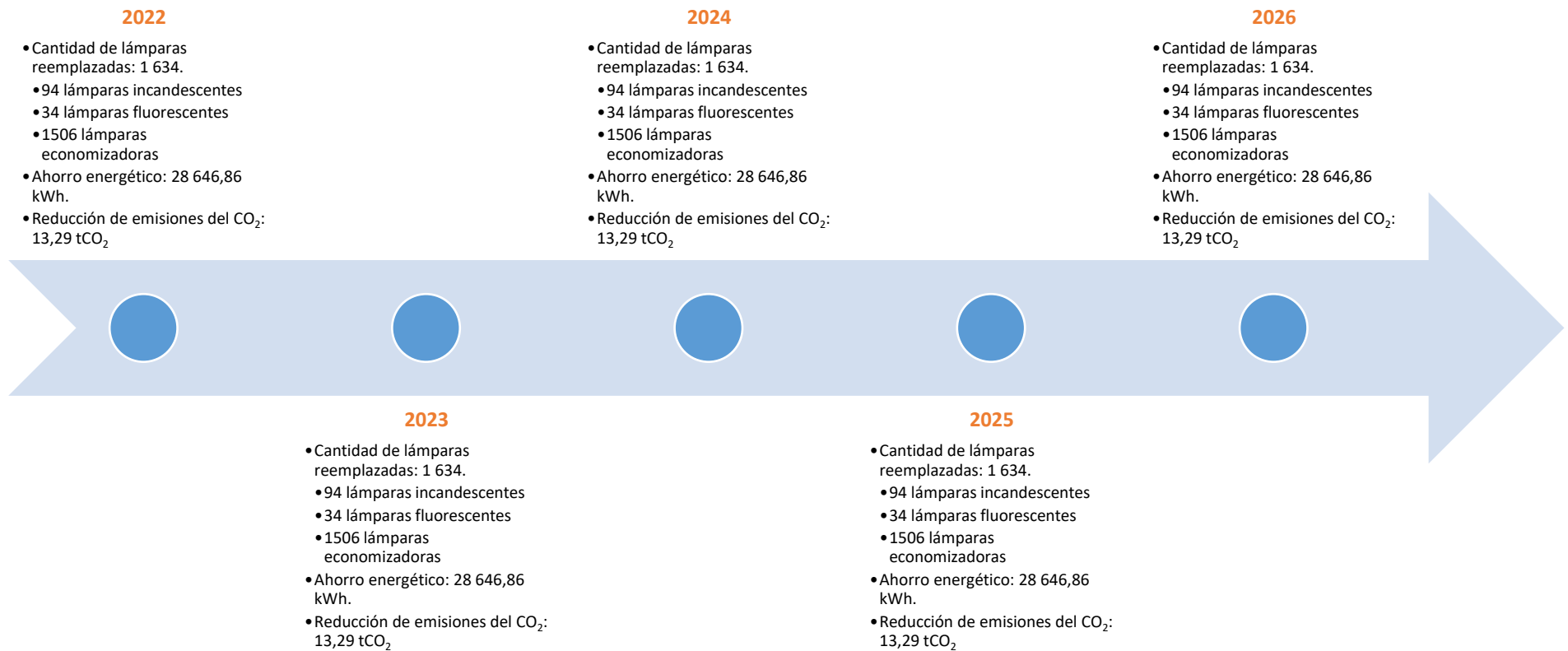


Figura 4.39. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de lámparas LED compradas dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico - financiero para la implementación del proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Bombilla LED: 1,51 USD.
- Tubo LED: 2,51 USD.

Estos valores corresponden a los promedios de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 12 526,15 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de lámparas que se sustituye. En la Tabla 4.63 se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 4.63. Inversión anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$2.505,23	\$2.505,23	\$2.505,23	\$2.505,23	\$2.505,23
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00

➤ Ahorro anual

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de

CO₂. De esta manera, en la Tabla 4.64 se presentan los ahorros energéticos por año y en la Tabla 4.65 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.64. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial". [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	28 646,86	57 293,73	85 940,59	114 587,46	143 234,32
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32

Tabla 4.65. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$2.904,47	\$5.925,13	\$9.065,44	\$12.329,00	\$15.719,48
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$16.033,87	\$16.354,55	\$16.681,64	\$17.015,27	\$17.355,57

➤ Flujo de caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.40 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial, con un horizonte de 10 años.



Figura 4.40. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

➤ **Indicadores de rentabilidad**

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En la Tabla 4.66 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial.

Tabla 4.66. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$89.332,39
TIR [%]	143%
Payback [Años]	2
Costo-Beneficio	9,13

4.6.1.2 Ficha del proyecto: Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de lámparas antiguas (incandescentes, fluorescentes, economizadoras y halógenas) por lámparas de tecnología LED en el sector comercial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica, así como también disminuir el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar en 5 años la totalidad (2 620) de lámparas antiguas (incandescentes, fluorescentes, economizadoras y halógenas) por lámparas con tecnología LED. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 641 161,62 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 297,41 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Incandescentes: 85 lámparas
- Fluorescentes: 700 lámparas
- Economizadoras: 1 755 lámparas
- Halógenas: 80 lámparas

El objetivo se determinó para la totalidad de las lámparas debido a que la tecnología led tiene una alta madurez tecnológica y una buena aceptación por parte de los consumidores.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de lámparas: Venta y despacho de los equipos.
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Promoción e incentivo para la sustitución, compra y entrega de las lámparas.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos normativos que limiten la importación de lámparas de tecnologías no eficientes.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELECGALÁPAGOS
- Fabricantes de lámparas LED
- Fabricantes de lámparas no eficientes
- Comercios y micro comercios que vendan lámparas
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos del proyecto se estima una inversión de 4 833,07 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del Archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

Debido a que la tecnología LED para iluminación tiene un alto grado de madurez tecnológica y una buena aceptación por parte de la población al uso de estos equipos. Se plantea un recambio constante de equipos al año hasta el momento en que todas las lámparas antiguas sean sustituidas. De esta manera se propone sustituir la totalidad de equipos en 7 años para el escenario bajo, 5 años para el escenario medio y 3 años para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.41 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de lámparas en el sector comercial.

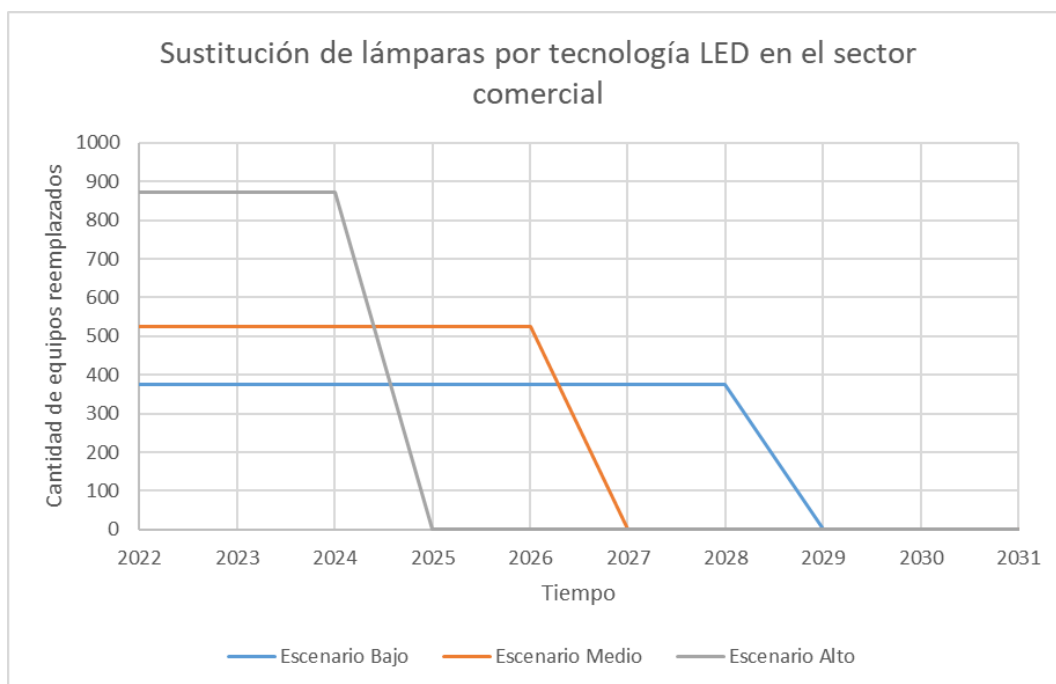


Figura 4.41. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Desarrollo campañas que incentiven la sustitución de lámparas antiguas por lámparas de tecnología LED a nivel comercial.
- Socialización acerca de los beneficios que se tiene al usar la tecnología led para la iluminación de espacios.
- Acuerdos con los fabricantes y distribuidores de las lámparas para facilitar el ingreso a las islas de grandes cantidades de este tipo de equipos a precios accesibles.
- Distribución las lámparas modernas en las instalaciones de la Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS).
- Sustitución un total de 2 620 lámparas de tecnología convencional por tecnología LED en un horizonte de 5 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.42 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de lámparas en el sector comercial, en los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

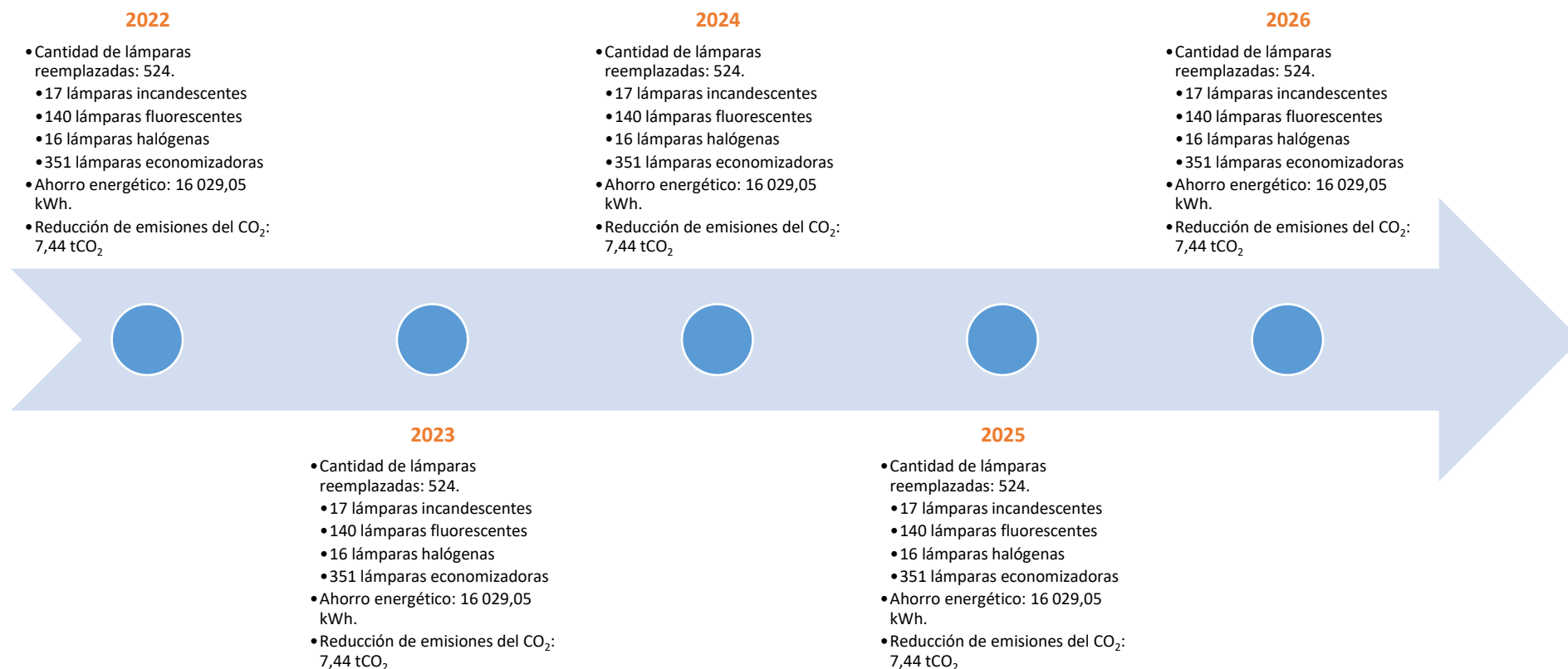


Figura 4.42. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores Del Proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de lámparas LED compradas dentro de las islas.

Análisis Financiero Del Proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico - financiero para la implementación del proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Bombilla LED de baja potencia: 1,51 USD.
- Bombilla LED de media potencia: 5,82 USD.
- Tubo LED: 2,51 USD.

Estos valores corresponden a los promedios de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 4 833,07 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de lámparas que se sustituye. En la Tabla 4.67 se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

*Tabla 4.67. Inversión anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial"
[Elaboración Propia].*

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$908,08	\$981,25	\$981,25	\$981,25	\$981,25
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00

➤ Ahorro anual

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de

CO₂. De esta manera, en la Tabla 4.68 se presentan los ahorros energéticos por año y en la Tabla 4.69 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.68. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial". [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	16 029,05	32 058,10	48 087,14	64 116,19	80 145,24
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24

Tabla 4.69. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$1.650,99	\$3.368,02	\$5.153,08	\$7.008,18	\$8.935,43
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$9.114,14	\$9.296,43	\$9.482,35	\$9.672,00	\$9.865,44

➤ Flujo de Caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.43 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial, con un horizonte de 10 años.

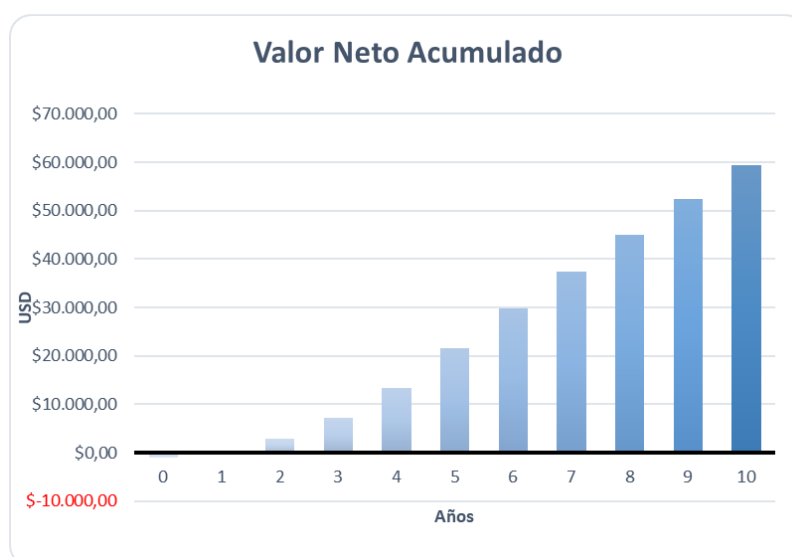


Figura 4.43. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial" [Elaboración Propia].

➤ **Indicadores de Rentabilidad**

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En la Tabla 4.70 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial.

Tabla 4.70. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$59.454,51
TIR [%]	217%
Payback [Años]	1
Costo-Beneficio	14,55

4.6.1.3 Ficha del proyecto: Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público

Descripción Del Proyecto

Se plantea la sustitución de lámparas antiguas por lámparas de tecnología LED en el alumbrado público de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica y el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo Del Proyecto

Reemplazar en 5 años la totalidad (2 530 equipos) de lámparas antiguas por lámparas con tecnología LED. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro energético aproximado de 4 152 765,60 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 1 926,28 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Inducción: 890 lámparas
- Mercurio: 10 lámparas
- Vapor de Sodio: 1 580 lámparas
- Otras: 50 lámparas

El objetivo se determinó para la totalidad de las lámparas debido a que la tecnología led tiene una alta madurez tecnológica.

Entidades Ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de lámparas: Venta y despacho de los equipos.
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Compra e instalación de las lámparas.

Interesados En El Proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELECGALÁPAGOS

- Fabricantes de lámparas LED
- Fabricantes de lámparas no eficientes

Monto Del Proyecto

Para la adquisición de los equipos de alumbrado público del proyecto se estima una inversión aproximada de 338 523,54 USD.

Cobertura Y Localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios De Implementación

Debido a que la tecnología LED para la iluminación tiene un alto grado de madurez tecnológica y representa una reducción en el consumo de energía eléctrica con respecto a otras tecnologías. Se plantea un recambio constante de equipos al año hasta el momento en que todas las lámparas antiguas sean sustituidas. De esta manera, se planea sustituir la totalidad de equipos en 7 años para el escenario bajo, 5 años para el escenario medio y 3 años para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.44 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público.

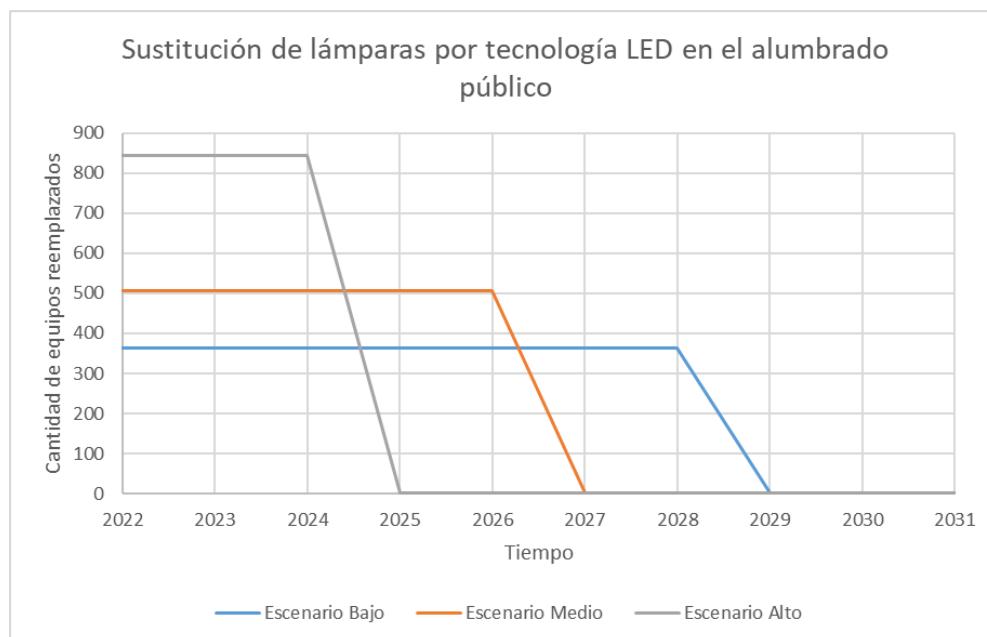


Figura 4.44. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia].

Alcance Del Proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdos con los fabricantes y distribuidores de las lámparas para facilitar el ingreso a las islas de grandes cantidades de este tipo de equipos a precios accesibles.
- Sustitución de un total 2 530 de lámparas de tecnología convencional por tecnología LED en un horizonte de 5 años por parte de ELECGALÁPAGOS.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.45 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

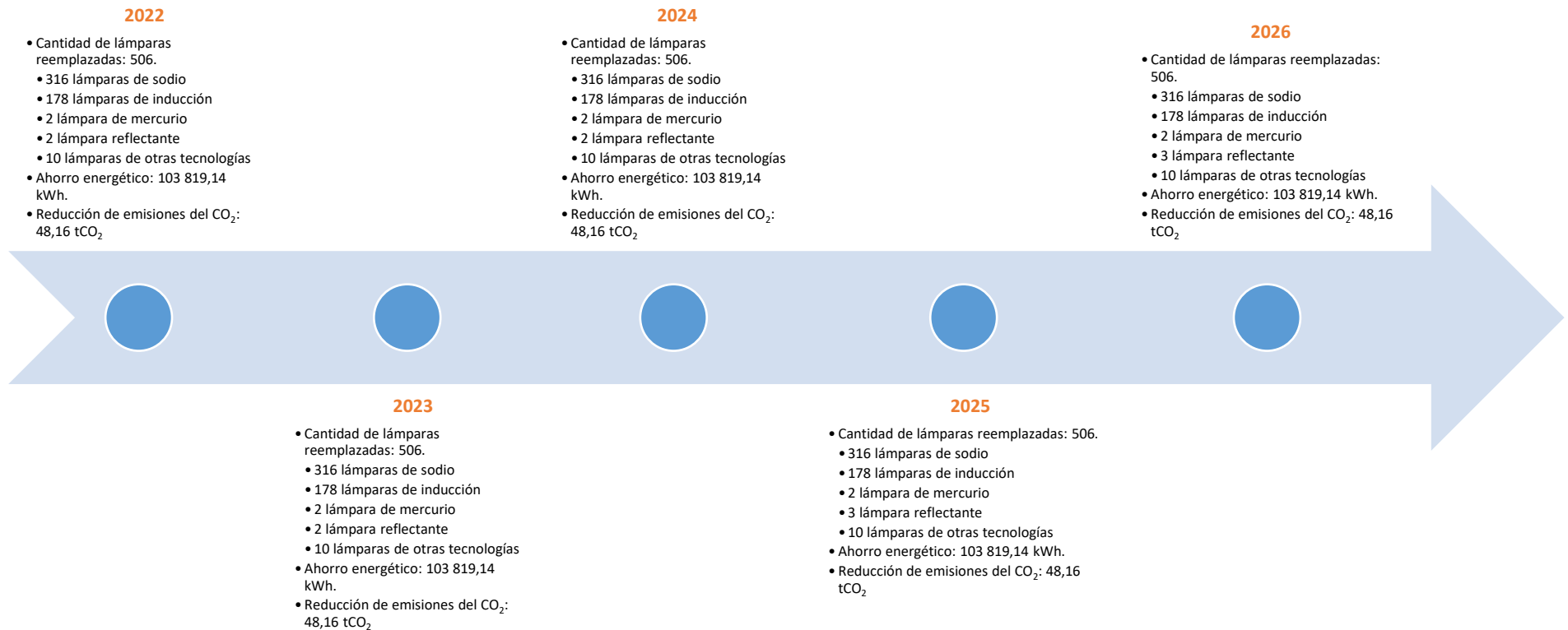


Figura 4.45. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia]

Indicadores Del Proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de lámparas LED reemplazadas dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico - financiero para la implementación del proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Lámpara de alumbrado público tipo LED: 136,50 USD.

Estos valores corresponden a los promedios de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 338 523,54 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de lámparas que se sustituye. En la Tabla 4.71 se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 4.71. Inversión anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia].

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$67.704,71	\$67.704,71	\$67.704,71	\$67.704,71	\$67.704,71
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00

➤ Ahorro anual

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de CO₂. De esta manera, en la Tabla 4.72 se presentan los ahorros energéticos por año y en la Tabla 4.73 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.72. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	103 819,14	207 638,28	311 457,42	415 276,56	519 095,70
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70

Tabla 4.73. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$21.563,24	\$43.989,00	\$67.303,17	\$91.532,31	\$116.703,70
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$119.037,77	\$121.418,53	\$123.846,90	\$126.323,84	\$128.850,31

➤ Flujo de Caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.46 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público, con un horizonte de 15 años.



Figura 4.46. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia].

➤ Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En la Tabla 4.74 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público.

Tabla 4.74. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$852.676,73
TIR [%]	37%
Payback [Años]	5
Costo-Beneficio	3,77

4.6.1.4 Resumen del programa

A continuación, se presentan los indicadores del análisis técnico y los indicadores del análisis económico - financiero para cada proyecto. En la Figura 4.47 se presenta el proyecto en el sector residencial, en la Figura 4.48 en proyecto en el sector comercial y en la Figura 4.49 en el proyecto de alumbrado público.

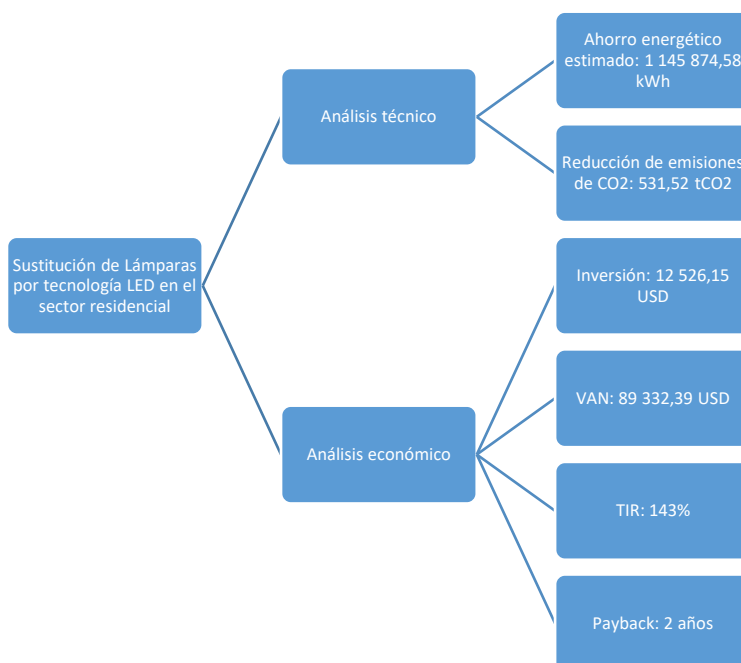


Figura 4.47. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto "Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector residencial" [Elaboración Propia].

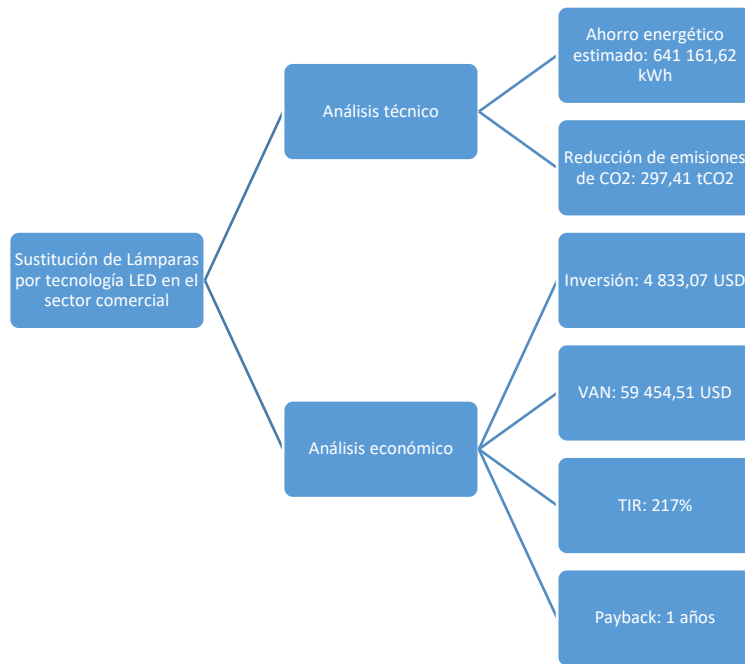


Figura 4.48. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial” [Elaboración Propia].

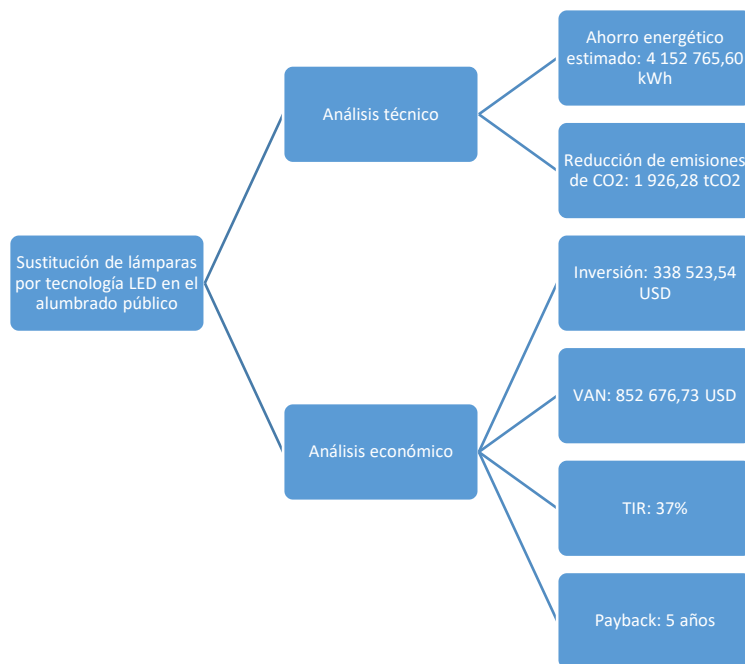


Figura 4.49. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el alumbrado público” [Elaboración Propia].

Este programa pretende reemplazar la totalidad de lámparas en el sector residencial, comercial y alumbrado público en un horizonte de 5 años para el escenario medio. Con los tres proyectos se estima un ahorro energético de 5 939 802,10 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 2 755,21 tCO₂ durante los 10 años del Plan de Eficiencia Energética para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Para observar de mejor manera los objetivos planteados para el programa de sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes, en la Figura 4.50 se muestra una prospectiva de la reducción del consumo energético eléctrico en los próximos 10 años para cada uno de los escenarios planteados. Es importante mencionar que la proyección de la demanda o Escenario Business As Usual (BAU) se obtuvo con base en los resultados de la consultoría “Supporting The Zero Fossil Fuels Initiative For Galápagos” desarrollada por el consorcio Quantum - Energynautics, el Banco Interamericano de Desarrollo y el MERNNR en [62].

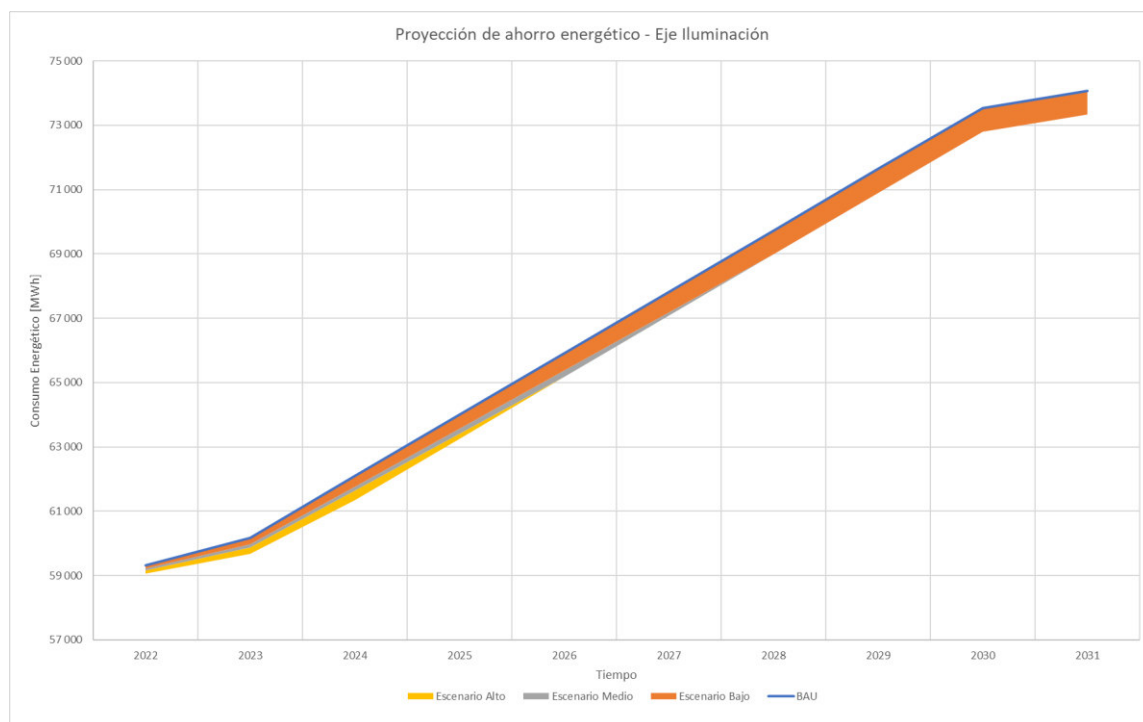


Figura 4.50. Proyección del ahorro energético eléctrico del programa “Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes” [Elaboración Propia].

4.6.1.4.1 Acciones complementarias para el programa

Las buenas prácticas son acciones que contribuyen a maximizar los ahorros de energía puesto que una gestión eficaz es clave para optimizar el uso de los recursos. Además, estas permiten a los usuarios generar un ahorro en la planilla eléctrica. A continuación se muestran buenas prácticas referentes a la iluminación:

- Maximizar el aprovechamiento de la luz natural.
- Apagar los dispositivos de iluminación cuando no estén siendo usados.
- Establecer condiciones de iluminación localizada para crear ambientes confortables.
- Usar colores claros en las paredes para mejorar la reflexión de la iluminación.
- Limpiar con regularidad los equipos de iluminación.
- Utilizar dispositivos electrónicos para el control del encendido y apagado de lámparas.

4.6.2 PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN POR EQUIPOS MÁS EFICIENTES

4.6.2.1 Ficha del proyecto: Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial

Descripción Del Proyecto

Se plantea la sustitución de equipos de aire acondicionado usados para la climatización de aire en el sector residencial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica y el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo Del Proyecto

Reemplazar el 40% (679 recambios) de los equipos de aire acondicionado existentes por tecnologías más eficientes en el sector residencial, en un plazo de 10 años. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 671 339,80 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 311,40 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- De ventana: 136 equipos
- Split: 240 equipos
- Individual: 299 equipos
- Central: 4 equipos

El objetivo se determinó tomando en cuenta diferentes factores como la madurez tecnológica de los equipos propuestos para la situación. Además, se consideraron las barreras identificadas dentro las islas que forman parte del estudio.

Entidades Ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de equipos de aire acondicionado: Venta y despacho de los equipos.
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELEGALÁPAGOS): Promoción e incentivo a la sustitución. Difusión de las ventajas de estos equipos y sus beneficios económicos.

- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos normativos que limiten la importación de tecnologías no eficientes.

Interesados En El Proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELEGALÁPAGOS
- Comerciantes de equipos de aire acondicionado en las islas
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto Del Proyecto

Para la adquisición de equipos de aire acondicionado del proyecto se estima una inversión aproximada de 273 477,60 USD.

Cobertura Y Localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios De Implementación

A pesar de que los equipos de aire acondicionado tienen un alto grado de madurez tecnológica, se determinó la existencia de barreras de carácter social. Esto debido a que existe resistencia al cambio de equipos por otros de diferente tecnología. Estas barreras deben superarse en los primeros años de implementación del proyecto. Luego se espera que haya un incremento en el número de sustituciones por año hasta llegar a un punto de saturación, en donde se espera que el número de sustituciones sea constante hasta el final del plazo establecido para la implementación del proyecto.

De esta manera se espera tener una penetración de 20% (336 recambios) para el escenario bajo, 40% (679 recambios) para el escenario medio y 60% (1019 recambios) para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.51 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial.

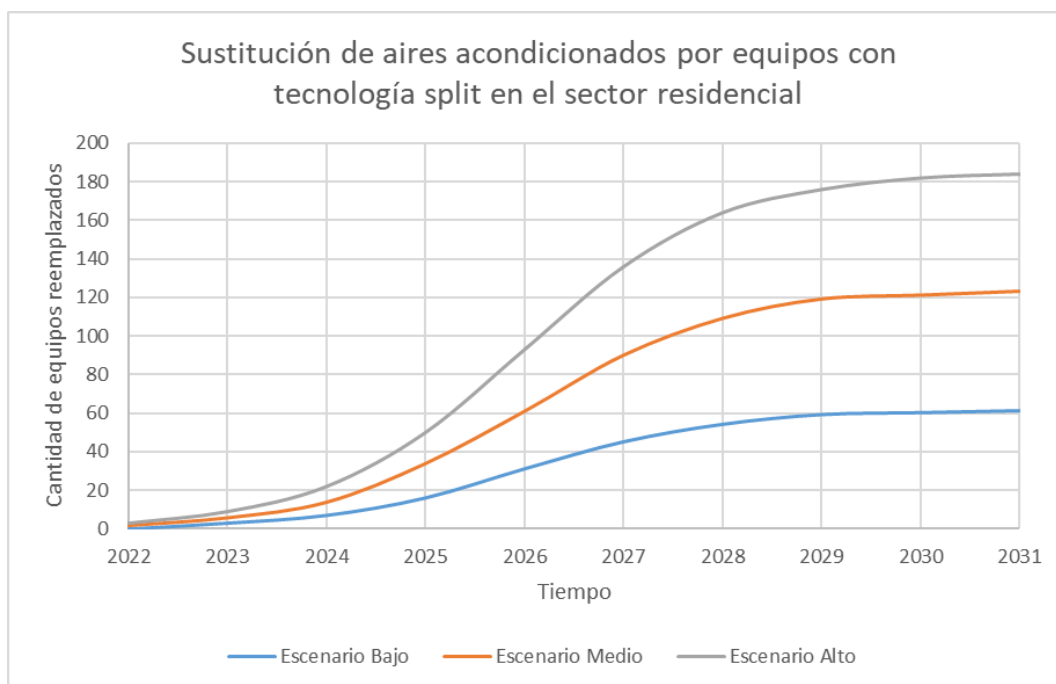


Figura 4.51. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS. El objetivo es desarrollar programas de difusión que informen e incentiven a la población acerca de los beneficios que traerá la sustitución de los equipos de aire acondicionado ineficientes por otros modernos y de mayor eficiencia. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdo con las casas comerciales para la compra/venta de aires acondicionados eficientes en las islas.
- Coordinación de actividades de logística para la llegada de los aires acondicionados eficientes para su distribución a los compradores.
- Creación de mecanismos de financiamiento y planes de pago que haga viable la inversión a los posibles clientes.
- Sustitución de 679 equipos de aire acondicionado convencionales por eficientes en un horizonte de 10 años.

Línea De Tiempo

A continuación, en la Figura 4.52 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

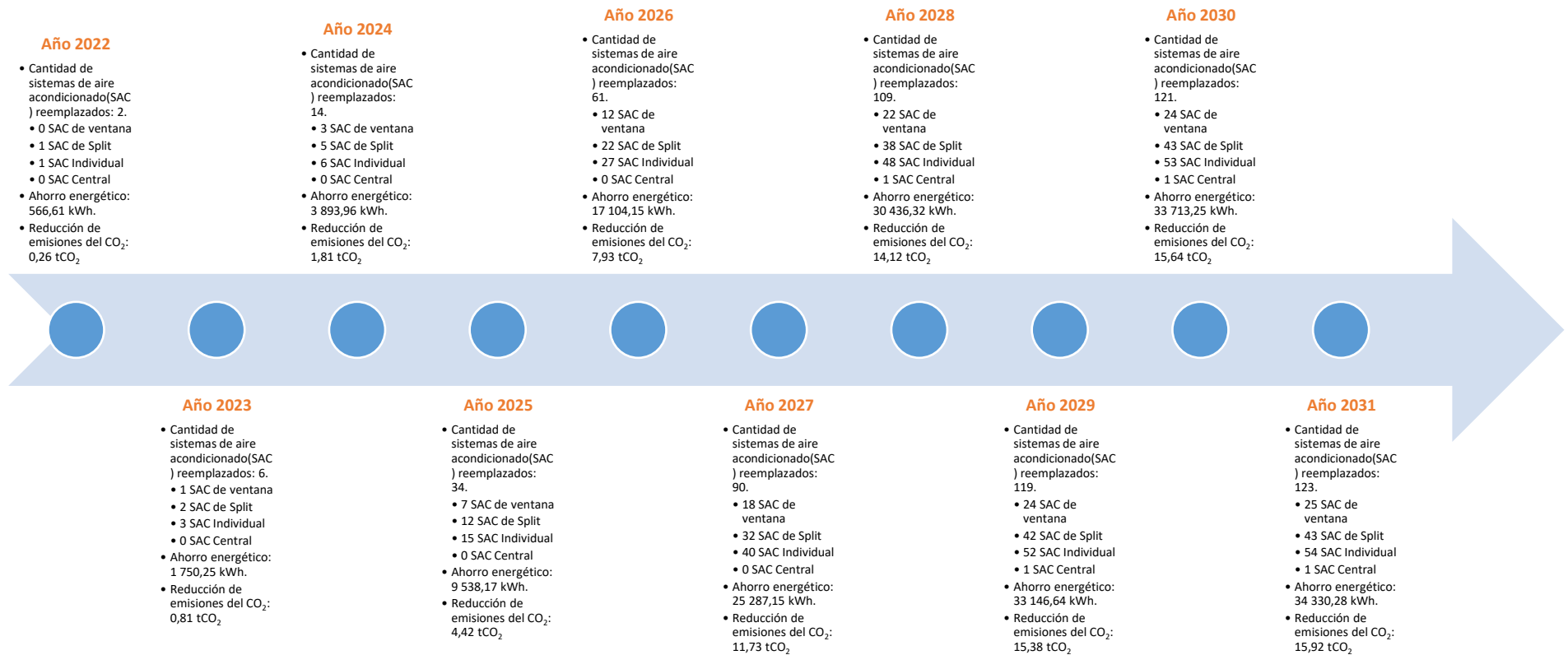


Figura 4.52. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia]

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de equipos de aire acondicionado comprados dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico para la implementación del proyecto sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Aire acondicionado tipo split: 345,30 USD.

Este valor corresponde al promedio de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 273 477,60 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de equipos de aire acondicionado que se sustituye. En la se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto. se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 4.75. Inversión anual del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$690,60	\$2.071,80	\$4.834,20	\$11.740,20	\$21.063,30
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$31.077,00	\$37.292,40	\$40.745,40	\$41.436,00	\$42.126,60
Año	2032	2033	2034	2035	2036
Inversión	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Año	2037	2038	2039	2040	2041
Inversión	\$0,00	\$690,60	\$2.071,80	\$4.834,20	\$11.740,20

➤ **Ahorro anual**

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual de la tarifa eléctrica del 2%, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de CO₂. De esta manera, en la

Tabla 4.76 se presentan los ahorros energéticos por año y en la

Tabla 4.77 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.76. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	566,61	2 316,86	6 210,82	15 748,99	32 853,13
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	58 140,29	88 576,61	121 723,24	155 436,49	189 766,76
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	189 766,76	189 766,76	189 766,76	189 766,76	189 766,76
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	189 766,76	189 766,76	189 766,76	189 766,76	189 766,76

Tabla 4.77. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$57,45	\$239,60	\$655,15	\$1.694,51	\$3.605,52
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$6.508,31	\$10.113,71	\$14.176,37	\$18.464,80	\$22.993,87
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$23.453,75	\$23.922,82	\$24.401,28	\$24.889,30	\$25.387,09
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$25.894,83	\$26.412,73	\$26.940,98	\$27.479,80	\$28.029,40

➤ **Flujo de Caja**

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.53 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial, con un horizonte de 15 años.

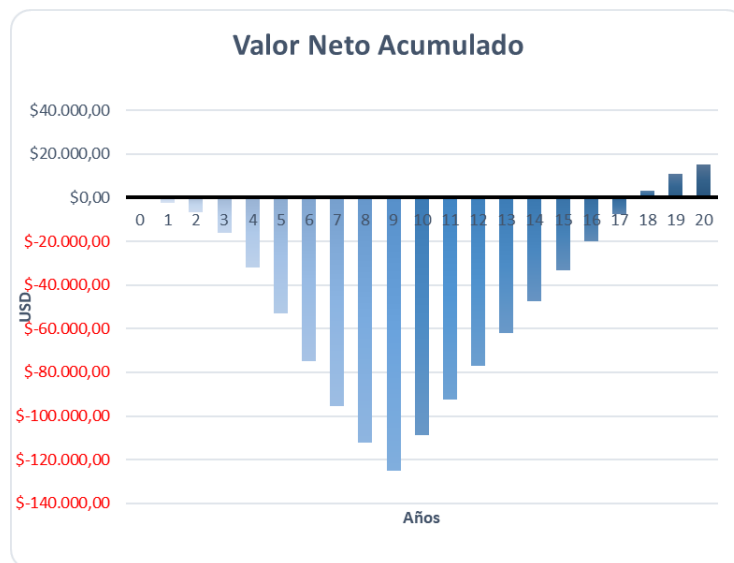


Figura 4.53. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia].

➤ Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En la Tabla 4.78 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial.

Tabla 4.78. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$15.038,80
TIR [%]	6%
Payback [Años]	18
Costo-Beneficio	1,08

4.6.2.2 Ficha del proyecto: Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de equipos de aire acondicionado usados para la climatización de aire en el sector residencial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica y el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar el 40% (387) de los equipos de aire acondicionado existentes por tecnologías más eficientes en el sector comercial, en un plazo de 10 años. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 729 052,31 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 338,17 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- De ventana: 62 equipos
- Split: 99 equipos
- Individual: 224 equipos
- Central: 2 equipos

El objetivo se determinó tomando en cuenta diferentes factores como la madurez tecnológica de los equipos propuestos para la situación. Además, se consideraron las barreras identificadas dentro las islas que forman parte del estudio.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de equipos de aire acondicionado: Venta y despacho de los equipos
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Promoción e incentivo a la sustitución. Difusión de las ventajas de estos equipos y sus beneficios económicos.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos normativos que limiten la importación de tecnologías no eficientes.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELECGALÁPAGOS
- Comerciantes de equipos de aire acondicionado en las islas.
- Ciudadanos de las islas.

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos de aire acondicionado del proyecto se estima una inversión aproximada de 156 075,60 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

A pesar de que los equipos de aire acondicionado tienen un alto grado de madurez tecnológica, se determinó la existencia de barreras de carácter social, pues existe resistencia al cambio de equipos por otros de diferente tecnología. Estas barreras deben superarse en los primeros años de implementación del proyecto. Luego se estima que haya un incremento en el número de sustituciones por año hasta llegar a un punto de saturación, en donde se espera que el número de sustituciones sea constante hasta el final del plazo establecido para la implementación del proyecto.

De esta manera se espera tener una penetración de 20% (190 recambios) para el escenario bajo, 40% (387 recambios) para el escenario medio y 60% (577 recambios) para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.54 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial.

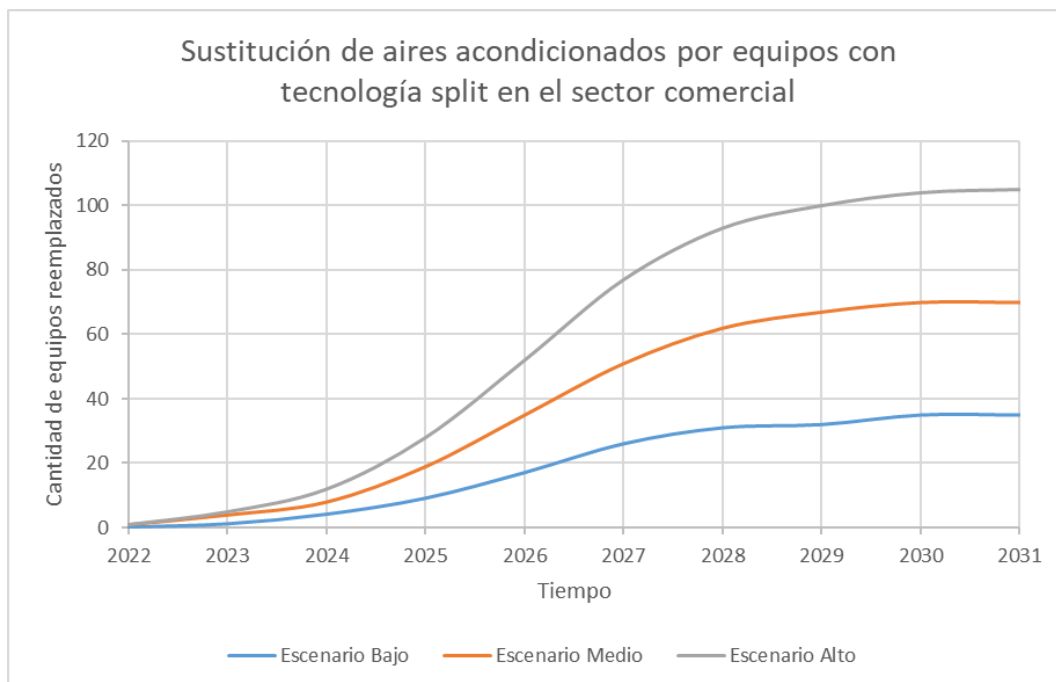


Figura 4.54. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS. El objetivo es desarrollar programas que difusión de informen e incentiven a la población acerca de los beneficios que traerá la sustitución de los equipos de aire acondicionado ineficientes por otros modernos y de mayor eficiencia. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdo con las casas comerciales para la compra/venta de aires acondicionados eficientes en las islas.
- Actividades de logística para la llegada de los aires acondicionados eficientes para su distribución a los compradores.
- Creación de mecanismos de financiamiento y planes de pago que haga viable la inversión a los posibles clientes.
- Sustitución de 387 equipos de aire acondicionado convencionales por eficientes en un horizonte de 10 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.55 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

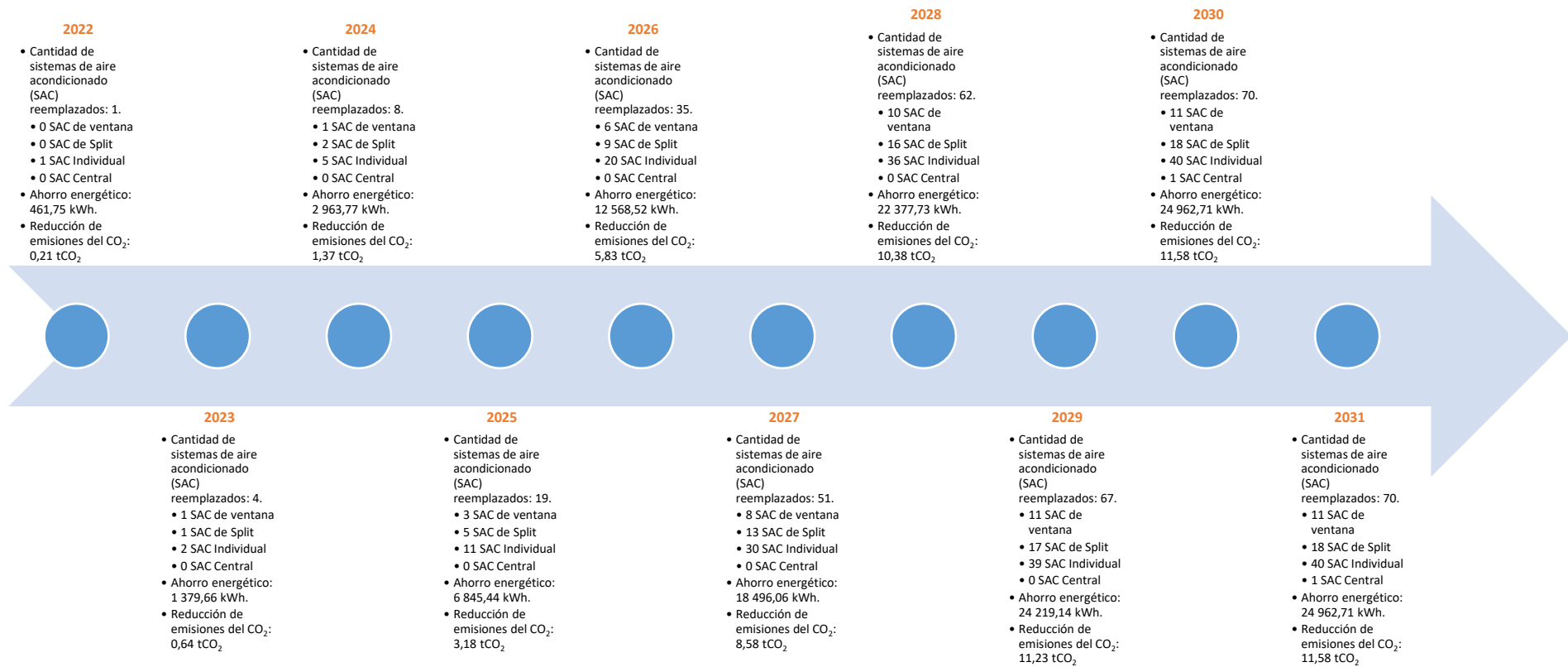


Figura 4.55. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de equipos de aire acondicionado comprados dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico - financiero para la implementación del proyecto sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Aire acondicionado tipo split: 345,30 USD.

Este valor corresponde al promedio de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 156 075,60 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de equipos de aire acondicionado que se sustituye. En la Tabla 4.79 se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 4.79. Inversión anual del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$345,30	\$1.381,20	\$2.762,40	\$6.560,70	\$12.085,50
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$17.610,30	\$21.408,60	\$23.135,10	\$23.825,70	\$23.825,70
Año	2032	2033	2034	2035	2036
Inversión	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Año	2037	2038	2039	2040	2041
Inversión	\$0,00	\$345,30	\$1.381,20	\$2.762,40	\$6.560,70

➤ **Ahorro anual**

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de CO₂. De esta manera, en la Tabla 4.80 se presentan los ahorros energéticos por año y en la Tabla 4.81 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.80. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	461,75	1 841,41	4 805,18	11 650,62	24 219,14
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	42 715,19	65 092,92	89 312,06	114 274,77	139 237,48
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	139 237,48	139 237,48	139 237,48	139 237,48	139 237,48
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	139 237,48	139 237,48	139 237,48	139 237,48	139 237,48

Tabla 4.81. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$47,56	\$193,46	\$514,93	\$1.273,46	\$2.700,20
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$4.857,59	\$7.550,44	\$10.566,92	\$13.790,78	\$17.139,37
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$17.482,16	\$17.831,80	\$18.188,44	\$18.552,21	\$18.923,25
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$19.301,72	\$19.687,75	\$20.081,51	\$20.483,14	\$20.892,80

➤ **Flujo de Caja**

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.56 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial, con un horizonte de 15 años.

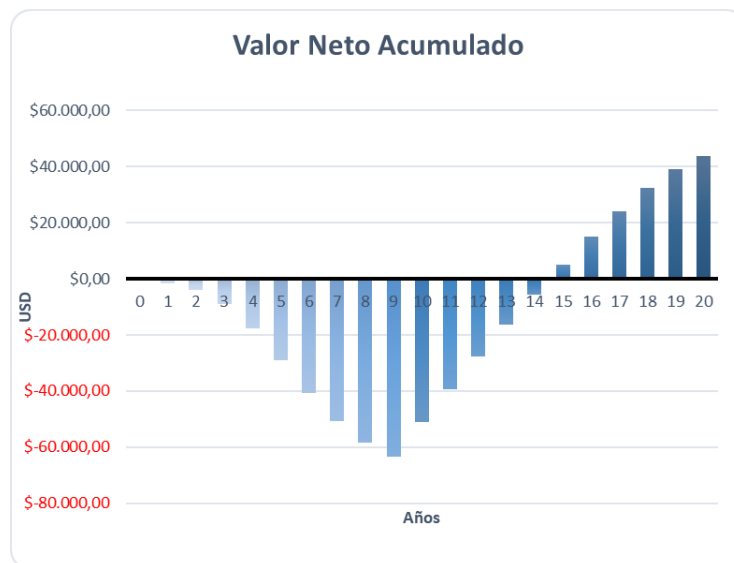


Figura 4.56. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

➤ Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En la Tabla 4.82 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial.

Tabla 4.82. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$43.592,26
TIR [%]	12%
Payback [Años]	15
Costo-Beneficio	1,41

4.6.2.3 Resumen del programa

A continuación, se presentan los indicadores del análisis técnico y los indicadores del análisis económico - financiero para cada proyecto. En la Figura 4.57 se presenta el proyecto en el sector residencial y en la Figura 4.58 el proyecto en el sector comercial.

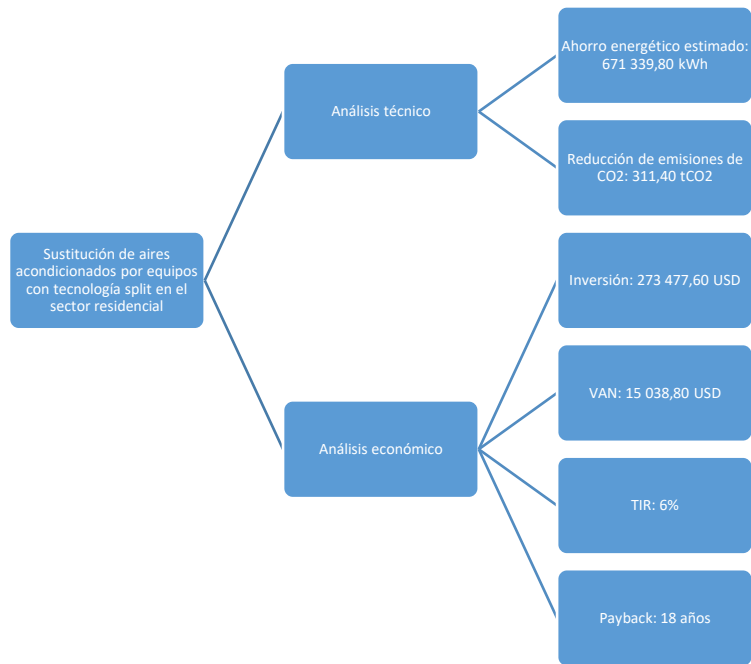


Figura 4.57. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial” [Elaboración Propia].

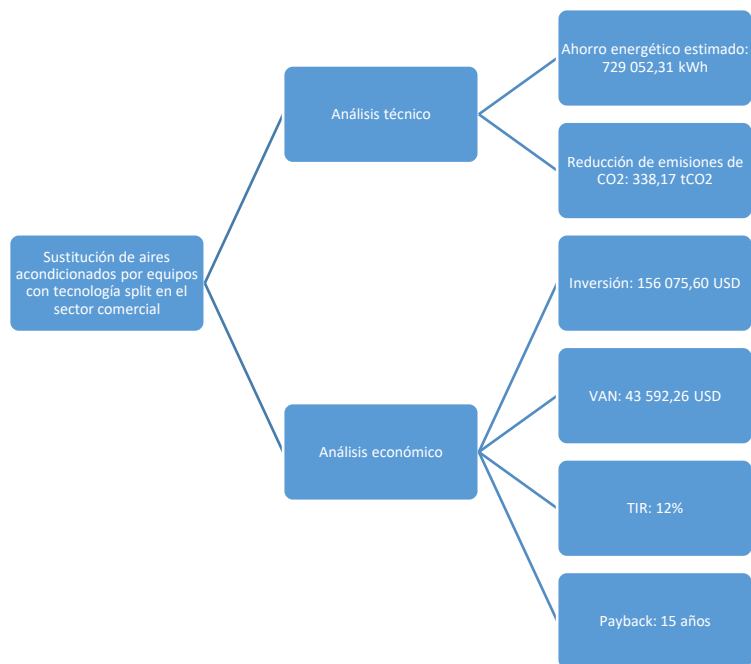


Figura 4.58. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial” [Elaboración Propia].

Este programa pretende reemplazar el 40% de los equipos de aire acondicionado existentes por equipos con tecnología split en el sector residencial y comercial en un horizonte de 10 años para el escenario medio. Con los dos proyectos se estima un ahorro energético de 810 577,28 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 375,99 tCO₂ a lo largo del horizonte 10 años del Plan de Eficiencia Energética para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Para observar de mejor manera los objetivos planteados para el programa de sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes, en la Figura 4.59 se muestra una prospectiva de la reducción del consumo energético eléctrico en los próximos 10 años para cada uno de los escenarios planteados. Es importante mencionar que la proyección de la demanda o Escenario Business As Usual (BAU) se obtuvo con base en los resultados de la consultoría “Supporting The Zero Fossil Fuels Initiative For Galápagos” desarrollada por el consorcio Quantum - Energynautics, el Banco Interamericano de Desarrollo y el MERNNR en [62].

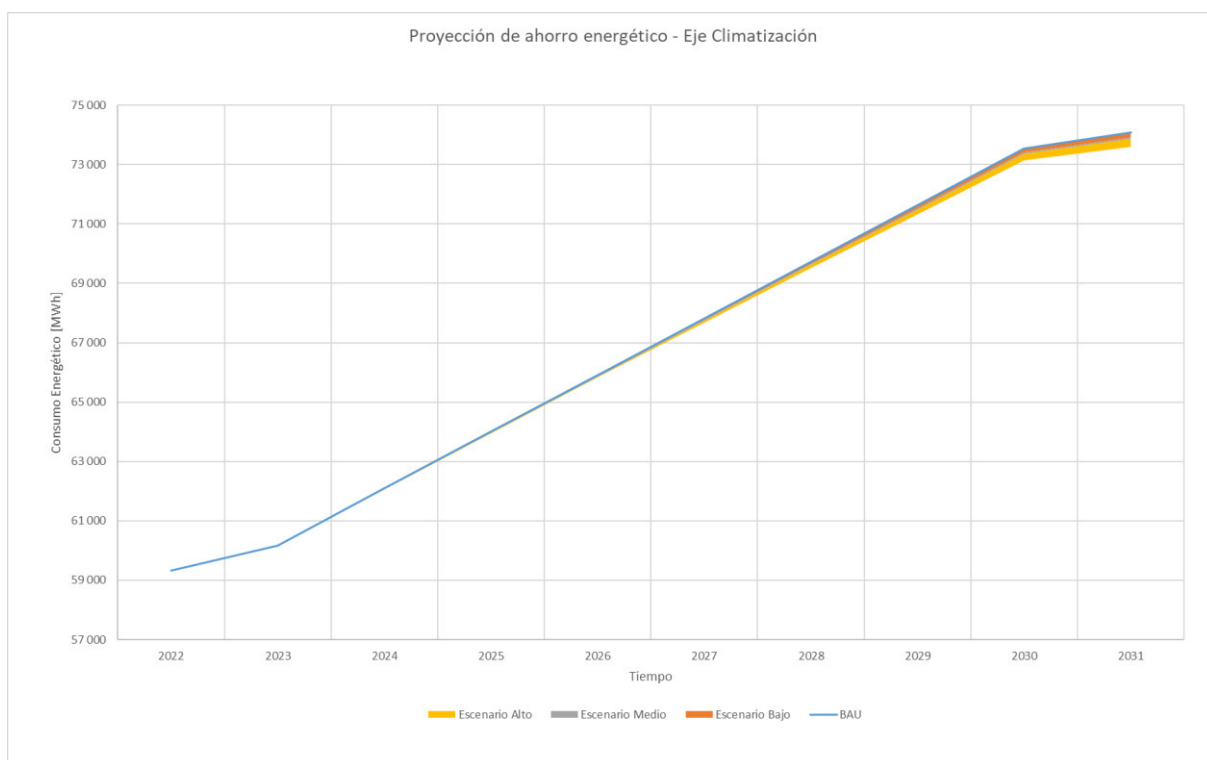


Figura 4.59. Proyección del ahorro energético eléctrico del programa “Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes” [Elaboración Propia].

4.6.2.3.1 Acciones complementarias para el programa

Las buenas prácticas son acciones que contribuyen a maximizar los ahorros de energía puesto que una gestión eficaz es clave para optimizar el uso de los recursos. Además, estas permiten a los usuarios generar un ahorro en la planilla eléctrica. A continuación se muestran buenas prácticas referentes a la climatización de interiores:

- Instalar los aparatos en espacios adecuados. Por ejemplo, en lugares donde los equipos no sean expuestos directamente a la radiación solar.
- Configurar el equipo a una temperatura media. Se recomiendan temperaturas entre 20 °C y 24 °C.
- Evitar encender el aparato cuando las condiciones climáticas sean favorables. Por ejemplo, evitar encender los aires acondicionados en la noche donde se prevé una temperatura más confortable que en el día.
- Mantener un aislamiento de los interiores. Esto se refiere a cerrar ventanas y puertas de las habitaciones mientras los equipos de aire acondicionado están funcionando.
- Limpiar los equipos regularmente para evitar suciedad y mejorar el rendimiento de los aires acondicionados.

4.6.3 PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN POR EQUIPOS MÁS EFICIENTES

4.6.3.1 Ficha del proyecto: Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de refrigeradores y congeladores en el sector residencial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica, así como también disminuir el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar el 40% (3 185 reemplazos) de los refrigeradores y congeladores existentes por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial, en un plazo de 10 años. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 1 276 714,98 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 592,21 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Refrigeradores: 2 994 equipos
- Congeladores: 191 equipos

El objetivo se determinó tomando en cuenta diferentes factores como la madurez tecnológica de los equipos propuestos para la situación y las barreras identificadas dentro las islas que forman parte del estudio.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de refrigeradores y congeladores: Venta y despacho de los equipos
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Promoción e incentivo a la sustitución. Difusión de las ventajas de estos equipos y sus beneficios económicos.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos

normativos que limiten la importación de equipos eléctricos para la obtención de agua caliente.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELECGALÁPAGOS
- Comerciantes de refrigeradores y congeladores en las islas
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos de refrigeración del proyecto se estima una inversión aproximada de 1 511 877,66 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

A pesar de que los equipos de refrigeración como refrigeradores y congeladores tienen un alto grado de madurez tecnológica, se determinó la existencia de barreras de carácter social, pues si bien ya se han implementado programas de sustitución para estos equipos, existe resistencia al cambio de equipos por otros de diferente tecnología. Estas barreras deben superarse en los primeros años de implementación del proyecto. Luego, se espera un incremento en el número de sustituciones por año para finalmente llegar a un punto de saturación, en donde el número de sustituciones pase a ser constante hasta el final del plazo establecido para la implementación del proyecto.

De esta manera se espera tener una penetración de 20% (1 593 recambios) para el escenario bajo, 40% (3 185 recambios) para el escenario medio y 60% (4 778 recambios) para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.60 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial.

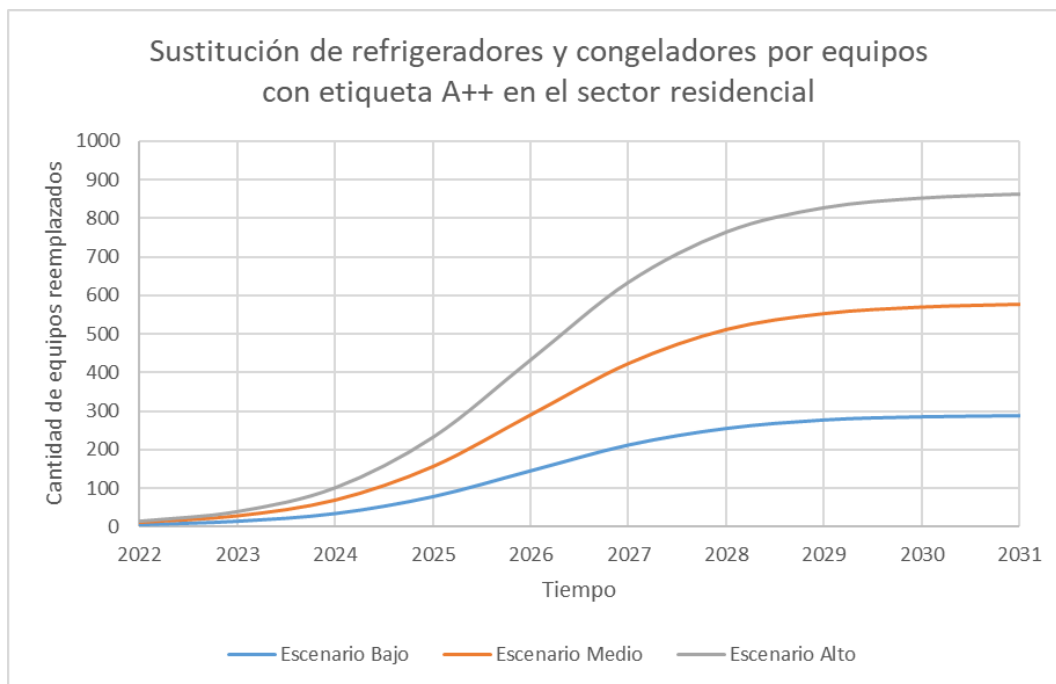


Figura 4.60. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS con el objetivo de desarrollar programas de difusión que informen e incentiven a la población acerca de los beneficios que traerá la sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdo con las casas comerciales para la compra/venta de refrigeradores y congeladores en las islas.
- Actividades de logística para la llegada de los refrigeradores y congeladores para su distribución a los compradores.
- Creación de mecanismos de financiamiento y planes de pago que haga viable la inversión a los posibles clientes.
- Sustitución de 2 994 refrigeradores y 191 congeladores en un horizonte de 10 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.61 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

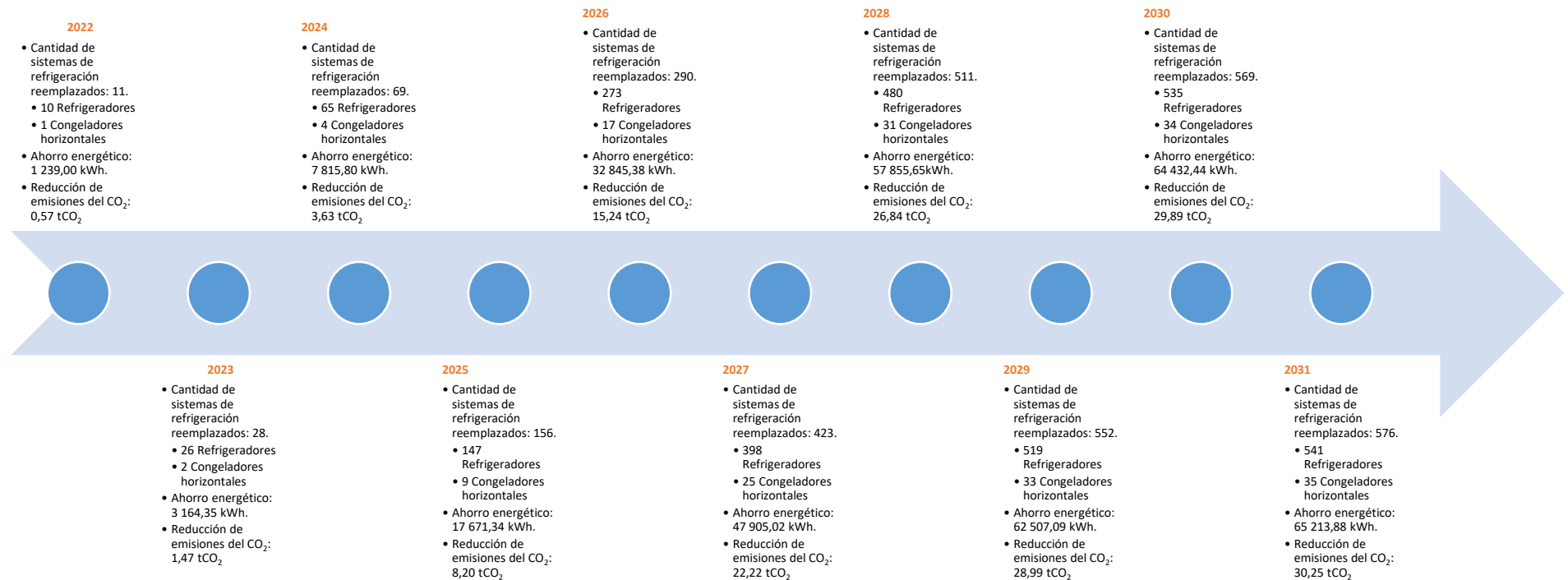


Figura 4.61. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro energético por la reducción del consumo de energía
- Número de refrigeradores y congeladores comprados dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

Una vez realizado el análisis económico - financiero del proyecto sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial, se determinó que el proyecto necesita un monto de inversión bastante elevado. Por tanto, no es posible recuperar el total de la inversión a lo largo del tiempo de análisis del plan. Teniendo en cuenta la necesidad de reducir el consumo energético eléctrico en el archipiélago se plantea una alternativa, en donde la entidad ejecutora asume una parte del costo total del equipo a manera de incentivo, a cambio de la recepción del equipo antiguo. De esta forma a continuación se presentan los resultados del análisis financiero desde el punto de vista de un usuario que accede al incentivo. Los cálculos para el análisis económico – financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Refrigerador: 479,01 USD.
- Congelador: 406,92 USD.

Estos valores corresponden a los promedios de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 1 511 877,66 USD.

Para el caso de este proyecto y considerando el incentivo mencionado anteriormente, en la Tabla 4.83 y la Tabla 4.84 se presenta el valor de adquisición del equipo por parte del usuario que accede al incentivo.

Tabla 4.83. Inversión para la sustitución de un refrigerador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Refrigeradores	
Costo Unitario [USD]	479,01
Incentivo [USD]	309,01
Valor a pagar por el usuario [USD]	170

Tabla 4.84. Inversión para la sustitución de un congelador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Congeladores	
Costo Unitario [USD]	406,92
Incentivo [USD]	266,92
Valor a pagar por el usuario [USD]	140

➤ **Ahorro anual**

En base al número de equipos reemplazados por año, en este caso un equipo, se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica y una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5%. En la Tabla 4.85 se presentan los ahorros energéticos anuales y en la Tabla 4.86 se presentan los ahorros económicos anuales correspondientes al recambio de un refrigerador. Mientras que, en la Tabla 4.87 se presentan los ahorros energéticos anuales y en la Tabla 4.88 se presentan los ahorros económicos anuales correspondientes al recambio de un congelador.

Tabla 4.85. Ahorro energético anual de la sustitución de un refrigerador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	114,39	114,39	114,39	114,39	114,39
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	114,39	114,39	114,39	114,39	114,39
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	114,39	114,39	114,39	114,39	114,39
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	114,39	114,39	114,39	114,39	114,39

Tabla 4.86. Ahorro económico anual de la sustitución de un refrigerador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$11,60	\$11,83	\$12,07	\$12,31	\$12,55
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$12,81	\$13,06	\$13,32	\$13,59	\$13,86
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$14,14	\$14,42	\$14,71	\$15,00	\$15,30

Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$15,61	\$15,92	\$16,24	\$16,56	\$16,90

Tabla 4.87. Ahorro energético anual de la sustitución de un congelador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	95,09	95,09	95,09	95,09	95,09
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	95,09	95,09	95,09	95,09	95,09
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	95,09	95,09	95,09	95,09	95,09
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	95,09	95,09	95,09	95,09	95,09

Tabla 4.88. Ahorro económico anual de la sustitución de un congelador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$9,64	\$9,83	\$10,03	\$10,23	\$10,44
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$10,64	\$10,86	\$11,07	\$11,30	\$11,52
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$11,75	\$11,99	\$12,23	\$12,47	\$12,72
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$12,97	\$13,23	\$13,50	\$13,77	\$14,04

➤ Flujo de Caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.62 se presenta el flujo de caja para la sustitución de un refrigerador. Mientras que, en la Figura 4.63 se presenta el flujo de caja para la sustitución de un congelador, con un horizonte de 20 años.

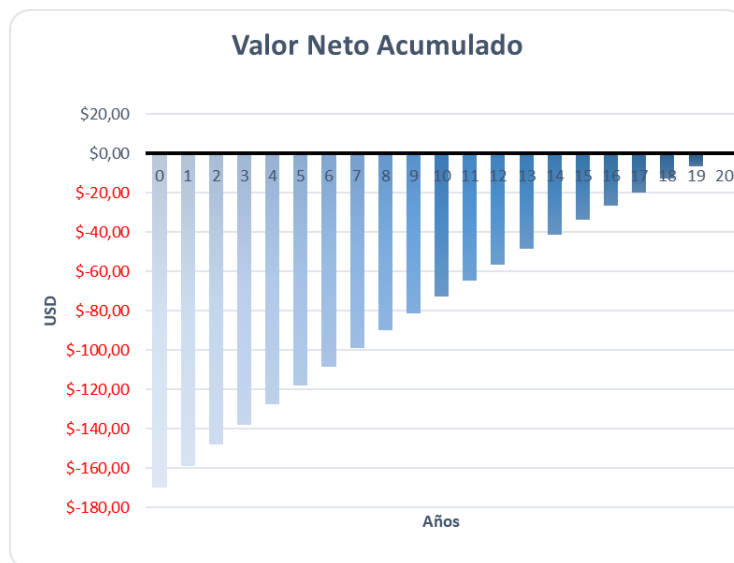


Figura 4.62. Valor neto acumulado de la sustitución de un congelador en el sector residencial [Elaboración Propia].

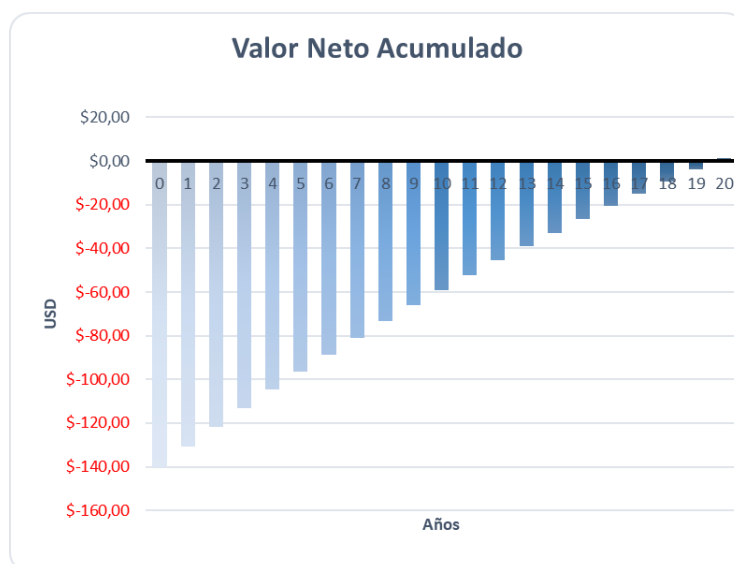


Figura 4.63. Valor neto acumulado de la sustitución de un congelador en el sector residencial [Elaboración Propia].

Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En Tabla 4.89 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para la sustitución de un refrigerador. Mientras que, En Tabla 4.90 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para la sustitución de un congelador.

Tabla 4.89. Resultados del análisis económico de la sustitución de un refrigerador en el sector residencial
 [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$0,09
TIR [%]	5%
TERI [Años]	20
Costo-Beneficio	1,00

Tabla 4.90. Resultados del análisis económico de la sustitución de un congelador en el sector residencial
 [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$1,38
TIR [%]	5%
TERI [Años]	20
Costo-Beneficio	1,01

4.6.3.2 Ficha del proyecto: Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de refrigeradores y congeladores en el sector comercial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica, así como también disminuir el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar el 40% (697 reemplazos) de los refrigeradores y congeladores existentes por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial, en un plazo de 10 años. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 292 703,38 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 135,77 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Refrigeradores: 453 equipos
- Congeladores: 244 equipos

El objetivo se determinó tomando en cuenta diferentes factores como la madurez tecnológica de los equipos propuestos para la situación. Además, se consideraron las barreras identificadas dentro las islas que forman parte del estudio.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de refrigeradores y congeladores: Venta y despacho de los equipos
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Promoción e incentivo a la sustitución. Difusión de las ventajas de estos equipos y sus beneficios económicos.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos normativos que limiten la importación de equipos eléctricos para la obtención de agua caliente.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELECGALÁPAGOS
- Comerciantes de refrigeradores y congeladores en las islas.
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos de refrigeración del proyecto se estima una inversión aproximada de 313 024,65 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

A pesar de que los equipos refrigeración como refrigeradores y congeladores tienen un alto grado de madurez tecnológica, se determinó la existencia de barreras de carácter social, pues si bien ya se han implementado programas de sustitución para estos equipos, existe resistencia al cambio de equipos por otros de diferente tecnología. Estas barreras deben superarse en los primeros años de implementación del proyecto, luego de los cuales se espera que haya un incremento en el número de sustituciones por año para finalmente llegar a un punto de saturación, en donde se espera que el número de sustituciones pase a ser constante hasta el final del plazo establecido para la implementación del proyecto.

De esta manera se espera tener una penetración de 20% (342 recambios) para el escenario bajo, 40% (694 recambios) para el escenario medio y 60% (1 037 recambios) para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.64 se muestran de manera grafica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial.

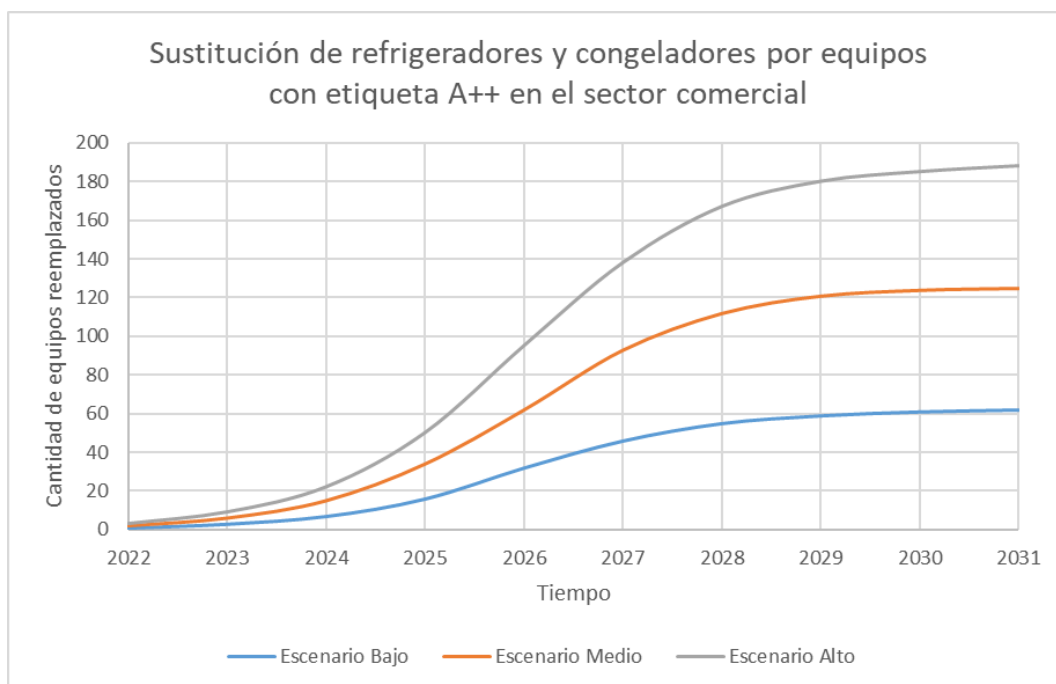


Figura 4.64. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS con el objetivo de desarrollar programas de difusión que informen e incentiven a la población acerca de los beneficios que traerá la Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdo con las casas comerciales para la compra/venta de refrigeradores y congeladores en las islas.
- Actividades de logística para la llegada de los refrigeradores y congeladores para su distribución a los compradores.
- Creación de mecanismos de financiamiento y planes de pago que haga viable la inversión a los posibles clientes.
- Sustitución de 453 refrigeradores y 244 congeladores en un horizonte de 10 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.65 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

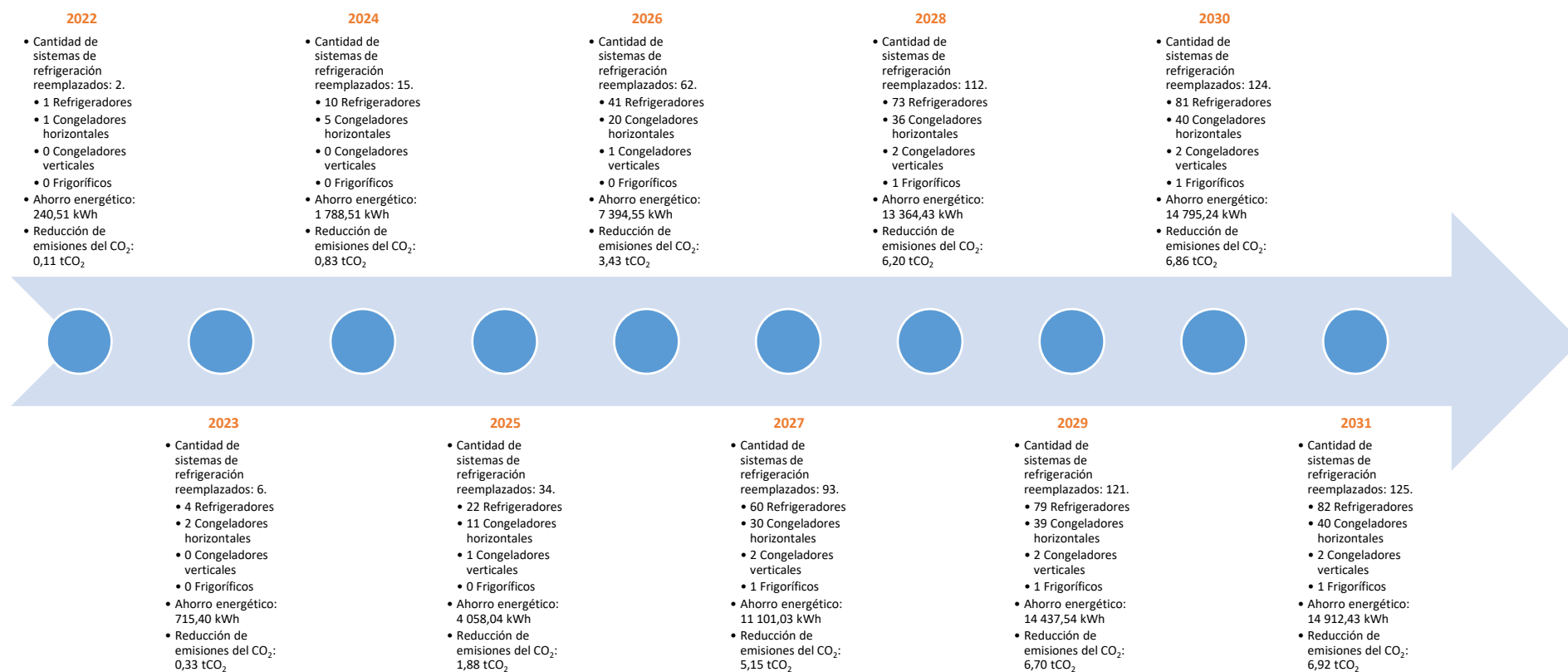


Figura 4.65. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro energético por la reducción del consumo de energía
- Número de refrigeradores y congeladores comprados dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

Una vez realizado el análisis económico - financiero del proyecto sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial, se determinó que el proyecto necesita un monto de inversión bastante elevado. Por tanto, no es posible recuperar el total de la inversión a lo largo del tiempo de análisis del plan. Teniendo en cuenta la necesidad de reducir el consumo energético eléctrico en el archipiélago se plantea una alternativa, en donde la entidad ejecutora asume una parte del costo total del equipo a manera de incentivo, a cambio de la recepción del equipo antiguo. De esta forma a continuación se presentan los resultados del análisis financiero desde el punto de vista de un usuario que accede al incentivo. Los cálculos para el análisis económico – financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Refrigerador: 479,01 USD.
- Congelador: 406,92 USD.

Estos valores corresponden a los promedios de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 313 024,65 USD.

Para el caso de este proyecto y considerando el incentivo mencionado anteriormente, en la Tabla 4.91 y la Tabla 4.92 se presenta el valor de adquisición del equipo por parte del usuario que accede al incentivo.

Tabla 4.91. Inversión para la sustitución de un refrigerador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Refrigeradores	
Costo Unitario [USD]	479,01
Incentivo [USD]	309,01
Valor a pagar por el usuario [USD]	170

Tabla 4.92. Inversión para la sustitución de un congelador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Congeladores	
Costo Unitario [USD]	406,92
Incentivo [USD]	226,92
Valor a pagar por el usuario [USD]	180

➤ **Ahorro anual**

En base al número de equipos reemplazados por año, en este caso un equipo, se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica y una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5%. De esta manera, en la Tabla 4.93 se presentan los ahorros energéticos anuales y en la Tabla 4.94 se presentan los ahorros económicos anuales correspondientes al recambio de un refrigerador. Mientras que, en la Tabla 4.95 se presentan los ahorros energéticos anuales y en la Tabla 4.96 se presentan los ahorros económicos anuales correspondientes al recambio de un congelador.

Tabla 4.93. Ahorro energético anual de la sustitución de un refrigerador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	117,19	117,19	117,19	117,19	117,19
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	117,19	117,19	117,19	117,19	117,19
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	117,19	117,19	117,19	117,19	117,19
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	117,19	117,19	117,19	117,19	117,19

Tabla 4.94. Ahorro económico anual de la sustitución de un refrigerador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$11,88	\$12,12	\$12,36	\$12,61	\$12,86
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$13,12	\$13,38	\$13,65	\$13,92	\$14,20
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$14,48	\$14,77	\$15,07	\$15,37	\$15,68
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$15,99	\$16,31	\$16,64	\$16,97	\$17,31

Tabla 4.95. Ahorro energético anual de la sustitución de un congelador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	123,32	123,32	123,32	123,32	123,32
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	123,32	123,32	123,32	123,32	123,32
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	123,32	123,32	123,32	123,32	123,32
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	123,32	123,32	123,32	123,32	123,32

Tabla 4.96. Ahorro económico anual de la sustitución de un congelador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$12,50	\$12,75	\$13,01	\$13,27	\$13,53
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$13,80	\$14,08	\$14,36	\$14,65	\$14,94
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$15,24	\$15,55	\$15,86	\$16,17	\$16,50
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$16,83	\$17,16	\$17,51	\$17,86	\$18,22

➤ Flujo de Caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.66 se presenta el flujo de caja para la sustitución de un refrigerador. Mientras que, en la Figura 4.67 se presenta el flujo de caja para la sustitución de un congelador, con un horizonte de 15 años.

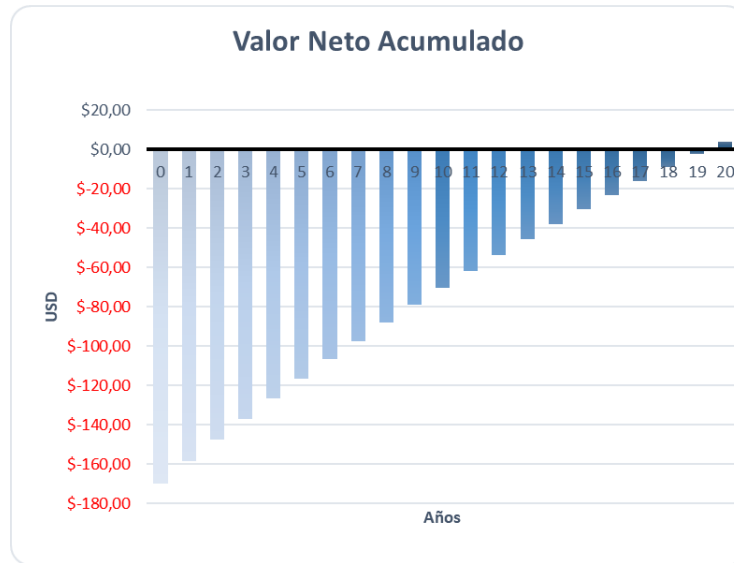


Figura 4.66. Valor neto acumulado de la sustitución de un congelador en el sector comercial [Elaboración Propia].

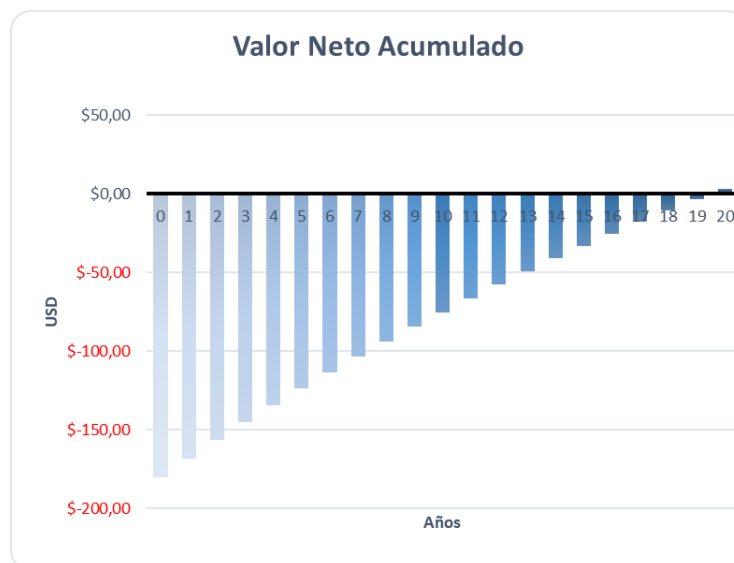


Figura 4.67. Valor neto acumulado de la sustitución de un congelador en el sector comercial [Elaboración Propia].

Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En Tabla 4.97 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para la sustitución de un refrigerador. Mientras que, En Tabla 4.98 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para la sustitución de un congelador.

Tabla 4.97. Resultados del análisis económico de la sustitución de un refrigerador en el sector comercial
[Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$4,25
TIR [%]	5%
TERI [Años]	20
Costo-Beneficio	1,03

Tabla 4.98. Resultados del análisis económico de la sustitución de un congelador en el sector comercial
[Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$3,37
TIR [%]	5%
TERI [Años]	20
Costo-Beneficio	1,02

4.6.3.3 Resumen del programa

A continuación, se presentan los indicadores del análisis técnico y los indicadores del análisis económico para cada proyecto. En la Figura 4.68 se presenta el proyecto en el sector residencial y en la Figura 4.69 en proyecto en el sector comercial.

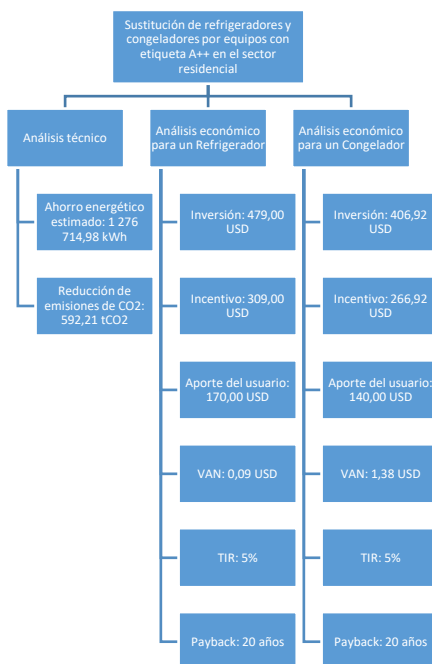


Figura 4.68. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial” [Elaboración Propia].

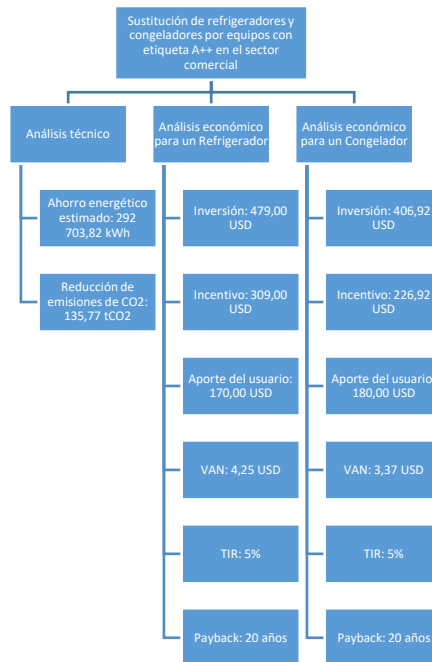


Figura 4.69. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial” [Elaboración Propia].

Este programa pretende reemplazar el 40% de los refrigeradores y congeladores existentes por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial y comercial en un horizonte de 10 años para el escenario medio. Con dos tres proyectos se estima un ahorro energético de 1 569 418,81 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 727,98 tCO₂ a lo largo del horizonte 10 años del Plan de Eficiencia Energética para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz.

Para observar de mejor manera los objetivos planteados para el programa de sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes, en la Figura 4.70 se muestra una prospectiva de la reducción del consumo energético eléctrico en los próximos 10 años para cada uno de los escenarios planteados. Es importante mencionar que la proyección de la demanda o Escenario Business As Usual (BAU) se obtuvo con base en los resultados de la consultoría “Supporting The Zero Fossil Fuels Initiative For Galápagos” desarrollada por el consorcio Quantum - Energynautics, el Banco Interamericano de Desarrollo y el MERNNR en [62].

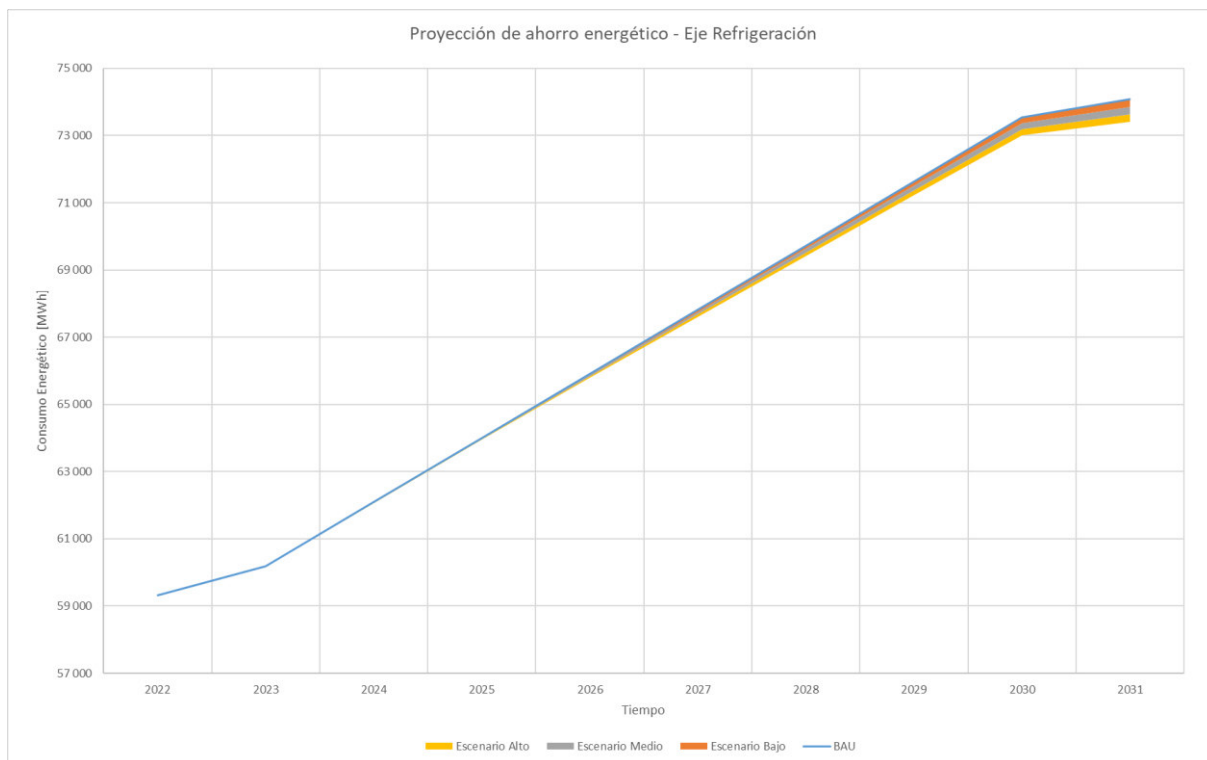


Figura 4.70. Proyección del ahorro energético eléctrico del programa “Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes” [Elaboración Propia].

4.6.3.3.1 Acciones complementarias para el programa

Las buenas prácticas son acciones que contribuyen a maximizar los ahorros de energía puesto que una gestión eficaz es clave para optimizar el uso de los recursos. Además, estas permiten a los usuarios generar un ahorro en la planilla eléctrica. A continuación se muestran buenas prácticas referentes a la climatización de interiores:

- Asegurar que los empaques de las puertas de los equipos se encuentren en buen estado para evitar fugas.
- Mantener la puerta cerrada cuando no se requiere sacar ningún producto del interior del refrigerador o congelador.
- Evitar introducir productos calientes dentro del refrigerador o el congelador.
- Limpiar el equipo constantemente para evitar la acumulación de polvo y escarcha.
- Ubicar los equipos en ambientes ventilados y sin la exposición a la radiación solar.

4.6.4 PROGRAMA: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA POR COLECTORES SOLARES

4.6.4.1 Ficha del proyecto: Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de equipos usados para el calentamiento de agua a través de energía eléctrica como calefones y duchas en el sector residencial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica y el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar el 40% de los calefones (23 equipos) y duchas eléctricas (82 equipos) existentes por colectores solares en el sector residencial, en un plazo de 10 años. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 431 385,82 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 200,10 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Calefones eléctricos: 23 equipos
- Duchas eléctricas: 82 equipos

El objetivo se determinó tomando en cuenta diferentes factores como la madurez tecnológica de los equipos propuestos para la situación. Además, se consideraron las barreras identificadas dentro las islas que forman parte del estudio.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de colectores solares: Venta y despacho de los equipos
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELEGALÁPAGOS): Promoción e incentivo a la sustitución. Difusión de las ventajas de estos equipos y sus beneficios económicos.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos

normativos que limiten la importación de equipos eléctricos para la obtención de agua caliente.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora
- Comerciantes de colectores solares en las islas
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos de calentamiento de agua del proyecto se estima una inversión aproximada de 119 700 ,00 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

La implementación del proyecto prevé que en los primeros años exista poca acogida al cambio de los equipos por parte de los usuarios debido principalmente a los altos costos de inversión que se tienen al cambiar las tecnologías. Sin embargo, se espera que conforme pase el tiempo el número de sustituciones aumente debido a la gran cantidad de beneficios que se tiene al implementar un sistema de colectores solares para la obtención de agua caliente.

De esta manera se espera tener una penetración de 20% (52 recambios) para el escenario bajo, 40% (105 recambios) para el escenario medio y 60% (158 recambios) para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.71 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial.

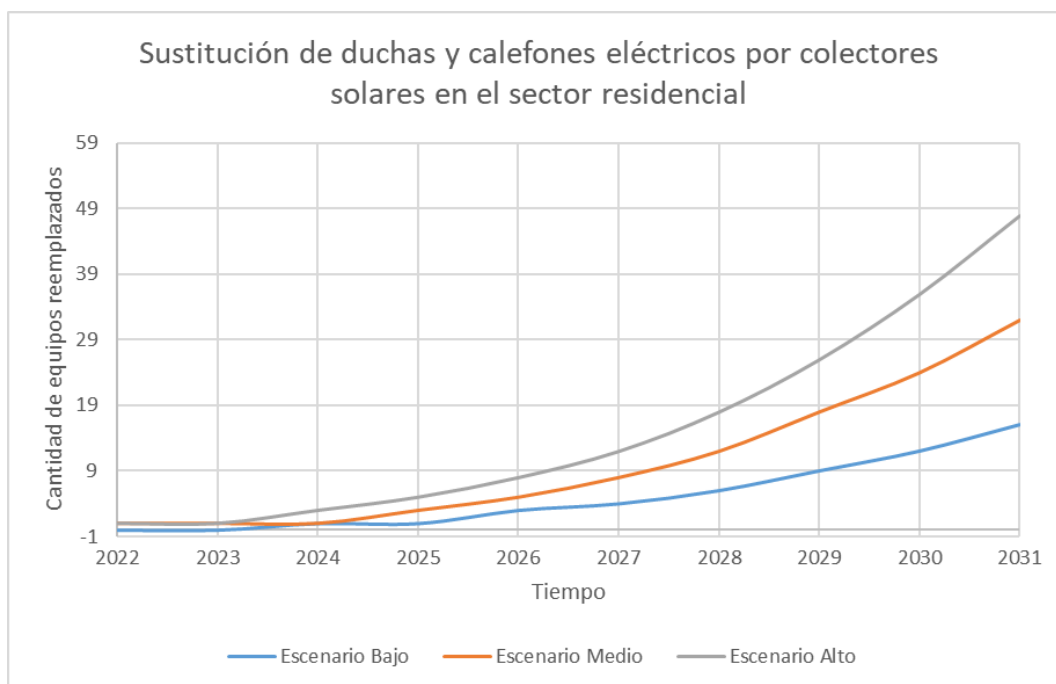


Figura 4.71. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS con el objetivo de desarrollar programas de difusión que informen e incentiven a la población acerca de los beneficios que traerá la sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdo con las casas comerciales para la compra/venta de colectores solares en las islas.
- Actividades de logística para la llegada de los colectores solares para su distribución a los compradores.
- Creación de mecanismos de financiamiento y planes de pago que haga viable la inversión a los posibles clientes.
- Sustitución de 105 equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares en un horizonte de 10 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.72 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

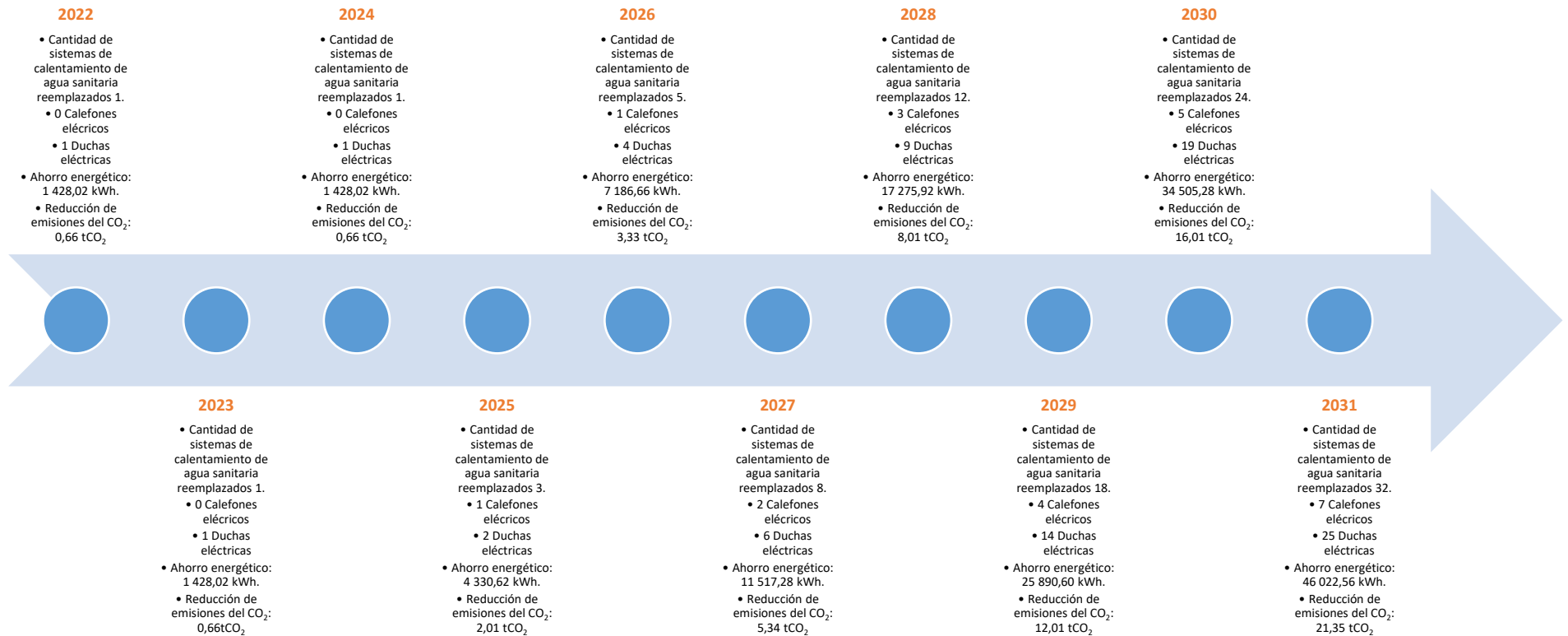


Figura 4.72. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de colectores solares comprados dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico - financiero para la implementación del proyecto sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis económico – financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Colector solar: 1 140 USD.

Este valor corresponde al promedio de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 119 700,00 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de equipos de calentamiento de agua sanitaria que se sustituye. En la Tabla 4.99 se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 4.99. Inversión anual del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$1.140,00	\$1.140,00	\$1.140,00	\$3.420,00	\$5.700,00
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$9.120,00	\$13.680,00	\$20.520,00	\$27.360,00	\$36.480,00

➤ Ahorro anual

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de

CO₂. De esta manera, en la Tabla 4.100 se presentan los ahorros energéticos por año y en la Tabla 4.101 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.100. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	1 428,02	2 856,04	4 284,06	8 614,68	15 801,34
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	27 318,62	44 594,54	70 485,14	104 990,41	151 012,97
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	151 012,97	151 012,97	151 012,97	151 012,97	151 012,97
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	151 012,97	151 012,97	151 012,97	151 012,97	151 012,97

Tabla 4.101. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$144,79	\$295,36	\$451,90	\$926,89	\$1.734,14
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$3.058,09	\$5.091,82	\$8.208,98	\$12.472,15	\$18.298,11
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$18.664,07	\$19.037,35	\$19.418,10	\$19.806,46	\$20.202,59
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$20.606,64	\$21.018,77	\$21.439,15	\$21.867,93	\$22.305,29

➤ Flujo de Caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.73 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial, con un horizonte de 15 años.

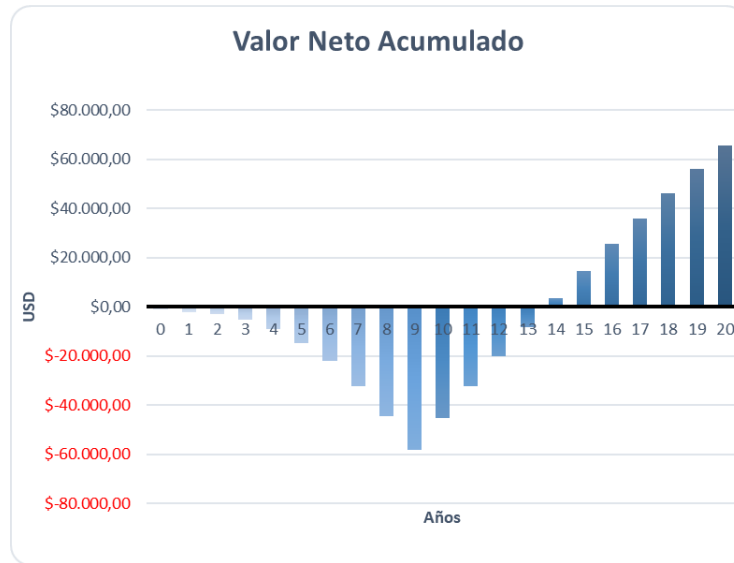


Figura 4.73. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En Tabla 4.102 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial.

Tabla 4.102. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$65.824,58
TIR [%]	16%
TERI [Años]	14
Costo-Beneficio	1,78

4.6.4.2 Ficha del proyecto: Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial

Descripción del proyecto

Se plantea la sustitución de equipos usados para el calentamiento de agua a través de energía eléctrica como calefones y duchas en el sector comercial de las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Con la implementación del proyecto se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica, así como también disminuir el impacto al medio ambiente que se produce al generar energía eléctrica mediante el uso de combustibles fósiles.

Objetivo del proyecto

Reemplazar el 40% de los calefones (16 equipos) y duchas eléctricas (114 equipos) existentes por colectores solares en el sector comercial, en un plazo de 10 años. Al implementar el proyecto se espera obtener un ahorro aproximado de 523 136,23 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 242,66 tCO₂ durante los 10 años de duración del plan. El total de sustituciones se plantean de la siguiente manera por tecnología:

- Calefones eléctricos: 16 equipos
- Duchas eléctricas: 114 equipos

El objetivo se determinó tomando en cuenta diferentes factores como la madurez tecnológica de los equipos propuestos para la situación. Además, se consideraron las barreras identificadas dentro las islas que forman parte del estudio.

Entidades ejecutoras

Para este proyecto se prevé las siguientes entidades ejecutoras:

- Comercializadores de colectores solares: Venta y despacho de los equipos.
- Empresa Eléctrica Provincial de Galápagos (ELECGALÁPAGOS): Promoción e incentivo a la sustitución. Difusión de las ventajas de estos equipos y sus beneficios económicos.
- Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos y GADs Municipales: Promoción e incentivo a la sustitución. Diseño e implementación de instrumentos normativos que limiten la importación de equipos eléctricos para la obtención de agua caliente.

Interesados en el proyecto

Para este proyecto se tienen los siguientes interesados:

- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
- Entidades de gobierno de las islas
- Empresa distribuidora ELECGALÁPAGOS
- Comerciantes de colectores solares en las islas
- Consumidores finales de energía eléctrica

Monto del proyecto

Para la adquisición de los equipos de calentamiento de agua del proyecto se estima una inversión aproximada de 148 200,00 USD.

Cobertura y localización

El proyecto será implementado en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Escenarios de implementación

La implementación del proyecto prevé que en los primeros años exista poca acogida al cambio de los equipos por parte de los usuarios debido principalmente a los altos costos de inversión que se tienen al cambiar las tecnologías. Sin embargo, se espera que conforme pase el tiempo el número de sustituciones aumente debido a la gran cantidad de beneficios que se tiene al implementar un sistema de colectores solares para la obtención de agua caliente.

De esta manera se espera tener una penetración de 20% (64 recambios) para el escenario bajo, 40% (130 recambios) para el escenario medio y 60% (195 recambios) para el escenario alto.

A continuación, en la Figura 4.74 se muestran de manera gráfica los escenarios de penetración que se establecieron para el proyecto de sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial.

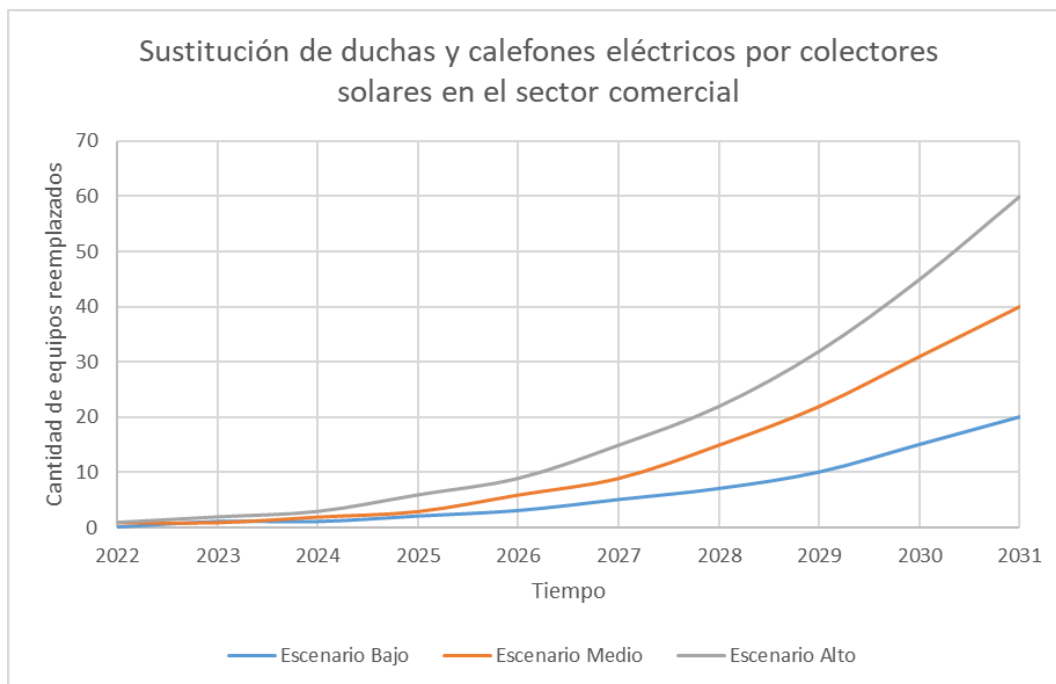


Figura 4.74. Escenarios de penetración del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Alcance del proyecto

El proyecto deberá trabajar en conjunto con las entidades gubernamentales como el Consejo de Gobierno, GADs municipales y ELECGALÁPAGOS. El objetivo es desarrollar programas que difusión que informen e incentiven a la población acerca de los beneficios que traerá la sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares. Algunas de las actividades específicas que se deben realizar como parte del proyecto son:

- Acuerdo con las casas comerciales para la compra/venta de colectores solares en las islas.
- Actividades de logística para la llegada de los colectores solares para su distribución a los compradores.
- Creación de mecanismos de financiamiento y planes de pago que haga viable la inversión a los posibles clientes.
- Sustitución de 130 equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares en un horizonte de 10 años.

Línea de tiempo

A continuación, en la Figura 4.75 se muestran los objetivos anuales para la implementación del proyecto de sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial, dentro de los cuales se detalla el número de equipos por sustituir, el ahorro energético esperado y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El cálculo de la cantidad de reemplazos y el ahorro esperado se presenta en el ANEXO H.

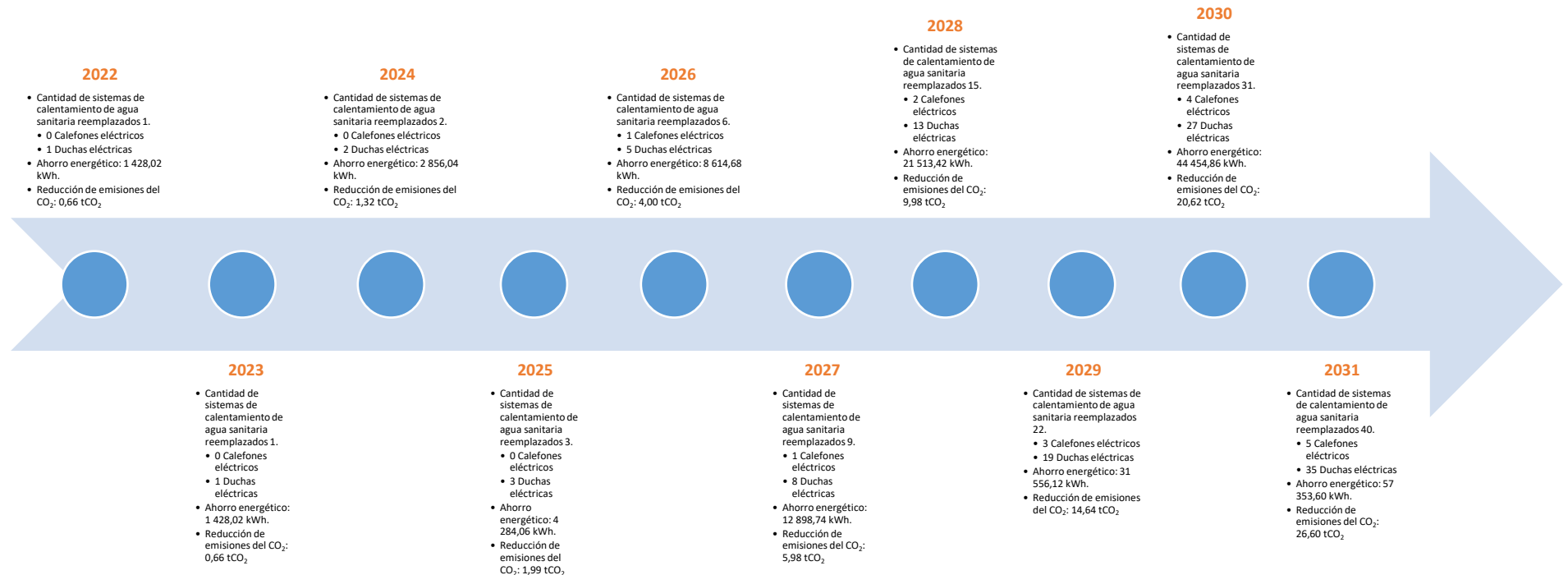


Figura 4.75. Línea de tiempo para el proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores del proyecto

Los indicadores que permitirán medir los resultados de este proyecto son:

- Ahorro económico por la reducción en el consumo energético.
- Número de colectores solares comprados dentro de las islas.

Análisis financiero del proyecto

A continuación, se presentan los resultados del análisis económico - financiero para la implementación del proyecto sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial considerando los objetivos anuales que se plantearon para el escenario de penetración medio. Los cálculos para el análisis económico – financiero se presentan en el ANEXO I.

➤ Inversión inicial

Para el análisis del proyecto se considera un valor unitario por equipo de:

- Colector solar: 1 140 USD.

Este valor corresponde al promedio de diferentes equipos de similares características que se encuentran en el ANEXO J. De esta forma la inversión que se estima para la adquisición de los equipos del proyecto es de 148 200,00 USD. Dicho monto se divide anualmente en función del número de equipos de calentamiento de agua sanitaria que se sustituye. En la Tabla 4.103 se muestra la inversión durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 4.103. Inversión anual del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Inversiones Anuales [\$]					
Año	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	\$1.140,00	\$1.140,00	\$2.280,00	\$3.420,00	\$6.840,00
Año	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión	\$10.260,00	\$17.100,00	\$25.080,00	\$35.340,00	\$45.600,00

➤ Ahorro anual

En base al número de equipos reemplazados por año se cuantifica el ahorro eléctrico y el ahorro económico considerando criterios como el incremento anual del 2% de la tarifa eléctrica, una tasa de descuento preferencial para proyectos de eficiencia energética para Galápagos del 5% y un valor de 45 USD/tCO₂ por concepto de derechos de emisión de

CO₂. De esta manera, en la Tabla 4.104 se presentan los ahorros energéticos por año y en la Tabla 4.105 se presentan los ahorros económicos por año.

Tabla 4.104. Ahorro energético anual del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [kWh]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	1 428,02	2 856,04	5 712,08	9 996,14	18 610,82
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	31 509,56	53 022,98	84 579,09	129 033,95	186 387,55
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	186 387,55	186 387,55	186 387,55	186 387,55	186 387,55
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	186 387,55	186 387,55	186 387,55	186 387,55	186 387,55

Tabla 4.105. Ahorro económico anual del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Ahorros Anuales [\$]					
Año	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro	\$147,09	\$300,06	\$612,11	\$1.092,62	\$2.074,93
Año	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorro	\$3.583,28	\$6.150,39	\$10.006,94	\$15.571,94	\$22.943,29
Año	2033	2034	2035	2036	2037
Ahorro	\$23.402,15	\$23.870,20	\$24.347,60	\$24.834,55	\$25.331,24
Año	2038	2039	2040	2041	2042
Ahorro	\$25.837,87	\$26.354,63	\$26.881,72	\$27.419,35	\$27.967,74

➤ Flujo de Caja

En base a los ahorros económicos presentados anteriormente, a continuación, en la Figura 4.76 se presenta el flujo de caja para el proyecto sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial, con un horizonte de 20 años.

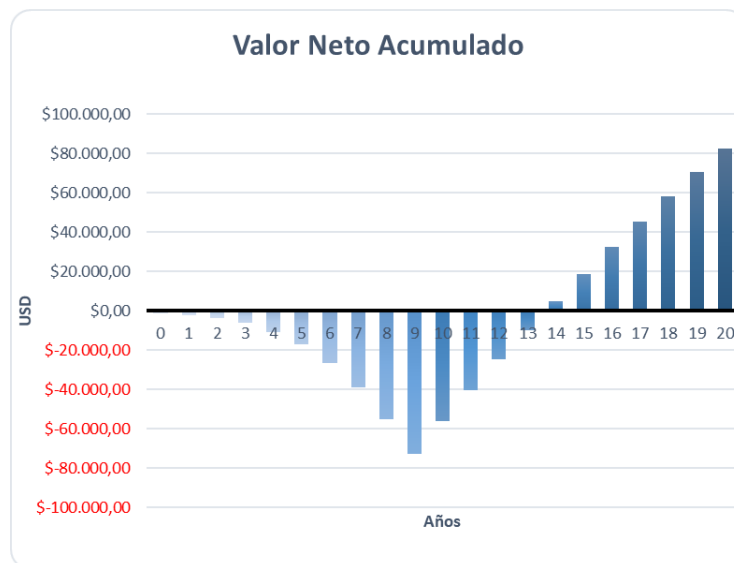


Figura 4.76. Valor neto acumulado del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

➤ Indicadores de Rentabilidad

Una vez determinada la inversión inicial, ahorros anuales y el flujo de caja se determina los indicadores de rentabilidad. En Tabla 4.106 se presentan los indicadores VAN, TIR, Payback y Costo-Beneficio para el proyecto sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial.

Tabla 4.106. Resultados del análisis económico del proyecto "Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial" [Elaboración Propia].

Indicadores Financieros	Valor
VAN [\$]	\$82.807,01
TIR [%]	16%
TERI [Años]	14
Costo-Beneficio	1,79

4.6.4.3 Resumen del programa

A continuación, se presentan los indicadores del análisis técnico y los indicadores del análisis económico para cada proyecto. En la Figura 4.77 se presenta el proyecto en el sector residencial y en la Figura 4.78 en proyecto en el sector comercial.

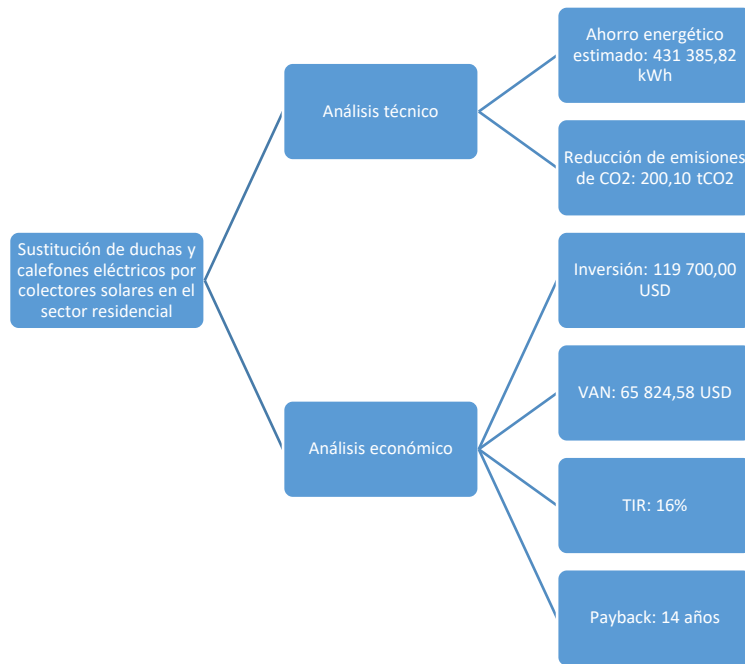


Figura 4.77. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial” [Elaboración Propia].

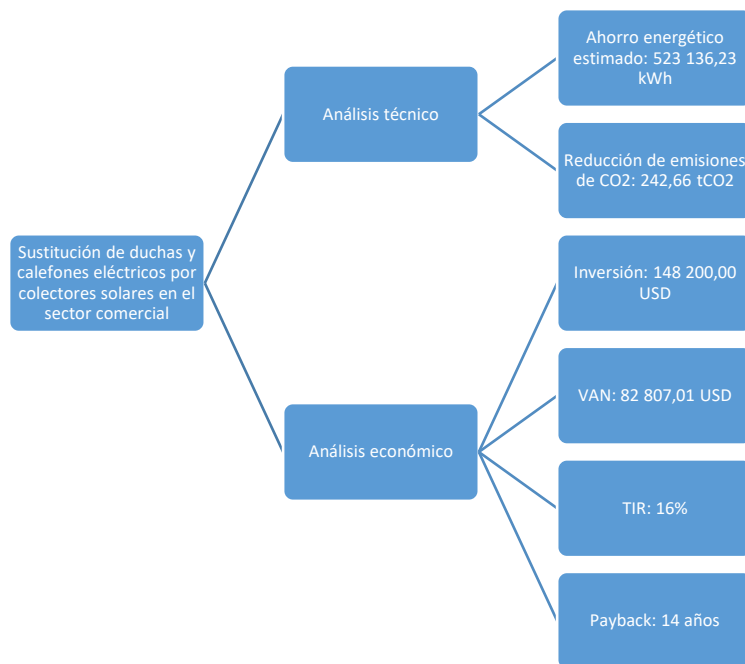


Figura 4.78. Resumen del análisis técnico – económico del proyecto “Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial” [Elaboración Propia].

Este programa pretende reemplazar el 40% de las duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial y comercial en un horizonte de 10 años para el escenario medio. Con los dos proyectos propuestos se estima un ahorro energético de 954 522,04 kWh y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 442,76 tCO₂ a lo largo del horizonte 10 años del Plan de Eficiencia Energética para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos.

Para observar de mejor manera los objetivos planteados para el programa de sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares, en la Figura 4.79 se muestra una prospectiva de la reducción del consumo energético eléctrico en los próximos 10 años para cada uno de los escenarios planteados. Es importante mencionar que la proyección de la demanda o Escenario Business As Usual (BAU) se obtuvo con base en los resultados de la consultoría “Supporting The Zero Fossil Fuels Initiative For Galápagos” desarrollada por el consorcio Quantum - Energynautics, el Banco Interamericano de Desarrollo y el MERNNR en [62].

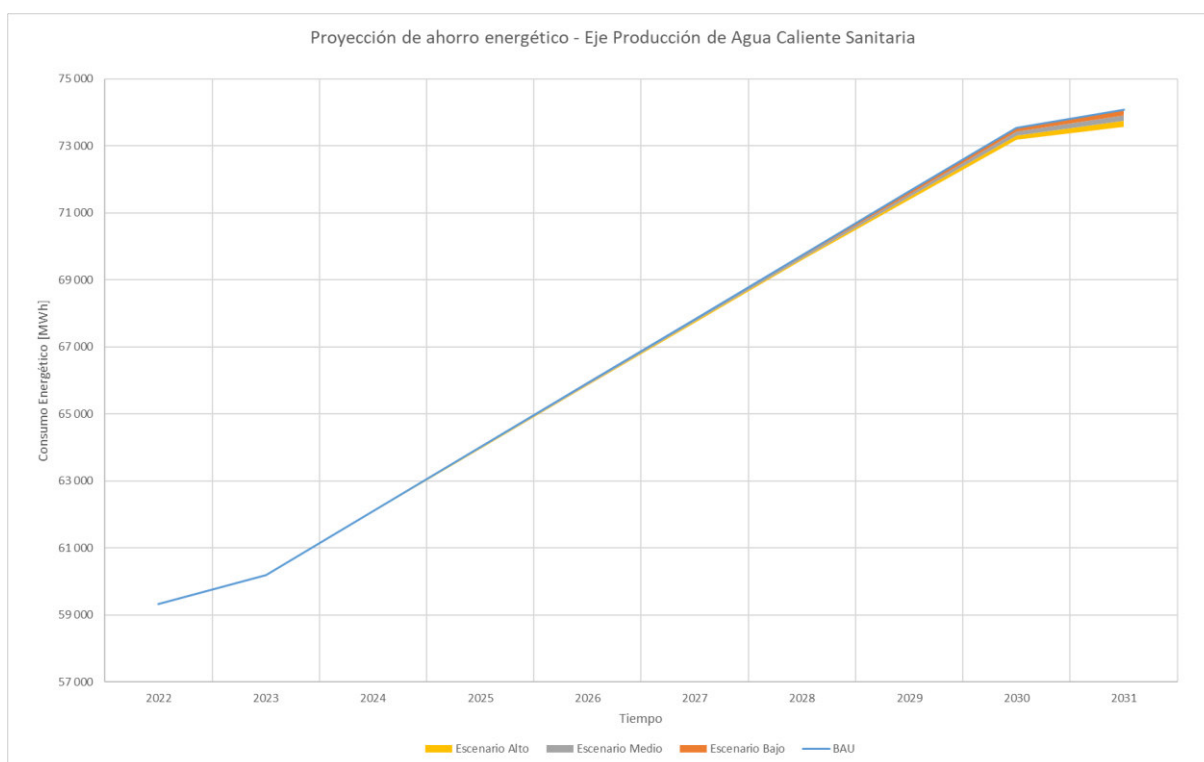


Figura 4.79. Proyección del ahorro energético eléctrico del programa “Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares” [Elaboración Propia].

4.6.4.3.1 Acciones complementarias para el proyecto

Las buenas prácticas son acciones que contribuyen a maximizar los ahorros de energía puesto que una gestión eficaz es clave para optimizar el uso de los recursos. Además, estas permiten a los usuarios generar un ahorro en la planilla eléctrica. A continuación se muestran buenas prácticas referentes al calentamiento de agua sanitaria:

- Instalar los colectores solares con una buena orientación para maximizar la recepción de radiación solar.
- Evitar que existan objetos que pueden producir sombras sobre los colectores solares.
- Limpiar constantemente las superficies de los colectores solares para evitar la acumulación de suciedad.
- Mantener un buen nivel de aislamiento térmico para evitar pérdida de calor durante la noche.

4.7 PRIORIZACIÓN DE LÍNEAS DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA

En los apartados anteriores se determinaron los ejes de acción, programas y proyectos que forman parte de la propuesta del plan de eficiencia energética eléctrica en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz del archipiélago de Galápagos. Además, se presentaron a grandes rasgos los puntos de vista técnicos y económicos para cada uno de los programas y proyectos. Con esta información es posible priorizar aquellos proyectos que presentan mayores beneficios en función de los siguientes criterios:

- Ahorro energético [kWh]
- Madurez tecnológica y aceptación
- Costo – Beneficio
- Inversión [USD]

Para priorizar los proyectos que presentan los mayores beneficios se establece una puntuación a través de una escala entre el 1 y el 10. De esta manera se definen las siguientes ponderaciones para los criterios.

Para el ahorro energético se califican los proyectos de mayor a menor ahorro, obteniendo una calificación de 10 puntos para aquel proyecto que presenta un mayor valor y conforme el ahorro disminuye se reduce 1 punto en su calificación. Es importante destacar que al contar con nueve proyectos la menor calificación es 2 puntos. De forma análoga se califica el criterio del costo beneficio.

Por otro lado, en el criterio de inversión se califica de forma inversa. Es decir el proyecto que menor inversión requiere es aquel que tendrá la mayor calificación. Conforme la inversión del proyecto aumenta, la calificación se reduce 1 punto.

Para el criterio de la madurez tecnológica y aceptación se establecen tres diferentes *puntajes*. Si la madurez tecnológica y la aceptación del proyecto es considerada “Alta” la calificación es 10 puntos. Mientras que si la madurez tecnológica del proyecto es alta, pero la aceptación es baja, se considera a este criterio como “Media” y tiene una calificación de 5 puntos. Finalmente, una madurez tecnológica y aceptación baja posee únicamente 2 puntos de calificación ya que se considera el criterio como “Baja”. Es importante tomar en cuenta que la madurez tecnológica y aceptación se basa en las conclusiones obtenidas de la identificación de barreras y el desarrollo tecnológico.

Por ejemplo, las lámparas LED son consideradas una tecnología altamente madura debido a que estos equipos ya poseen un alto nivel de desarrollo y una elevada aceptación de los

usuarios. Por otro lado, los refrigeradores, los congeladores y los aires acondicionados son *considerados como equipos con una madurez tecnológica “Media” debido a que en programas como el RENOVA los usuarios reportaron daños en los equipos. Esto provocó que exista desconfianza en los mismos por parte de la población de las islas catalogando a los equipos como poco fiables. Por último, los colectores solares son considerados de baja madurez tecnológica debido a que el aprovechamiento de la energía solar aún no se encuentra lo suficientemente desarrollado en el país. Esto genera cierta resiliencia al cambio.*

A continuación, en la Tabla 4.107 se presentan las puntuaciones determinadas para cada uno de los criterios de cada proyecto presentado anteriormente.

Tabla 4.107. Metodología de priorización de proyectos de eficiencia energética [Elaboración Propia].

Programa	Proyecto	Ahorro energético [kWh]	Madurez tecnológica y aceptación	Costo Beneficio	Inversión [USD]	Calificación
Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	1 145 874,58	Alta	9,13	12 526,15	36
		8	10	9	9	
	Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	641 161,62	Alta	14,55	4 833,07	35
		5	10	10	10	
	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	4 152 765,60	Alta	3,77	338 523,54	31
		10	10	8	3	
Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	671 339,80	Media	1,08	273 477,60	21
		6	5	5	5	
	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	729 052,31	Media	1,41	156 075,60	24
		7	5	6	6	
Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial	1 276 714,98	Media	0,35	1 511 877,66	18
		9	5	2	2	
	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	292 703,82	Media	0,39	313 024,65	13
		2	5	2	4	
Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	431 385,82	Baja	1,78	119 700,00	20
		3	2	7	8	
	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	523 136,23	Baja	1,79	148 200,00	20
		4	2	7	7	

En función de las puntuaciones obtenidas por cada proyecto se establecen prioridades alta media y baja en base a los siguientes resultados:

- Prioridad alta: 30 a 40 puntos
- Prioridad media: 20 a 29 puntos
- Prioridad baja: 0 a 19 puntos

A continuación, se presenta la priorización de cada uno de los proyectos en base a los criterios mencionados anteriormente.

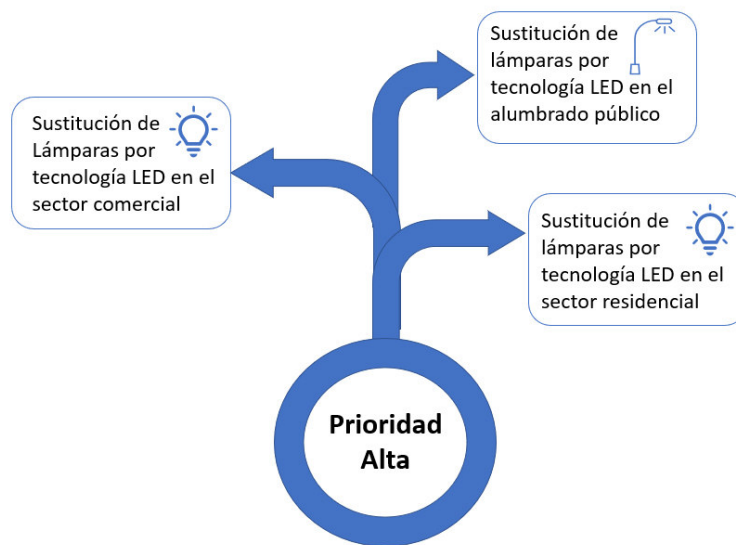


Figura 4.80. Proyectos de eficiencia energética – Prioridad alta [Elaboración Propia].

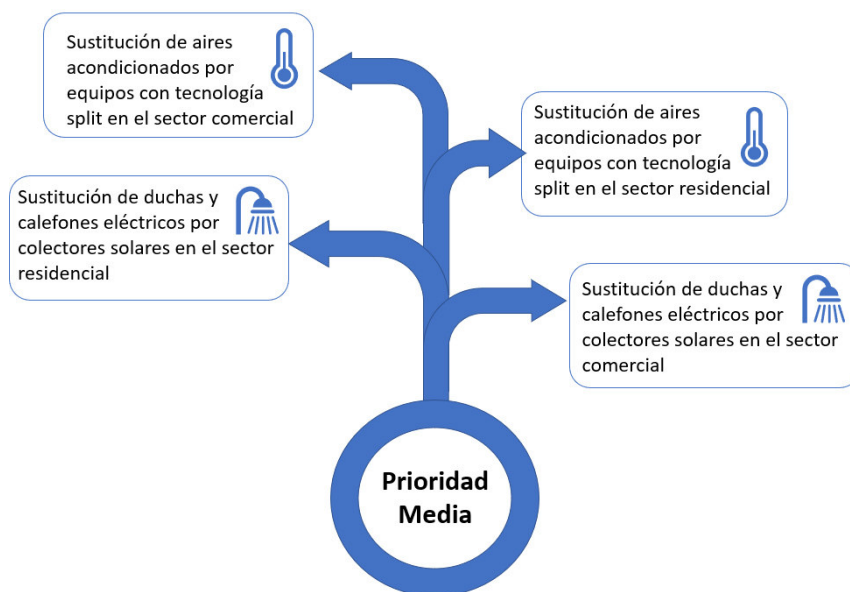


Figura 4.81. Proyectos de eficiencia energética – Prioridad media [Elaboración Propia].

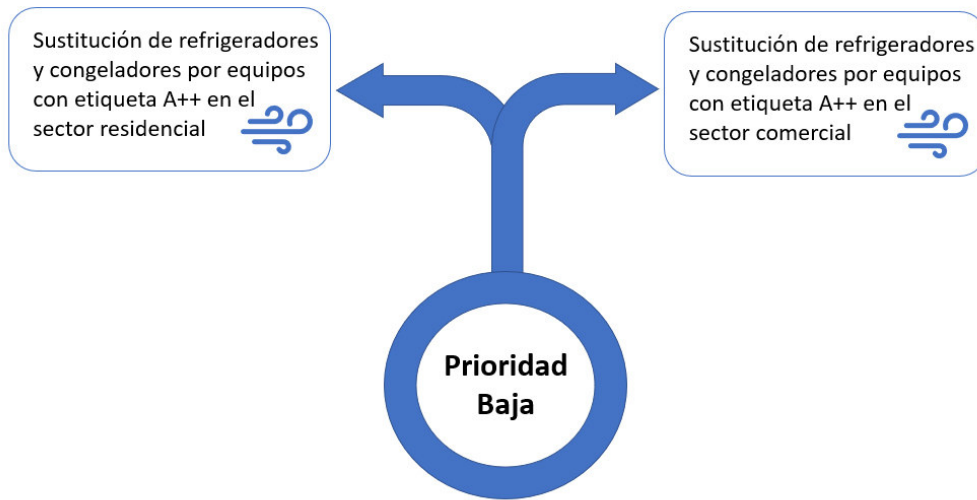


Figura 4.82. Proyectos de eficiencia energética – Prioridad baja [Elaboración Propia].

5 ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA PARA LAS ISLAS SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y SANTA CRUZ.

En este apartado se analizan diferentes alternativas para la implementación de los proyectos de eficiencia energética considerando diferentes presupuestos. En la Tabla 5.1 se presentan los proyectos con su priorización y monto de inversión. Las alternativas de implementación tienen como objetivo establecer los proyectos que pueden ser ejecutados para un presupuesto determinado.

Tabla 5.1. Priorización de proyectos de eficiencia energética [Elaboración Propia].

Prioridad	Programa	Proyecto	Monto del proyecto [USD]
1	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	12 526,15
2	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	4 833,07
3	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	338 523,54
4	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	156 075,60
5	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	273 477,60
6	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	119 700,00
7	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	148 200,00
8	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial	1 511 877,66
9	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	313 024,65

5.1 ALTERNATIVA 1: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE 520 000,00 USD

5.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Los proyectos que se incluyen para este presupuesto se presentan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Proyectos de eficiencia energética eléctrica - Alternativa 1 [Elaboración Propia].

Prioridad	Programa	Proyecto	Monto del proyecto [USD]
1	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	12 526,15
2	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	4 833,07
3	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	338 523,54
4	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	156 075,60

El monto total de inversión para esta alternativa es 511 958,36 USD.

En la Figura 5.1 se muestra una proyección del ahorro energético con la implementación de los proyectos de la Tabla 5.2 en sus diferentes escenarios de penetración.

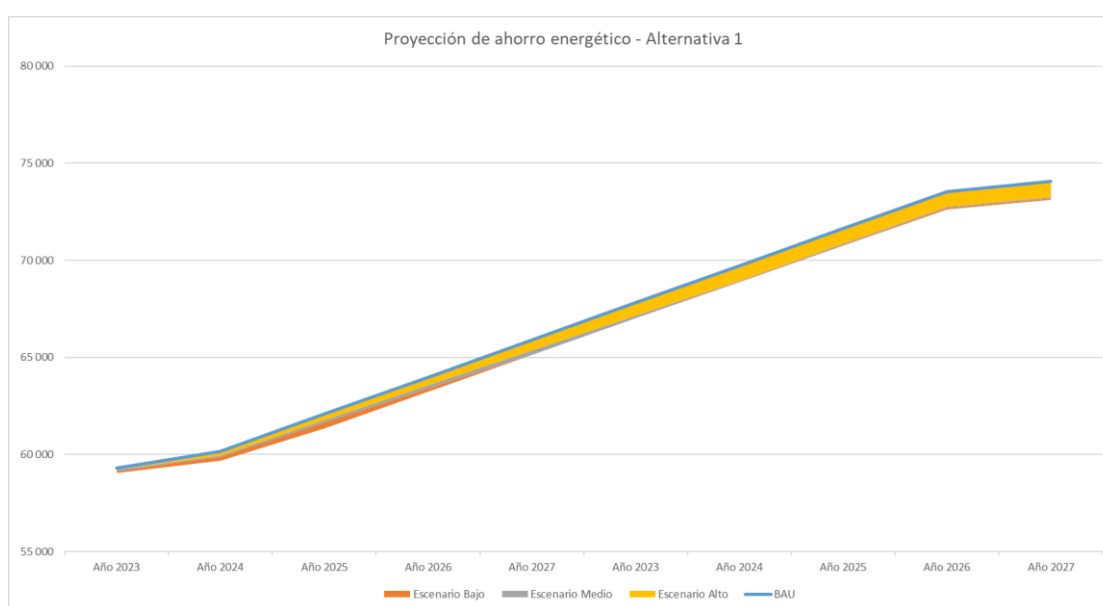


Figura 5.1. Proyección del ahorro energético - Alternativa 1 [Elaboración Propia].

5.1.2 EVOLUCIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO

En la Tabla 5.3 se presenta la evolución del ahorro energético correspondiente a los proyectos de la alternativa 1. Mientras que en la Figura 5.2 se presenta dicha evolución de forma gráfica.

Tabla 5.3. Proyección del ahorro energético - Alternativa 1 [Elaboración Propia].

Proyecto	Ahorro anual [kWh]				
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	28 646,86	57 293,73	85 940,59	114 587,46	143 234,32
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32
Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	16 029,05	32 058,10	48 087,14	64 116,19	80 145,24
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	103 819,14	207 638,28	311 457,42	415 276,56	519 095,70
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	461,75	1 841,41	4 805,18	11 650,62	24 219,14
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	42 715,19	65 092,92	89 312,06	114 274,77	139 237,48

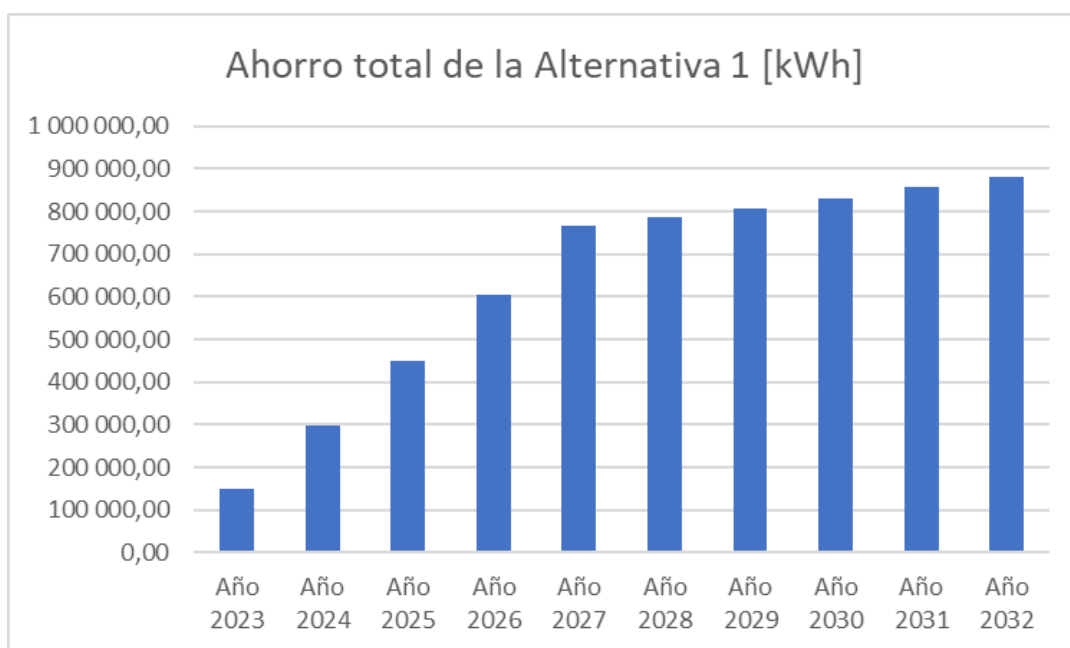


Figura 5.2. Evolución del ahorro energético - Alternativa 1 [Elaboración Propia].

5.1.3 EVOLUCIÓN DEL AHORRO ECONÓMICO

Por otro lado, en la Tabla 5.4 se evidencia la evolución de los ahorros económicos generados debido a la aplicación de los proyectos de la alternativa 1. De forma homologa, en la Figura 5.4 se muestran los ahorros de forma gráfica

Tabla 5.4. Proyección del Ahorro económico - Alternativa 1 [Elaboración Propia]

Proyecto	Ahorro económico [USD]				
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	2 904,47	5 925,13	9 065,44	12 329,00	15 719,48
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	16 033,87	16 354,55	16 681,64	17 015,27	17 355,57
Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	1 650,99	3 368,02	5 153,08	7 008,18	8 935,43
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	9 114,14	9 296,43	9 482,35	9 672,00	9 865,44
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	21 563,24	43 989,00	67 303,17	91 532,31	116 703,70
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	119 037,77	121 418,53	123 846,90	126 323,84	128 850,31
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	47,56	193,46	514,93	1 273,46	2 700,20
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	4 857,59	7 550,44	10 566,92	13 790,78	17 139,37

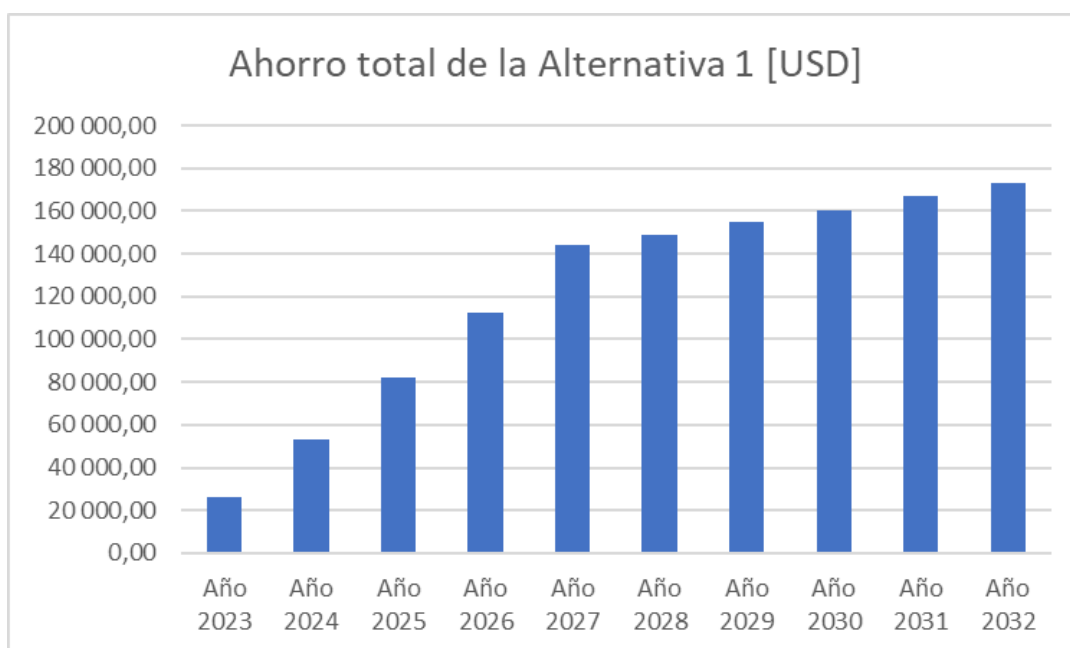


Figura 5.3. Evolución del ahorro económico - Alternativa 1 [Elaboración Propia].

5.2 ALTERNATIVA 2: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE 1 400 000,00 USD

5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Los proyectos que se incluyen para este presupuesto se presentan en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Proyectos de eficiencia energética eléctrica - Alternativa 2 [Elaboración Propia].

Prioridad	Programa	Proyecto	Monto del proyecto [USD]
1	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	12 526,15
2	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	4 833,07
3	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	338 523,54
4	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	156 075,60
5	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	273 477,60
6	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	119 700,00
7	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	148 200,00
8	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	313 024,65

El monto total de inversión para esta alternativa es 1 366 360,61 USD.

En la Figura 5.4 se muestra una proyección del ahorro energético con la implementación de los proyectos de la Tabla 5.5 en sus diferentes escenarios de penetración.

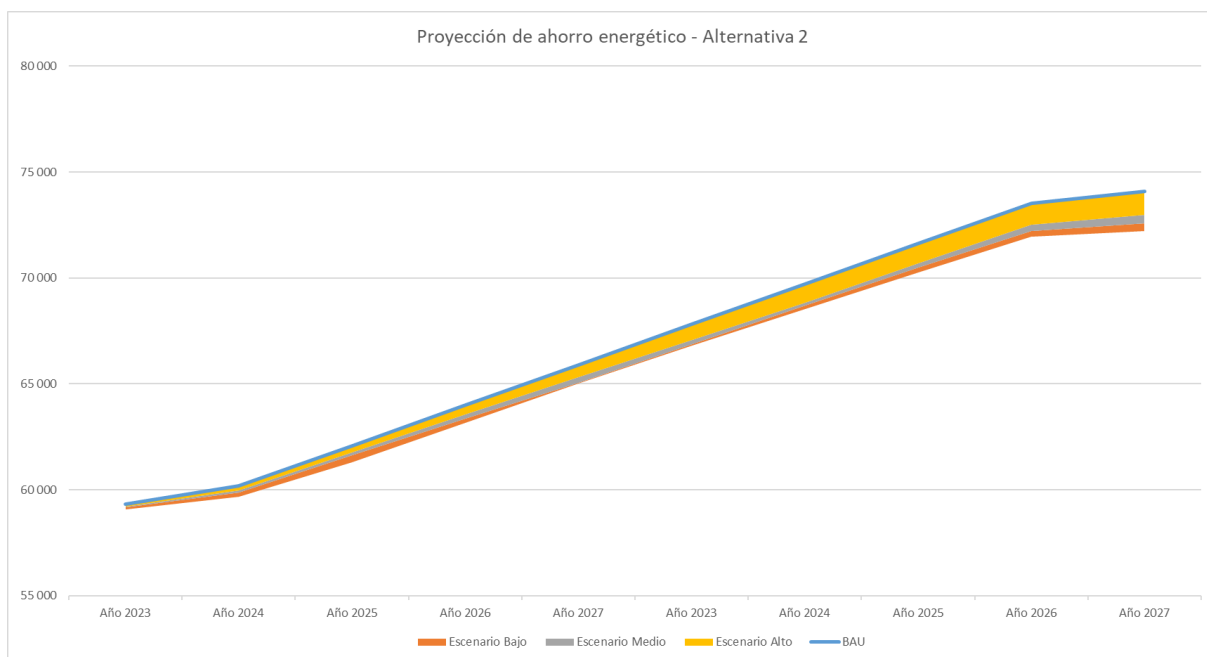


Figura 5.4. Proyección del ahorro energético - Alternativa 2 [Elaboración Propia].

5.2.2 EVOLUCIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO

En la Tabla 5.6 se presenta la evolución del ahorro energético correspondiente a los proyectos de la alternativa 2. Mientras que en la Figura 5.5 se presenta dicha evolución de forma gráfica.

Tabla 5.6. Proyección del ahorro energético Alternativa - 2 [Elaboración Propia].

Proyecto	Ahorro anual [kWh]					
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027	
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	Año 2023	28 646,86	57 293,73	85 940,59	114 587,46	143 234,32
	Año 2028	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32
	Año 2029	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32
	Año 2030	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32
Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	Año 2023	16 029,05	32 058,10	48 087,14	64 116,19	80 145,24
	Año 2028	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24
	Año 2029	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24
	Año 2030	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	Año 2023	103 819,14	207 638,28	311 457,42	415 276,56	519 095,70
	Año 2028	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70
	Año 2029	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70
	Año 2030	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70
Sustitución de aires acondicionados por equipos	Año 2023	461,75	1 841,41	4 805,18	11 650,62	24 219,14
	Año 2028	24 219,14	24 219,14	24 219,14	24 219,14	24 219,14
	Año 2029	24 219,14	24 219,14	24 219,14	24 219,14	24 219,14
	Año 2030	24 219,14	24 219,14	24 219,14	24 219,14	24 219,14

con tecnología split en el sector comercial	42 715,19	65 092,92	89 312,06	114 274,77	139 237,48
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	566,61	2 316,86	6 210,82	15 748,99	32 853,13
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	58 140,29	88 576,61	121 723,24	155 436,49	189 766,76
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	1 428,02	2 856,04	4 284,06	8 614,68	15 801,34
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	27 318,62	44 594,54	70 485,14	104 990,41	151 012,97
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	1 428,02	2 856,04	5 712,08	9 996,14	18 610,82
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	31 509,56	53 022,98	84 579,09	129 033,95	186 387,55
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	240,51	955,92	2 744,43	6 802,47	14 197,02
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	25 298,05	38 662,48	53 100,01	67 895,25	82 807,68

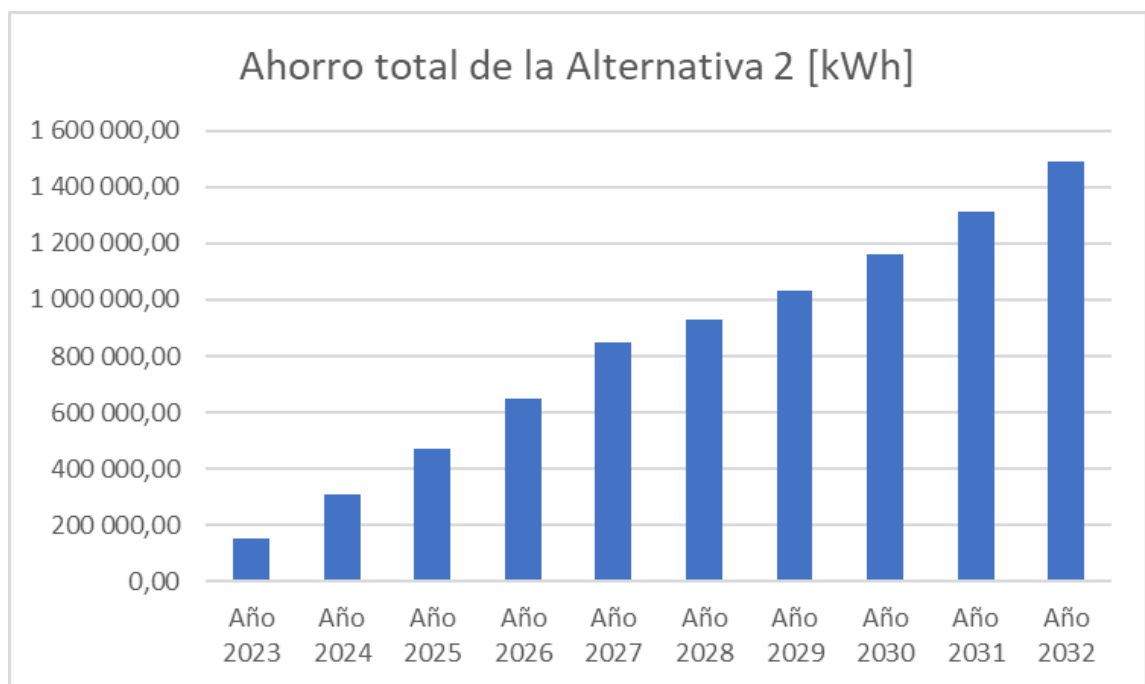


Figura 5.5. Evolución del ahorro energético - Alternativa 2 [Elaboración Propia].

5.2.3 EVOLUCIÓN DEL AHORRO ECONÓMICO

Por otro lado, en la Tabla 5.7 se evidencia la evolución de los ahorros económicos generados debido a la aplicación de los proyectos de la alternativa 2. De forma homologa, en la Figura 5.6 se muestran los ahorros de forma gráfica

Tabla 5.7. Proyección del ahorro económico - Alternativa 2 [Elaboración Propia].

Proyecto	Ahorro económico [USD]				
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	2 904,47	5 925,13	9 065,44	12 329,00	15 719,48
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	16 033,87	16 354,55	16 681,64	17 015,27	17 355,57
Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	1 650,99	3 368,02	5 153,08	7 008,18	8 935,43
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	9 114,14	9 296,43	9 482,35	9 672,00	9 865,44
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	21 563,24	43 989,00	67 303,17	91 532,31	116 703,70
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	119 037,77	121 418,53	123 846,90	126 323,84	128 850,31
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	47,56	193,46	514,93	1 273,46	2 700,20
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	4 857,59	7 550,44	10 566,92	13 790,78	17 139,37
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	57,45	239,60	655,15	1 694,51	3 605,52
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	6 508,31	10 113,71	14 176,37	18 464,80	22 993,87
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	144,79	295,36	451,90	926,89	1 734,14
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	3 058,09	5 091,82	8 208,98	12 472,15	18 298,11
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	147,09	300,06	612,11	1 092,62	2 074,93
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	3 583,28	6 150,39	10 006,94	15 571,94	22 943,29
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	24,77	100,43	294,10	743,54	1 582,83
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	2 876,90	4 484,64	6 282,51	8 193,66	10 193,17

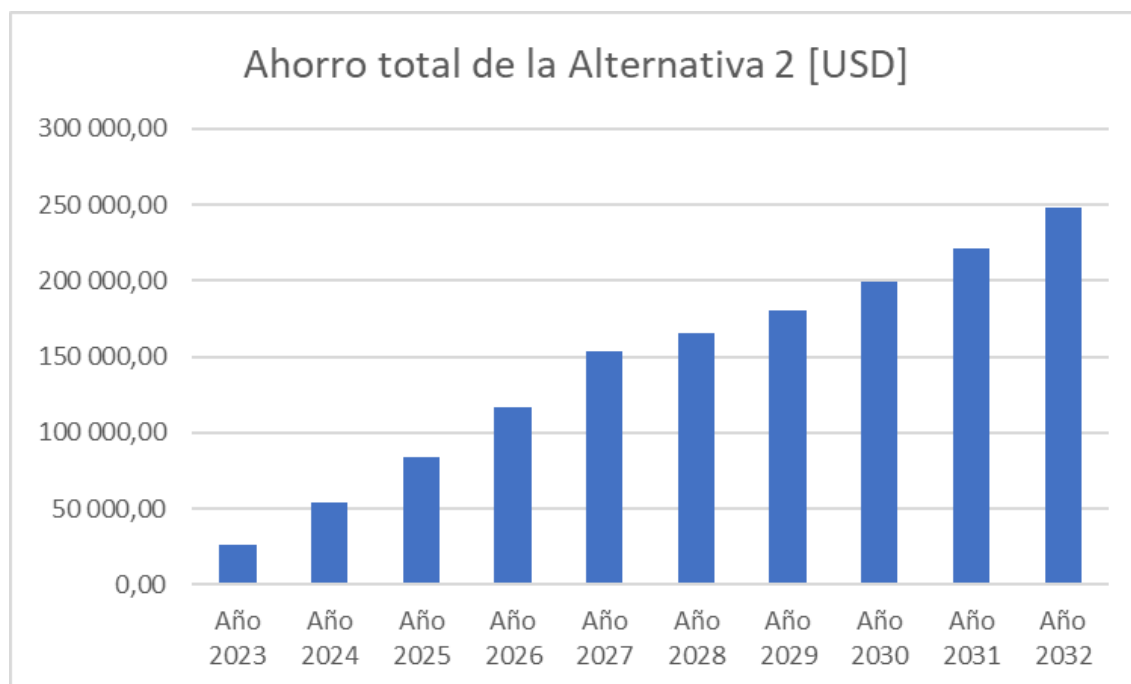


Figura 5.6. Evolución del ahorro económico - Alternativa 2 [Elaboración Propia].

5.3 ALTERNATIVA 3: PRESUPUESTO DE INVERSIÓN DE 3 000 000,00 USD

5.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Los proyectos que se incluyen para este presupuesto se presentan en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Proyectos de eficiencia energética eléctrica - Alternativa 3 [Elaboración Propia].

Prioridad	Programa	Proyecto	Monto del proyecto [USD]
1	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	12 526,15
2	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	4 833,07
3	Sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes	Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	338 523,54
4	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	156 075,60
5	Sustitución de equipos de climatización por equipos más eficientes	Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	273 477,60

6	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	119 700,00
7	Sustitución de equipos para la producción de agua caliente sanitaria por colectores solares	Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	148 200,00
8	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial	1 511 877,66
9	Sustitución de equipos de refrigeración por equipos más eficientes	Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	313 024,65

El monto total de inversión para esta alternativa es 2 878 238,27 USD.

En la Figura 5.7 se muestra una proyección del ahorro energético con la implementación de los proyectos de la Tabla 5.8 en sus diferentes escenarios de penetración.

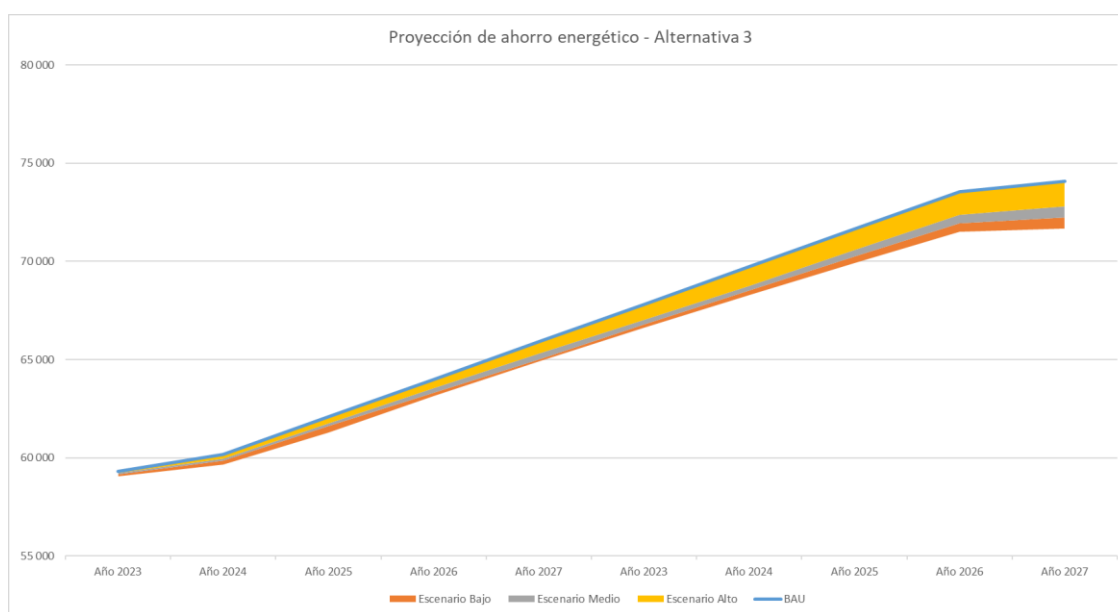


Figura 5.7. Proyección del ahorro energético - Alternativa 3 [Elaboración Propia].

5.3.2 EVOLUCIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO

En la Tabla 5.9 se presenta la evolución del ahorro energético correspondiente a los proyectos de la alternativa 3. Mientras que en la Figura 5.8 se presenta dicha evolución de forma gráfica

Tabla 5.9. Proyección del ahorro energético - Alternativa 3 [Elaboración Propia].

Proyecto	Ahorro anual [kWh]				
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	28 646,86	57 293,73	85 940,59	114 587,46	143 234,32
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32	143 234,32
Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	16 029,05	32 058,10	48 087,14	64 116,19	80 145,24
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24	80 145,24
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	103 819,14	207 638,28	311 457,42	415 276,56	519 095,70
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70	519 095,70
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	461,75	1 841,41	4 805,18	11 650,62	24 219,14
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	42 715,19	65 092,92	89 312,06	114 274,77	139 237,48
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	566,61	2 316,86	6 210,82	15 748,99	32 853,13
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	58 140,29	88 576,61	121 723,24	155 436,49	189 766,76
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	1 428,02	2 856,04	4 284,06	8 614,68	15 801,34
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	27 318,62	44 594,54	70 485,14	104 990,41	151 012,97
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	1 428,02	2 856,04	5 712,08	9 996,14	18 610,82
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	31 509,56	53 022,98	84 579,09	129 033,95	186 387,55
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial	1 239,00	4 403,36	12 219,16	29 890,50	62 735,88
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	110 640,89	168 496,54	231 003,63	295 436,08	360 649,96
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	240,51	955,92	2 744,43	6 802,47	14 197,02
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	25 298,05	38 662,48	53 100,01	67 895,25	82 807,68

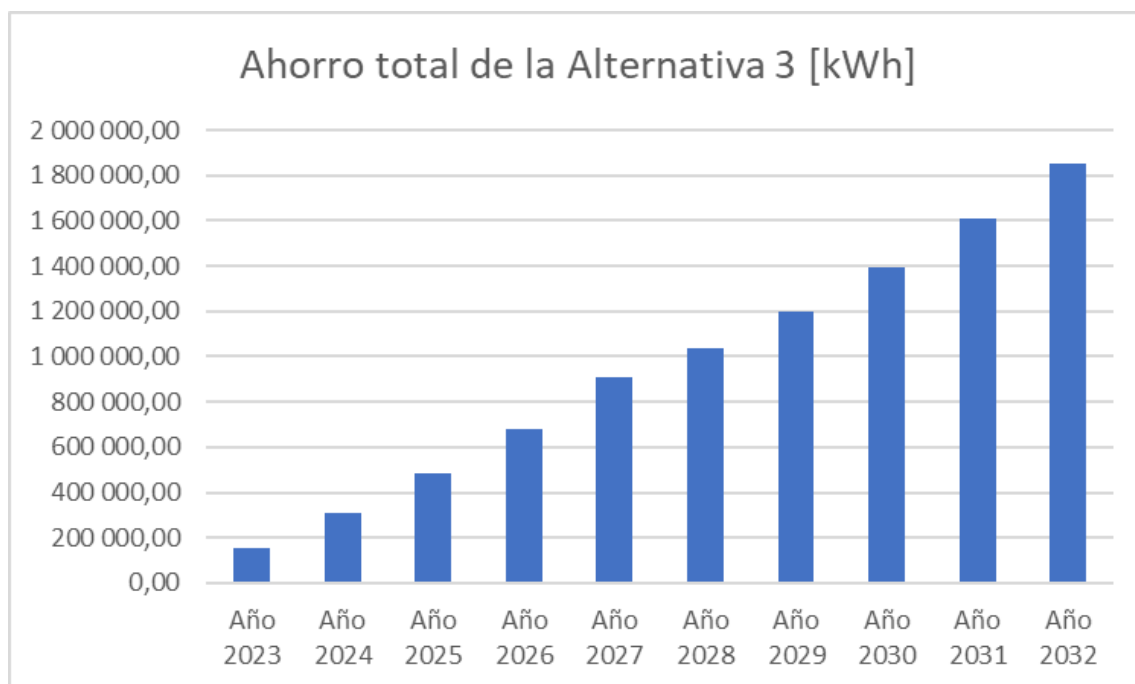


Figura 5.8. Evolución del ahorro energético - Alternativa 3 [Elaboración Propia].

5.3.3 EVOLUCIÓN DEL AHORRO ECONÓMICO

Por otro lado, en la Tabla 5.10 se evidencia la evolución de los ahorros económicos generados debido a la aplicación de los proyectos de la alternativa 3. De forma homologa, en la Figura 5.9 se muestran los ahorros de forma gráfica.

Tabla 5.10. Proyección del ahorro económico - Alternativa 3 [Elaboración Propia].

Proyecto	Ahorro económico [USD]				
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el sector residencial	2 904,47	5 925,13	9 065,44	12 329,00	15 719,48
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	16 033,87	16 354,55	16 681,64	17 015,27	17 355,57
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de Lámparas por tecnología LED en el sector comercial	1 650,99	3 368,02	5 153,08	7 008,18	8 935,43
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	9 114,14	9 296,43	9 482,35	9 672,00	9 865,44
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de lámparas por tecnología LED en el alumbrado público	21 563,24	43 989,00	67 303,17	91 532,31	116 703,70
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	119 037,77	121 418,53	123 846,90	126 323,84	128 850,31
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector comercial	47,56	193,46	514,93	1 273,46	2 700,20
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	4 857,59	7 550,44	10 566,92	13 790,78	17 139,37
	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027

Sustitución de aires acondicionados por equipos con tecnología split en el sector residencial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	57,45	239,60	655,15	1 694,51	3 605,52
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	6 508,31	10 113,71	14 176,37	18 464,80	22 993,87
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector residencial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	144,79	295,36	451,90	926,89	1 734,14
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	3 058,09	5 091,82	8 208,98	12 472,15	18 298,11
Sustitución de duchas y calefones eléctricos por colectores solares en el sector comercial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	147,09	300,06	612,11	1 092,62	2 074,93
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	3 583,28	6 150,39	10 006,94	15 571,94	22 943,29
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector residencial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	125,62	455,38	1 288,94	3 216,06	6 885,05
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	12 385,31	19 238,99	26 903,60	35 095,81	43 699,63
Sustitución de refrigeradores y congeladores por equipos con etiqueta A++ en el sector comercial	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
	24,77	100,43	294,10	743,54	1 582,83
	Año 2028	Año 2029	Año 2030	Año 2031	Año 2032
	2 876,90	4 484,64	6 282,51	8 193,66	10 193,17



Figura 5.9. Evolución del ahorro económico - Alternativa 3 [Elaboración Propia].

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La encuesta evidenció que los consumidores finales de energía poseen un buen nivel de conocimiento sobre la eficiencia energética y las energías renovables. Esto a su vez favorece a que la mayoría de los usuarios finales de la energía se encuentren dispuestos a participar en programas de eficiencia energética. No obstante, aquellos usuarios que prefieren no hacerlo se justifican en los altos costos de inversión, los largos periodos de recuperación de la inversión y la falta de confianza en las instituciones ejecutoras.
- Dada la compleja situación sanitaria provocada por la pandemia COVID-19 existió un alto grado de dificultad para la recopilación de información. Por tal razón, se concluye que las encuestas en línea son una de las mejores soluciones para la adquisición de datos en situaciones que limitan la interacción entre personas. Esto debido a que no se requiere una gran cantidad de recursos para su ejecución y la difusión del enlace de la encuesta es relativamente simple.
- Con base en los resultados de la caracterización de los usos finales de energía en las islas San Cristóbal, Isabel y Santa Cruz, se determina que existen picos de consumo entre las 5h00 y las 8h00; también entre las 17h00 y las 21h00 provocados en gran medida por las duchas eléctricas. Debido a que los consumos se producen principalmente en periodos durante los cuales las plantas fotovoltaicas no se encuentran operativas, el abastecimiento de la demanda debe ser realizado en gran medida con las centrales térmicas. Por tal razón, se concluye que es atractivo plantear un programa de eficiencia energética considerando estos equipos.
- La caracterización de usos finales de la energía evidencia que existe una carga base producto de los equipos de refrigeración. Esto indica que estos equipos son atractivos para la propuesta de proyectos de eficiencia energética puesto que si se reduce el consumo de una carga base, también se reducirán los picos de consumo en la curva de demanda diaria.
- Los resultados de las curvas de demanda diaria indican que los aires acondicionados son los equipos eléctricos que mayor consumo energético poseen. Estos equipos principalmente operan en las horas de la noche, justo cuando ocurren los picos de demanda de energía. Por tal razón es de suma importancia

que estos equipos sean considerados para la propuesta de planes de eficiencia energética.

- En las curvas de demanda diaria se evidencia que los dispositivos de iluminación permanecen encendidos principalmente durante el pico de demanda puesto que este ocurre cuando no existe luz natural. Con esto en mente, se concluye que para reducir el pico de demanda diaria se deberían considerar programas de eficiencia energética orientados a la reducción del consumo energético de las lámparas.
- Con base en los resultados obtenidos de la caracterización de usos finales de energía eléctrica se concluye que los equipos que se tomaron en cuenta para definir los programas de eficiencia energética eléctrica son los adecuados puesto que en las islas San Cristóbal y Santa Cruz consumen alrededor del 65% de la energía total durante el invierno y alrededor del 75% durante el verano. Mientras que en la isla Isabela estos equipos consumen alrededor del 70% de la energía total durante el invierno y alrededor del 80% durante el verano.
- Debido a la existencia de barreras u obstáculos que dificultan la aplicación de acciones en favor de la eficiencia energética, se concluye que al momento de plantear los objetivos de los proyectos y realizar los estudios económicos - financieros es indispensable tomar en cuenta dichos obstáculos, así como también plazos de tiempo para superarlos. De esta manera, tanto los objetivos como los resultados de los estudios se vuelven más realistas y confiables.
- Después de realizar el análisis técnico económico, se concluye que los proyectos que mayores beneficios presentan, tanto en aspectos energéticos como económicos, son aquellos que pertenecen al programa de sustitución de equipos de iluminación por equipos más eficientes. Esto es así puesto que la inversión requerida para el reemplazo es baja y los ahorros energéticos son relativamente altos con respecto a los demás programas.
- Con el análisis técnico económico de los programas y proyectos propuestos, se concluye que el programa de refrigeración es aquel que presenta los menores beneficios económicos. Esto se debe a que recientemente existieron programas que incentivaron el reemplazo de equipos de refrigeración ineficientes por otros más eficientes, por lo que se puede decir que ya existe cierto nivel de eficiencia en este tipo de equipos. Con esto en mente, los ahorros energéticos generados con la propuesta no son lo suficientemente altos como para compensar la inversión inicial.

No obstante, desde el punto de vista energético y ambiental el proyecto es sumamente atractivo.

- Con base en las prospectivas de la demanda eléctrica con la aplicación de los programas de eficiencia energética se evidencia que los ahorros energéticos son significativos, los cuales contribuyen a la reducción del consumo de energía en las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz. Por tal razón, se concluye que la propuesta de este plan traerá beneficios positivos en caso de implementarse puesto que contribuirá al fortalecimiento de la seguridad energética del archipiélago y se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero.
- En conclusión, al aplicar las diferentes alternativas propuestas se tiene que aquella que genera los máximos ahorros energéticos, al igual que la máxima inversión, corresponde a la Alternativa 3 con alrededor de 9,864 GWh y una reducción de 4 575,52 tCO₂ emitidas al medio ambiente. Por otro lado, la Alternativa 2 aporta con un ahorro energético de 8,587 GWh y evita la emisión de 3 983,31 tCO₂. Finalmente, la Alternativa 1 cuenta con un ahorro energético de 6,669 GWh y reduce la emisión de gases de efecto invernadero por un valor de 3 093,38 tCO₂.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda complementar el estudio presentado en este documento con aquellos programas de eficiencia energética como los relacionados a la sustitución de cocinas a gas por cocinas de inducción y al reemplazo de vehículos con motores de combustión interna por vehículos eléctricos.
- Se recomienda plantear proyectos de concientización y difusión del conocimiento referentes a la eficiencia energética como parte de un programa del plan de eficiencia energética para las islas. Esto con el fin de fortalecer los conocimientos de los usuarios finales y así orientarlos a hacia un consumo responsable.
- Se recomienda realizar un estudio de viabilidad técnica económica de proyectos orientados a la creación de normativas de construcción para promover la eficiencia energética en edificaciones.
- Se recomienda realizar una investigación de programas y proyectos que fomenten la gestión adecuada de la energía en las organizaciones públicas y en los hoteles basándose en la normativa ISO 50001:2011 referente a los sistemas de gestión de energía.

- Se recomienda realizar un estudio técnico económico que determine la viabilidad de la promoción de los sistemas de autoabastecimiento de energía a través de paneles fotovoltaicos. Esto con el fin de mejorar la seguridad energética de las islas y contribuir a la reducción de la generación de energía a partir de combustibles fósiles.
- Se recomienda realizar un estudio que identifique el impacto de la creación de políticas que desincentiven el uso de combustibles fósiles, como por ejemplo la reducción de los subsidios a estos recursos. Esto con el fin de que los usuarios opten por estrategias de eficiencia energética más amigables con el medio ambiente.
- Se recomienda realizar un estudio que permita diseñar, desarrollar y aplicar ordenanzas orientadas a la eficiencia energética considerando los aspectos particulares del régimen especial de Galápagos. Esto con el fin de fortalecer la autoridad de los gobiernos autónomos descentralizados y el Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos (CGREG) en el ámbito de la eficiencia energética.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016 - 2035,» Quito, 2016.
- [2] J. Schallenberg Rodríguez, G. Piernavieja Izquierdo, C. Hernández Rodríguez, P. Unamunzaga Falcón, R. García Déniz, M. DíazTorres, D. Cabrera Pérez, G. Martel Rodríguez, J. Pardilla Fariña y V. Subiela Ortin, Energías renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico de Canarias S.A., 2008.
- [3] V. Dufresne, P. Langlois, M. Couture-Roy y S. Flamand, «Guía C: Diseño de programas de eficiencia energética,» Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, 2013.
- [4] B. Calderón Muñoz, «Análisis técnico, regulatorio y económico para la liquidación comercial de autogeneradores y grandes consumidores de tecnología fotovoltaica,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020.
- [5] El Economista, «El Economista,» [En línea]. Available: <https://www.eleconomista.es/diccionario-de-economia/tasa-de-descuento>. [Último acceso: 19 Noviembre 2021].
- [6] V. Velayos Morales, «Economipedia,» 15 Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>. [Último acceso: 19 Noviembre 2021].
- [7] R. Vázquez Burguillo, «Economipedia,» 15 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/analisis-costebeneficio.html>. [Último acceso: 19 Noviembre 2021].
- [8] Escuela de Administración de Negocios - ESAN, «Conexión ESAN,» 24 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/evaluacion-economica-y-financiera-de-proyectos>. [Último acceso: 1 Abril 2022].
- [9] L. Swan y I. Ugursal, «Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques,» Elsevier Ltd, Barrington, 2009.
- [10] J. Quirós Tortós, G. Valverde Mora, L. Marín y M. Chacón Vásquez, «Metodología para la Determinación de Curvas de Carga y Consumo Eléctrico Residencial por Uso,» Universidad de Costa Rica, San José, 2019.
- [11] J. Casas Anguita, J. Repullo Labrador y J. Donado Campos, «La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I),» Escuela Nacional de Sanidad, Madrid, 2002.
- [12] Contraloría General de la República de Chile, «Guía práctica para la construcción de muestras,» Santaigo , 2012.
- [13] Complejo Hospitalario Universitario de Albacete, «Métodos de Muestreo,» Albacete.

- [14] CONELEC, «Procedimiento para la elaboración de encuestas de satisfacción de los consumidores,» Quito, 2008.
- [15] C. Martínez Bencardino, Estadística y muestreo, Bogotá: ECOE Ediciones, 2012.
- [16] P. Martínez Mosquera, «Usos finales de energía eléctrica y GLP en el cantón Cuenca. Escenarios al año 2015,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2015.
- [17] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, «Continuidad del levantamiento de las encuestas de hogares tras la coyuntura de la enfermedad por coronavirus (COVID-19),» Naciones Unidas, 2020.
- [18] R. Phadnis, C. Wickramasinghe, J. Zevallos, S. Davlin, V. Kumarapeli, V. Lea, J. Lee, U. Perera, F. Solórzano y J. Vásconez , «Leveraging mobile phone surveys during the COVID-19 pandemic in Ecuador and Sri Lanka: Methods, timeline and findings,» Quito, 2020.
- [19] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Presentación Rendición de Cuentas 2020,» 2020. [En línea]. Available: https://www.elecgalapagos.com.ec/transparencia/files/RENDICION%20DE%20CUENTAS%20PERIODO%202020/Fase%203.%20Compromisos/Presentacion_RC_2020%2008_05_2021%2018H00%20%282%29.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2021].
- [20] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Medición en Alimentadores 2019 - 2020 Santa Cruz SCX,» 2020.
- [21] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Medición en Alimentadores - San Cristóbal SYC,» 2019.
- [22] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Medición en alimentadores Isabela 2019 - 2020,» 2020.
- [23] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Medición en Alimentadores Baltra 2019 - 2020,» 2020.
- [24] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «DIAGRAMA UNIFILAR DEL SEP SANTA CRUZ - BALTRA,» 2020.
- [25] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Datos Técnicos: Centrales de generación».
- [26] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables - ARCERNNR, «Facturación de Clientes Regulados por Parroquia 2011 - 2018,» 2019.
- [27] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables - ARCERNNR, «Plan Maestro de Electricidad,» Quito, 2019.
- [28] Empresa Eléctrica Provincial Galápagos S.A - ELECGALAPAGOS S.A, «Diagrama Unifilar San Cristóbal (CE11-SE11),» 2020.

- [29] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables - MERNNR, «Sistema Híbrido Isla Isabela».
- [30] MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, «PLAN ESTRATÉGICO 2019 - 2021,» Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/Plan-Estrategico-Institucional-2019-2021-MERNNR.pdf>. [Último acceso: 2021 Noviembre 11].
- [31] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «ESTATUTO ORGÁNICO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.» Quito, 2021.
- [32] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «Servicio Ecuatoriano de Normalización - Objetivos,» [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/objetivos/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2021].
- [33] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, «Objetivos Institucionales,» [En línea]. Available: <https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/objetivos-institucionales/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2021].
- [34] Parque Nacional Galápagos, «Parque Nacional,» [En línea]. Available: <https://www.galapagos.gob.ec/el-parque/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2021].
- [35] Asamblea Nacional Constituyente, «Ley Orgánica de Eficiencia Energética,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>. [Último acceso: 11 Noviembre 2021].
- [36] Instituto de Investigación Geológico y Energético, «Plan Estratégico Institucional 2021-2025,» 2021.
- [37] Concepto Definición, 8 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://conceptodefinition.de/piramide-de-kelsen/>. [Último acceso: 18 Octubre 2021].
- [38] Asamblea Nacional, «Constitución de la República del Ecuador,» Montecristi, 2008.
- [39] Asamblea Nacional, «Ley Orgánica del Servicio Público del Energía Eléctrica,» Quito, 2015.
- [40] Asamblea Nacional, «Ley Orgánica de Eficiencia Energética,» Quito, 2019.
- [41] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «Plan Maestro de Electricidad 2016 - 2025,» Quito, 2016.
- [42] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «EFICIENCIA ENERGÉTICA Y FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES - TERMINOLOGÍA INTERNACIONAL COMÚN - PARTE 1: EFICIENCIA ENERGÉTICA (ISO/IEC 13273-1:2015, IDT),» INEN, Quito, 2017.

- [43] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «EFICIENCIA ENERGÉTICA Y FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES - TERMINOLOGÍA INTERNACIONAL COMÚN - PARTE 2: FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES (ISO/IEC 13273-2:2015, IDT),» INEN, Quito, 2017.
- [44] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «SERVICIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. DEFINICIONES Y REQUISITOS ESENCIALES (EN 15900: 2010, IDT),» INEN, Quito, 2017.
- [45] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. REQUISITOS,» INEN, Quito, 2009.
- [46] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS. CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE ESPACIOS (ISO 13790:2008, IDT),» INEN, Quito, 2014.
- [47] Gobierno Nacional de la República del Ecuador, «Reglamento del Ley de Régimen Especial de la Provincia de Galápagos,» Quito, 2017.
- [48] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, «Plan Galápagos 2030 Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos,» Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, Puerto Baquerizo Moreno, 2020.
- [49] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables , «Resultados de la consultoría para estudio de demanda y usos finales de energía en el sector residencial y comercial,» Quito, 2016.
- [50] ELECGALÁPAGOS S.A., «Catastro de clientes de consumo eléctrico 2019,» Puerto Baquerizo Moreno, 2019.
- [51] ViriBrighth, 5 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.viribrighth.com/lumen-output-comparing-led-vs-cfl-vs-incandescent-wattage/>. [Último acceso: 26 Noviembre 2021].
- [52] J. Boronat Seguí, «La lámapra de inducción magnetica y la visión humana,» 2011.
- [53] UNE Normalización Española, «Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor para la calefacción y la refrigeración de locales y enfriadoras de proceso con compresores accionados eléctricamente. Parte 1: Términos y definiciones.,» Normalización Española, Madrid, 2019.
- [54] M. Herrero Fuerte, «Calor y frio. El portal sectorial de las instalaciones,» 26 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/definiciones-cop-y-eer.html#cop>. [Último acceso: 1 Diciembre 2021].
- [55] Electrical Classroom, [En línea]. Available: <https://www.electricalclassroom.com/energy-usage-of-air-conditioners/>. [Último acceso: 3 Diciembre 2021].

- [56] Certificados energéticos en Castellón, 22 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.certificados-energeticos-castellon.com/que-es-la-etiqueta-energetica-y-por-que-es-importante/>. [Último acceso: 3 Diciembre 2021].
- [57] Energy Star, [En línea]. Available: <https://www.energystar.gov/productfinder/>. [Último acceso: 30 Noviembre 2021].
- [58] Global Solar Atlas, «Global Solar Atlas,» Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/download/ecuador>. [Último acceso: 3 Diciembre 2021].
- [59] A. Juantorea Ugás, A. Godínez MEña, Hernández Galvez Geovanni y M. Rivera Martínez , «Evaluación experimental de un calentador solar de agua de tubos evacuados,» UAEM, México, 2017.
- [60] Bradford White Water Heaters, [En línea]. Available: <https://www.bradfordwhite.com/uniform-energy-factor-water-heaters/#>. [Último acceso: 2 Diciembre 2021].
- [61] Luminotecnia Blog, 28 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.luminotecnia.com.py/blog/104/Ventajas-de-una-ducha-Electrica-#:~:text=Una%20ducha%20el%C3%A9ctrica%20solamente%20gasta,eficiencia%20por%20encima%20del%2095%25>. [Último acceso: 3 Diciembre 2021].
- [62] Quantum - Energynautics, «Supporting The Zero Fossil Fuels Initiative For Galapagos - Informe de Proyección de la Demanda,» Washington DC, 2021.
- [63] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.

ANEXOS

ANEXO A. Encuesta de caracterización de usos finales de energía

ANEXO B. Tabla de Distribución Normal

ANEXO C. Tamaño Muestra Residencial

ANEXO D. Tamaño Muestra Comercial

ANEXO E. Respuestas de la Encuesta de Usos Finales de Energía Eléctrica para las islas San Cristóbal, Isabela y Santa Cruz

ANEXO F. Código para caracterización de usos finales de la energía

ANEXO G. Lista de productos del programa ENERGY STAR

ANEXO H. Líneas de Tiempo y Ahorros

ANEXO I. Estudios Económicos

ANEXO J. Precios Referenciales de Electrodomésticos

ORDEN DE EMPASTADO