



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

**Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos**

**Naturales no Renovables**

**Carrera de Computación**

**Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de  
Loja mediante el uso del modelamiento matemático**

**Web prototype for the calculation of solar photovoltaic energy in the city of  
Loja through the use of mathematical modeling**

**Trabajo de Integración Curricular,  
previo a la obtención del título de  
Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

**AUTORA:**

Johanna Elizabeth Ureña Hernández

**DIRECTOR:**

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.Sc.

**Loja – Ecuador**

**2024**

## **Certificación**

Loja, 16 de Septiembre de 2024

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **CERTIFICO:**

Haber revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Ciencias de la Computación** de autoría del estudiante: **Johanna Elizabeth Ureña Hernández** con cédula de identidad **Nro. 1104268741**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Johanna Elizabeth Ureña Hernández**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1104268741

**Fecha:** 16 de septiembre de 2024

**Correo electrónico:** yeurenah@unl.edu.ec

**Teléfono:** (+593) 98 623 5386

**Carta de autorización por parte del autora, para la consulta, reproducción parcial y/o total, publicación electrónica de texto completo del Trabajo de Integración Curricular**

Yo, **Johanna Elizabeth Ureña Hernández**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático**, como requisito para optar al título de **Ingeniero/a en Ciencias de la Computación**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de septiembre del 2024.

**Firma:**

**Autor:** Johanna Elizabeth Ureña Hernández

**Cédula:** 1104268741

**Dirección:** Loja, Loja, Av. Eugenio Espejo y Av. Inés Jiménez

**Correo electrónico:** yeurenah@unl.edu.ec

**Teléfono:** (+593) 98 623 5386

**DATOS COPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

## **Dedicatoria**

A mi Dios porque me ha dado la fortaleza, sabiduría para seguir adelante a pesar de mis falencias, a mi adorable hija que ha sido mi motor. A mis padres por su apoyo, guía incondicional, fueron una base fundamental de mi educación y crecimiento personal, gracias por enseñarme el valor del sacrificio y la constancia.

A mis verdaderos amigos que en los buenos y malos momentos hemos estado siempre juntos riéndonos, llorando, la amistad que me han brindado ha sido únicos.

A mis docentes que sin ellos no estuviera donde estoy absolutamente todos son mis mentores, excelentes seres humanos ingenieros “gracias” por su dedicación y por brindarme conocimientos que me servirán toda mi vida, cada lección aprendida ha sido y será valiosa en mi vida profesional.

*Johanna Elizabeth Ureña Hernández*

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por brindarme sabiduría, salud y vida.

A mis amigos quienes compartieron el mismo propósito y me apoyaron brindándome consejos de superación cuando los necesitaba.

Agradezco a la Ing. María del Cisne Ruilova por su apoyo porque siempre me enseñó que si uno se dedica todo se puede.

Agradezco al Ing. José Guamán por ser mi mentor durante el progreso de mi trabajo de integración curricular por brindarme sus conocimientos y su apoyo. De igual manera al Ing. Juan Carlos Solano por la confianza y apoyo que han sido importantes para el desarrollo del presente trabajo.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, y a la carrera de Ingeniería en Sistemas/Computación porque me brindaron cada día un conocimiento nuevo gracias a la enseñanza de mis mentores.

***Johanna Elizabeth Ureña Hernández***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	vii
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras .....	xi
Índice de anexos .....	xii
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	6
4.1. Antecedentes.....	6
4.2. Energía limpia.....	7
4.2.1. Tipos de energía limpia .....	7
4.3. Energía renovable .....	8
4.4. Modelado matemático .....	8
4.4.1. Tipos de modelado matemático.....	9
4.4.2. Aplicaciones de modelados matemáticos.....	10
4.5. Estimación de la irradiación horaria .....	11
4.6. Radiación sobre superficies arbitrariamente orientadas .....	11
4.7. Irradiación diaria sobre superficies orientadas al ecuador.....	13
4.8. Irradiación anual sobre superficies arbitrarias.....	14
	vii

4.9.	Metodologías ágiles en el desarrollo de software.....	15
4.9.1.	Metodología XP .....	15
4.10.	Arquitectura de software.....	16
4.10.1.	Arquitectura Cliente-Servidor .....	16
4.10.2.	Modelo arquitectónico 4+1 .....	18
4.11.	Herramientas de desarrollo .....	19
4.11.1.	Flask .....	19
4.11.2.	Next.js .....	19
4.12.	Trabajos relacionados .....	20
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>23</b>
5.1.	Área de estudio .....	23
5.2.	Procedimiento.....	23
5.2.1.	Enfoque metodológico .....	23
5.2.2.	Métodos.....	24
5.3.	Proceso.....	24
5.3.1.	Objetivo 1: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript .....	24
5.3.2.	Objetivo 2: Evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM	27
5.4.	Recursos.....	29
5.4.1.	Entrevista estructurada .....	29
5.4.2.	Encuesta estructurada.....	29
5.4.3.	Revisión bibliográfica .....	29
5.5.	Materiales .....	29
5.6.	Participantes.....	30
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>31</b>

6.1. Objetivo 1: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript.....	31
6.1.1. Fase 1: Planeación.....	31
6.1.2. Fase 2: Diseño.....	36
6.1.3. Fase 3: Codificación.....	48
6.2. Objetivo 2: Evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM.....	51
6.2.1. Fase 4: Pruebas.....	51
<b>7. Discusión.....</b>	<b>65</b>
7.1. Objetivo 1: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript.....	65
7.2. Objetivo 2: Evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM.....	66
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>68</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>70</b>
9.1. Trabajos futuros.....	70
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>71</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>80</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Trabajos relacionados con el TIC.....	20
<b>Tabla 2.</b> Elementos del modelo de historia de usuario.....	25
<b>Tabla 3.</b> Materiales utilizados. ....	30
<b>Tabla 4.</b> Pregunta y respuesta de preguntas de entrevista para la recopilación de requisitos. ....	32
<b>Tabla 5.</b> Requerimientos funcionales del prototipo web.....	35
<b>Tabla 6.</b> Requerimientos no funcionales del prototipo web.....	36
<b>Tabla 7.</b> Arquitectura de software 4+1.....	37
<b>Tabla 8.</b> Planificación de iteraciones previo a la construcción del prototipo.....	48
<b>Tabla 9.</b> Pruebas de aceptación basadas en las historias de usuario.....	52
<b>Tabla 10.</b> Preguntas de encuesta estructura para evaluar el grado de aceptación. ....	52
<b>Tabla 11.</b> Aspectos relevantes para evaluar el grado de aceptación. ....	53
<b>Tabla 12.</b> Puntuaciones basada en la escala de Likert.....	54
<b>Tabla 13.</b> Formulación de hipótesis. ....	55
<b>Tabla 14.</b> Asignación de niveles de puntuación.....	56
<b>Tabla 15.</b> Rangos de aceptación basado en la media ponderada.....	56
<b>Tabla 16.</b> Resultados de evaluación. ....	56
<b>Tabla 17.</b> Resultados de la evaluación con frecuencias absolutas. ....	57
<b>Tabla 18.</b> Asignación de valores para los criterios de decisión.....	59
<b>Tabla 19.</b> Calculo de frecuencias por criterio de decisión. ....	61
<b>Tabla 20.</b> Resultados de media ponderada. ....	62

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Arquitectura cliente-servidor de tres capas.....	17
<b>Figura 2.</b> Modelo arquitectónico 4+1.....	19
<b>Figura 3.</b> Modelo de historia de usuario.....	25
<b>Figura 4.</b> Historia de usuario para el inicio de sesión. ....	33
<b>Figura 5.</b> Historia de usuario para registrar provincias. ....	33
<b>Figura 6.</b> Historia de usuario para registrar consumo eléctrico. ....	34
<b>Figura 7.</b> Historia de usuario para visualizar la ubicación geográfica. ....	34
<b>Figura 8.</b> Historia de usuario para ver el rendimiento del SFV. ....	35
<b>Figura 9.</b> Diagrama de casos de uso – Usuarios no registrados. ....	37
<b>Figura 10.</b> Diagrama de casos de uso general. ....	38
<b>Figura 11.</b> Diagrama de clases del prototipo web. ....	39
<b>Figura 12.</b> Diagrama de actividad para registrar nuevas provincias. ....	40
<b>Figura 13.</b> Diagrama de actividad para registrar nuevo cantón. ....	41
<b>Figura 14.</b> Diagrama de actividad para registrar nuevo edificio. ....	42
<b>Figura 15.</b> Diagrama de actividad para registrar irradiación.....	43
<b>Figura 16.</b> Diagrama de componentes del prototipo web. ....	44
<b>Figura 17.</b> Diagrama de despliegue del prototipo web. ....	45
<b>Figura 18.</b> Prototipo de interfaz para el inicio de sesión.....	46
<b>Figura 19.</b> Prototipo de interfaz para registro de información del SFV.....	47
<b>Figura 20.</b> Estructura del backend del prototipo. ....	49
<b>Figura 21.</b> Estructura del frontend del prototipo. ....	50
<b>Figura 22.</b> Código para manejar información de provincias.....	51
<b>Figura 23.</b> Resultados de la evaluación (PE1-PE5). ....	58
<b>Figura 24.</b> Resultados de la evaluación (PE6-PE7). ....	58
<b>Figura 25.</b> Grado de aceptación del prototipo.....	62

## Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> Planificación de entrevista.....	80
<b>Anexo 2.</b> Transcripción de entrevista .....	83
<b>Anexo 3.</b> Historias de usuario .....	87
<b>Anexo 4.</b> Requisitos del sistema .....	103
<b>Anexo 5.</b> Arquitectura del prototipo web.....	120
<b>Anexo 6.</b> Prototipos de interfaz.....	147
<b>Anexo 7.</b> Pruebas de aceptación del usuario final .....	154
<b>Anexo 8.</b> Encuesta para evaluar el grado de aceptación del prototipo.....	168
<b>Anexo 9.</b> Evaluación del grado de aceptación basado en la metodología TAM .....	173
<b>Anexo 10.</b> Manual de usuario .....	194
<b>Anexo 11.</b> Acta de confidencialidad .....	196
<b>Anexo 12.</b> Fórmulas y ecuaciones del modelado matemático .....	197
<b>Anexo 13:</b> Certificado de traducción del resumen.....	201

## **1. Título**

**Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja  
mediante el uso del modelamiento matemático**

**Web prototype for the calculation of solar photovoltaic energy in the city of Loja  
through the use of mathematical modeling**

## 2. Resumen

El uso de fuentes de energía renovables, como los sistemas fotovoltaicos (SFV), es fundamental para mejorar la calidad de vida presente y futura. No obstante, los desafíos en la toma de decisiones sobre su instalación son una limitante significativa, relacionada con la ubicación, beneficios energéticos y la economía. Por ello, la investigación y desarrollo de aplicaciones web que faciliten esta toma de decisiones es esencial. La presente investigación se centra en el desarrollo de un prototipo web para la toma de decisiones sobre la instalación de SFV, con el propósito de facilitar la adopción de fuentes de energía renovables. El sistema se desarrolló utilizando la metodología XP, organizando eficientemente las actividades en las fases de planeación, diseño, codificación y pruebas. Durante estas fases, se emplearon entrevistas y encuestas estructuradas para recopilar información relevante para la investigación. Asimismo, el modelo arquitectónico 4+1 permitió definir la arquitectura cliente-servidor de tres capas. El modelamiento matemático cuantitativo ayudó en la realización de simulaciones para verificar la viabilidad de estos sistemas. Los resultados de la simulación permitieron comparar el consumo eléctrico y la factura mensual antes y después de la instalación de un SFV. Finalmente, se evaluó el sistema mediante pruebas de aceptación y la aplicación de la metodología TAM para determinar su grado de aceptación. De esta forma, se determinó que la aceptación del prototipo por parte de los usuarios es "Alta" según los criterios de calidad, con una media ponderada de 4.4 y el 83% de los encuestados respondiendo "De acuerdo" o "Muy de acuerdo". Esto indica que el prototipo tiene un alto grado de aceptación, ya que es percibido como útil y fácil de usar, lo que refuerza su potencial para su implementación, ya que, ayuda en la toma de decisiones proporcionando una herramienta confiable para evaluar el impacto de estos sistemas.

*Palabras clave: IEEE 830, irradiación solar, metodología XP, sistema fotovoltaico, metodología TAM*

## **Abstract**

The use of renewable energy sources, such as photovoltaic systems (PVS), is essential to improve the quality of life now and in the future. However, the challenges in making decisions about their installation are a significant limitation, related to location, energy benefits and economics. Therefore, research and development of web applications that facilitate this decision making is essential. This research focuses on the development of a web prototype for decision making regarding the installation of PVS, with the purpose of facilitating the adoption of renewable energy sources. The system was developed using the XP methodology, efficiently organizing the activities in the planning, design, coding and testing phases. During these phases, structured interviews and surveys were used to collect information relevant to the research. Likewise, the 4+1 architectural model allowed defining the three-layer client-server architecture. Quantitative mathematical modeling helped in performing simulations to verify the viability of these systems. The simulation results allowed a comparison of electricity consumption and monthly bills before and after the installation of a PV system. Finally, the system was evaluated through acceptance tests and the application of the TAM methodology to determine its degree of acceptance. In this way, it was determined that the acceptance of the prototype by users is "High" according to the quality criteria, with a weighted average of 4.4 and 83% of respondents answering "Agree" or "Strongly agree". This indicates that the prototype has a high degree of acceptance, as it is perceived as useful and easy to use, which reinforces its potential for implementation, since it helps in decision making by providing a reliable tool to evaluate the impact of these systems.

***Key words:*** IEEE 830, solar irradiation, XP Methodology, photovoltaic systems, TAM Methodology

### 3. Introducción

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) se caracterizan por su capacidad de convertir la energía solar, la cual es una fuente de energía que no emite gases de efecto invernadero; en electricidad [1], [2]. Sin embargo, la carencia de herramientas web gratuitas, precisas y adecuadas que ayuden a evaluar la viabilidad de implementar estos sistemas representa un desafío significativo. En este sentido, se destaca la falta de acceso a herramientas que procesen datos sobre la energía solar fotovoltaica, como los índices de irradiación [3] y otros parámetros clave, los cuales permitan despertar el interés sobre sus beneficios. Asimismo, la ausencia de herramientas que aprovechen el modelamiento matemático como un instrumento para realizar predicciones sobre el consumo energético [3], [4], y la idoneidad de estos sistemas en modalidad de autoconsumo, son otros factores limitantes en la búsqueda de ciudades limpias y autosostenibles.

Aunque el uso de este tipo de sistemas comenzó hace pocos años en Ecuador, la energía solar fotovoltaica se extiende rápidamente en el mundo, por lo que, según lo mencionado en [5], se espera que en los próximos años cerca de 100 millones de hogares la utilicen. No obstante, la ciudad de Loja y el país en general, muestra un déficit en la implementación de SFV debido a la escasez de prototipos web accesibles para el usuario (universidades, investigadores y público en general), los cuales permitan tener una visión sobre la factibilidad de uso de estos sistemas.

Por consiguiente, se ha realizado una búsqueda de estudios relacionados con el propósito de conocer el alcance de las herramientas en el mismo marco de estudio. Se destaca el estudio [6], el cual se centró en verificar la fiabilidad de usar herramientas de sistema y web para estimar viabilidad de los SFV usando datos de una planta solar en Nagpur (India), donde se reveló discrepancias entre los datos oficiales y los calculados por SolarisPV y otras herramientas. Por otro lado, el estudio [7] analizó el consumo energético diurno de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red en Tetulia, Bangladesh, usando PVsyst. En este caso, los resultados mostraron concordancia entre el consumo real y la simulación. En este mismo sentido, la aplicación web del estudio [8] se enfocó en estimar el tamaño de un SFV, el número de baterías y el presupuesto, con la opción de configurar sistemas autónomos y conectados a la red, usando como variables principales la latitud del lugar y el perfil de carga. El estudio [9] buscó determinar la viabilidad de la instalación de SFV en sectores residenciales de la ciudad

de Loja utilizando un software de simulación “Homer”, donde se obtuvo resultados negativos para la instalación de los sistemas.

En este contexto, y en base a lo expuesto previamente, este trabajo surge con el propósito de desarrollar un prototipo web gratuito, confiable y adaptado a nuestra realidad nacional, con el propósito de ayudar en la toma de decisiones y, la evaluación técnico y económica sobre la instalación de SFV. Para lograrlo, se requiere ingresar información como la ubicación geográfica, la orientación de los paneles solares, la irradiación solar, el consumo eléctrico y el tipo de edificio [10]. Además, con el uso del modelamiento matemático, obtener cálculos precisos y adecuados sobre la viabilidad de la implementación de SFV conectados en modalidad de autoconsumo. Por lo tanto, en base a lo expuesto se planteó la siguiente pregunta de investigación: “¿Cuál es el grado de aceptación del prototipo web que permita calcular la energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso de modelamiento matemático?”.

Con la presente investigación se pretende que la integración de herramientas web gratuitas para estimar el uso de SFV, aproveche los altos niveles de radiación solar en la ciudad, y en Ecuador, dada su ubicación en la mitad del mundo y la eliminación de la necesidad de aparatos especiales para cálculos adicionales, como el seguimiento de los paneles solares. Además, se pretende promover la transición hacia fuentes de energía sustentables y contribuir al cuidado del medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero fomentando el desarrollo de ciudades limpias. De igual manera, se menciona que la principal dificultad durante el desarrollo fue la determinación e integración de las fórmulas matemáticas para realizar los cálculos en la simulación. Esta dificultad surgió debido a la gran cantidad de datos sobre la irradiación solar, los cuales se obtuvieron de múltiples fuentes.

Para el desarrollo del prototipo se plantearon dos objetivos específicos que contribuyeron a alcanzar el objetivo general el cual es: "Desarrollar un prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático. Por lo tanto, los objetivos específicos comprenden: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript; y, evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM.

## **4. Marco teórico**

En esta sección, figuran las aproximaciones teóricas en torno a las temáticas necesarias para abordar el tema de investigación. Para ello, en la sección **4.1** se mencionan los antecedentes que sustentan la problemática del presente TIC. En las secciones **4.2** y **4.3** se menciona los aspectos teóricos con respecto a la energía limpia y renovable, y los sistemas solares fotovoltaicos. La sección **4.4** aborda el modelamiento matemático en relación a sus implementaciones y las técnicas de simulación existentes. En adición, la sección **4.5** aborda la metodología de desarrollo de software empleada, mediante una revisión de sus características. La sección **4.6** expone la arquitectura de software empleada en el desarrollo del prototipo web de la presente investigación y el modelo arquitectónico 4+1. Así mismo, la sección **4.7** aborda las herramientas empleadas durante el desarrollo como Flask y Next.js. Finalmente, se abordan trabajos relacionados con la temática de estudio en la sección **4.8**.

### **4.1. Antecedentes**

La creciente demanda de energía renovable ha impulsado el desarrollo de herramientas computacionales para calcular y optimizar la eficiencia de sistemas fotovoltaicos. Entre estas herramientas, aquellas que emplean modelamiento matemático juegan un papel fundamental al permitir la simulación y predicción del comportamiento de los sistemas solares en diferentes condiciones. El modelamiento matemático en el contexto de la energía solar fotovoltaica implica la formulación de ecuaciones que describen la relación entre variables clave, como la radiación solar incidente, la eficiencia de los paneles solares y la energía generada. Estas ecuaciones se basan en principios físicos y teorías de ingeniería, y se utilizan para predecir el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en situaciones específicas.

Es importante destacar que el modelamiento matemático se traduce en el desarrollo de herramientas computacionales que permiten a ingenieros simular y optimizar la configuración de sistemas fotovoltaicos para maximizar su rendimiento energético, teniendo en cuenta que estas ecuaciones no se van a exponer ya que no se cuenta con el permiso necesario por parte del Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, debido a que son formulas confidenciales. Estas herramientas son vitales en la fase de diseño y planificación de instalaciones solares, ya que proporcionan información precisa sobre la cantidad de energía que se puede generar en un lugar determinado y bajo ciertas condiciones climáticas.

Por lo tanto, la integración de modelamiento matemático en herramientas fotovoltaicas no solo mejora la precisión de los cálculos, sino que también facilita la toma de decisiones informadas en la implementación de proyectos de energía solar. En este contexto, el desarrollo de una herramienta fotovoltaica basada en modelamiento matemático para la ciudad de Loja representa un avance significativo en la planificación y utilización de energía solar en la región.

## **4.2. Energía limpia**

Según se menciona en [11], [12], la energía limpia se define como aquella que se genera a partir de fuentes renovables y no contaminantes, es decir, aquellas que no producen emisiones de efecto invernadero contribuyendo en la mitigación del cambio climático. Además, de acuerdo con [13], [14], otra definición afirma que esta energía, también conocida como “energía verde”, es aquella proveniente de fuentes de energía que tienen la capacidad de emitir cantidades mínimas de contaminantes y reducir o eliminar la dependencia de combustibles fósiles durante su producción.

Las definiciones destacan que esta energía ayuda a reducir significativamente los contaminantes como el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y otros gases de efecto invernadero [15]. Ya que pueden reponerse a un ritmo acelerado, reducir la emisión de gases contaminantes para mitigar el cambio climático e impulsar la independencia energética a nivel local y global [15], [16]. En este contexto, los tipos de energía incluye la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y la generada por la biomasa descritas a continuación.

### **4.2.1. Tipos de energía limpia**

En este contexto, según lo mencionado en [12], [17] los principales tipos de energía limpia que se pueden considerar son los siguientes:

- **Energía solar:** Es la obtenida de la energía del sol mediante el uso de paneles solares para convertirla en electricidad o calor [18]. Por lo tanto, se considera una fuente de energía renovable, limpia e inagotable que no produce emisiones de gases contaminantes durante su generación.
- **Energía eólica:** Se obtiene del viento mediante el uso de turbinas eólicas que convierten la energía cinética en electricidad [17]. Al igual que la energía solar no es contaminante, no obstante, depende de las condiciones climáticas y la presencia de fuertes corrientes de aire que muevan las turbinas.

- **Energía hidroeléctrica:** Se produce a partir de la energía cinética derivada del agua en movimiento, la cual se aprovecha y convierte en electricidad a través de turbinas hidroeléctricas [19]. Esta depende de las condiciones climáticas y los caudales de los ríos donde se encuentren las represas de las centrales hidroeléctricas.
- **Energía geotérmica:** Es la energía aprovechada del calor almacenado en el interior de la Tierra, la cual se obtiene al perforar pozos geotérmicos para producir electricidad [17]. Para que su implementación sea apropiada y abastezca las necesidades energéticas, requiere de estudios e inversiones considerables.
- **Energía de biomasa:** Se refiere a la energía proveniente de la materia orgánica (residuos agrícolas, forestales o desechos orgánicos) los cuales se queman o se descomponen para producir calor y electricidad [16]. Es una fuente de energía neutral en producción de carbono, ya que el CO<sub>2</sub> emitido durante su combustión es absorbido por las plantas durante su crecimiento.

#### 4.3. Energía renovable

Las energías limpias no son iguales a las energías renovables, aunque están estrechamente relacionadas debido a su característica eco amigable. De modo que, según [20], la energía renovable es un subconjunto de las energías limpias y son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales inagotables o de regeneración acelerada. Por ende, este tipo de energía se caracteriza principalmente por reducir en su totalidad la dependencia de los combustibles fósiles, no obstante, se destaca que no todas las energías limpias son renovables y viceversa. La definición resalta que este tipo de energía fomenta la transición segura hacia un futuro sostenible al aprovechar fuentes naturales como la luz del sol o la fuerza del viento, entre otras, lo que demuestra su viabilidad ya que no produce emisiones de efecto invernadero durante su producción.

#### 4.4. Modelado matemático

El modelado matemático es una herramienta importante en áreas como la ciencia y la ingeniería, ya que permite la descripción y entendimiento de fenómenos complejos a través de ecuaciones matemáticas, las cuales simplifican la simulación y predicción del comportamiento de un caso de estudio en particular [21]–[23]. En esencia, un modelado utiliza fórmulas matemáticas para reducir realidades complejas mediante la representación de relaciones entre variables, parámetros y restricciones. Estas relaciones definen la conducta en un contexto de

investigación específico, siendo en este caso, la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos.

En resumen, se emplea para comprender fenómenos naturales, sociales, físicos y otros, con el propósito de predecir el valor de variables en el futuro y responder a las hipótesis planteadas [21]. Por esta razón, se clasifican en dos grupos: los modelados lineales, que describen sistemas dinámicos y procesos físicos, y los modelos no lineales, usados en sistemas biológicos, sociales y económicos, donde las interacciones son complicadas y no es sencillo representarlas con relaciones lineales.

#### **4.4.1. Tipos de modelado matemático**

Existen una gran variedad de modelados matemáticos, no obstante, a continuación, se mostrarán las clasificaciones más relevantes:

- **Según la información utilizada:** Según la información, variables y datos que se proporcionan pueden ser de dos tipos.
  - **Heurístico:** Se basan en principios o reglas generales para la búsqueda de soluciones a problemas complejos, es decir, no buscan soluciones exactas, sino que priorizan la eficiencia en la resolución en tiempos reducidos [22]–[24].
  - **Empírico:** Utilizan observaciones y datos de experimentación real, los cuales se implementan para establecer las relaciones matemáticas que describan el comportamiento de un sistema [22]–[24].
- **Según el tipo de representación:** Estos pueden ser de dos tipos.
  - **Cualitativos:** Se representan sistemas o fenómenos sin la necesidad de integrar variables numéricas específicas, al contrario, se centran en capturar relaciones para comprender el comportamiento del sistema [23], [24].
  - **Cuantitativos:** Implementan ecuaciones matemáticas para describir sistemas complejos, es decir, aplican información numérica para formular predicciones precisas de un fenómeno específico [23], [24].
- **Según la aleatoriedad:** Estos pueden ser de dos tipos.
  - **Determinista:** Es un tipo de modelo donde el resultado o predicción se determina por las condiciones iniciales y las reglas del modelo, es decir, se siguen un conjunto específico de leyes y ecuaciones [23]–[25].

- **Estocástico:** Incorporan la aleatoriedad en los cálculos predictivos, es decir, se reconoce la existencia de variables que influyen directamente en los resultados, como es el caso del mercado financiero [23]–[25].
- **Según la función de aplicación:** Estos pueden ser de tres tipos.
  - **Simulación:** Es un modelado que se emplea para representar un proceso particular, seguido de simulaciones computacionales con el propósito de estudiar su comportamiento ante diferentes condiciones o variables [22]–[24].
  - **Optimización:** Se utilizan para encontrar soluciones óptimas a problemas específicos, en otras palabras, se implementa una función con una serie de restricciones para hallar resultados adecuados [22]–[24].
  - **Control:** Se enfocan en el diseño de estrategias para modificar el comportamiento de un proceso, es decir, controlan las entradas que afectan los resultados [21]. Se usan ampliamente en vehículo autónomos, donde es crucial un control preciso

#### 4.4.2. *Aplicaciones de modelados matemáticos*

Las aplicaciones de los modelados matemáticos son amplias, a continuación, se muestran los campos de mayor importancia según el objeto de estudio del presente TIC:

- **Ingeniería:** Se utilizan para diseñar y, optimizar procesos y sistemas en áreas como la ingeniería civil, mecánica, eléctrica y química [25], [26]. Por ejemplo, se implementan para predecir el comportamiento de estructuras, evaluar la viabilidad de sistemas energéticos como los sistemas fotovoltaicos y otros.
- **Computación:** Analizan el rendimiento de sistemas informáticos, diseño de algoritmos para cálculos de alta complejidad, desarrollar redes neuronales, implementar algoritmos de aprendizaje automático y otros [25], [26].
- **Economía:** Se usan ampliamente en el estudio de mercados para predecir las tendencias económicas y el impacto de decisiones financieras [25], [26]. Por ejemplo, se utiliza en la predicción de resultados de apuestas, la bolsa de valores y otros.

#### 4.5. Estimación de la irradiación horaria

La estimación de la irradiación por horas toma como base los resultados obtenidos de la irradiación diaria, ya que obtener los registros de radiación solar es dificultoso. Esto se debe a que la mayoría de datos se encuentran recopilados en promedios mensuales de irradiación global sobre una superficie horizontal. En este sentido, la estimación se realiza utilizando las relaciones mostradas en la ecuación (1) (ver **Anexo 12**) [27], [28].

$$r_d = \frac{D_h(0)}{D_d(0)} \quad r_g = \frac{G_h(0)}{G_d(0)} \quad (1)$$

En esta relación los parámetros  $r_d$  y  $r_g$  se calculan tomando como guía las expresiones de [28] mostradas en la ecuación (2) (ver **Anexo 12**).

$$r_d = \frac{\pi}{T} \left( \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \omega_s \times \cos \omega_s} \right) \quad r_g = r_d(a + b \times \cos \omega) \quad (2)$$

$$a = 0,409 + 0,5016 \times \sin(\omega_s - 1,047)$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 \times \sin(\omega_s - 1,047)$$

Donde:

- $\omega$  y  $\omega_s$ : Son valores representados en radianes.
- $T$ : Es la longitud del día en horas.

Se resalta que el uso de las expresiones ayuda a obtener valores de irradiación difusa horaria  $D_h(0)$  y irradiación global diaria  $G_h(0)$  con los valores diarios  $D_d(0)$  y  $G_d(0)$ . Como resultado se obtiene la irradiación directa horaria mostrada en la ecuación (3) (ver **Anexo 12**).

$$B_h(0) = G_h(0) - D_h(0) \quad (3)$$

En resumen, para realizar cálculos de irradiación solar e incorporarlas en aplicaciones informáticas de simulación, se recomienda que, para latitudes inferiores a  $50^\circ$  únicamente 16 valores horarios son suficientes para realizar ocho cálculos diarios, debido a que los valores del mediodía solar son simétricos.

#### 4.6. Radiación sobre superficies arbitrariamente orientadas

La manera apropiada de obtener los valores de irradiación global diaria de una superficie inclinada  $G_h(\beta, \alpha)$  es calcular su tres factores de importancia: la *irradiación directa*  $B_h(\beta, \alpha)$ ,

la *irradiación difusa*  $D_h(\beta, \alpha)$  y la *irradiación reflejada*  $R_h(\beta, \alpha)$ , tomando como valores el ángulo que forma el captador con el plano horizontal  $\beta$  y la forma del meridiano  $\alpha$ . La ecuación (4) (ver **Anexo 12**) muestra cómo se obtiene el resultado mediante una sumatoria [27], [28].

$$G_h(\beta, \alpha) = B_h(\beta, \alpha) + D_h(\beta, \alpha) + R_h(\beta, \alpha) \quad (4)$$

Ahora bien, para calcular la **irradiación directa** se debe seguir la siguiente ecuación (5) (ver **Anexo 12**):

$$B_h(\beta, \alpha) = \frac{B_h(0)}{\cos \theta_{zs}} \times \max(0, \cos \theta_s) \quad (5)$$

Donde:

- $\theta_{zs}$ : Es el ángulo cenital.
- $\theta_s$ : Es al ángulo de incidencia.

Se destaca que la **irradiación difusa** tiene una estimación compleja, ya que corresponde a la radiación que emite el cielo excepto el disco solar. En esencia, la complejidad radica en la poca uniformidad de la radiación la cual depende del momento atmosférico. Por lo tanto, para obtener cálculos preciosas que sean usados en aplicaciones informáticas se propone el uso del modelo de Pérez, el cual permite diferenciar tres zonas del cielo desde donde llega la radiación hasta el receptor [27].

El modelo de Pérez considera una zona circunsolar con una extensión angular  $\xi_1$  (incidencia de la radiación distinta de la directa), una banda horizontal con otra extensión angular  $\xi_2$  y el resto de la bóveda celeste [27]. De este modo, la ecuación (6) (ver **Anexo 12**) muestra cómo realizar los cálculos considerando los valores mencionados.

$$D_h^c(\beta, \alpha) = D_h(0) \times \left[ k_3 \frac{\cos \theta_s}{\cos \theta_{zs}} \right]$$

$$D_h^1(\beta, \alpha) = D_h(0) \times \left[ \frac{(1+\cos \beta)(1-k_3)}{2} + k_4 \sin \beta \right] \quad (6)$$

Donde:

- $D_h^1(\beta, \alpha)$ : Es la irradiación difusa isotrópica.
- $k_3$  y  $k_4$ : Son valores adimensionales que definen la contribución de la región circunsolar y la banda del horizonte de la irradiación difusa.

En este contexto, los valores de  $k_3$  y  $k_4$  se establecen a través de las siguientes relaciones mostradas en la ecuación (7):

$$k_3 = k_{31}(\varepsilon) + k_{32}(\varepsilon)\Delta + k_{33}(\varepsilon)\theta_{zs}$$

$$k_4 = k_{41}(\varepsilon) + k_{42}(\varepsilon)\Delta + k_{43}(\varepsilon)\theta_{zs} \quad (7)$$

Por otro lado, la **irradiación reflejada**, también conocida como de albedo, es aquella que rebota en la superficie terrestre e incide en la superficie del generador. Se destaca que el valor es bajo debido a la baja capacidad de reflexión de los suelos. La ecuación (8) (ver **Anexo 12**) muestra la forma de cálculo de la irradiación procedente del albedo [27], [28].

$$R_h(\beta) = G_h(0)p \frac{(1-\cos\beta)}{2} \quad (8)$$

Donde:

- $p$ : Es la capacidad reflectiva del suelo, el cual se puede asumir como 0,2.

#### 4.7. Irradiación diaria sobre superficies orientadas al ecuador

Para calcular la irradiación diaria en contextos específicos, como es el caso de Ecuador, se puede implementar cualquier valor de inclinación  $\beta$  a partir de los componentes de la irradiación diaria sobre superficies horizontales sin calcular valores diarios. Sin embargo, en este procedimiento el problema radica en la consideración de la irradiación difusa como isotrópica. En este sentido, la ecuación (9) (ver **Anexo 12**) muestra cómo realizar el cálculo de irradiación global diaria [27], [28].

$$G_{dm}(\beta, 0) = B_{dm}(0)R_b + D_{dm}(0) \frac{1+\cos\beta}{2} + pG_{dm}(0) \frac{1-\cos\beta}{2} \quad (9)$$

Donde los tres sumandos de la ecuación (9) representan a los valores de irradiación directa, difusa y de albedo. Es importante destacar que, el factor  $R_b$  es la relación entre la irradiación directa diaria sobre una superficie inclinada y la superficie horizontal. Por lo tanto,  $R_b$  para el **hemisferio norte** se calcula con la ecuación (10) (ver **Anexo 12**) [27], [28].

$$R_b = \frac{\omega_{ss} \times \sin \delta \times \sin(\phi - \beta) + \cos \delta \times \cos(\phi - \beta) \times \sin \omega_{ss}}{\omega_s \times \sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \sin \omega_s} \quad (10)$$

Donde:

- $\omega_s$  y  $\omega_{ss}$ : Se expresan en radianes y se calculan cuando la declinación del día coincide con la declinación media del mes.

Para calcular  $\omega_{ss}$  se utiliza la expresión mostrada en la ecuación (11) (ver **Anexo 12**).

$$\omega_{ss} = \text{Max} [\omega_s - \arccos(-\tan \delta \times \tan(\phi - \beta))] \quad (11)$$

Donde:

- $\omega_s$ : Es el ángulo solar diario del amanecer.
- $\delta$ : Es la declinación solar.
- $\phi$ : Es la altitud de la ubicación actual.
- $\beta$ : Es el ángulo de elevación de la superficie de captación.

Por otro lado, para el **hemisferio sur** el valor de  $\beta$  se considera como positivo, por lo tanto, la forma de calcular el plano de captación lo muestra la ecuación (12) (ver **Anexo 12**) [27], [28].

$$R_b = \frac{\omega_{ss} \times \sin \delta \times \sin(\phi + \beta) + \cos \delta \times \cos(\phi + \beta) \times \sin \omega_{ss}}{\omega_s \times \sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \sin \omega_s} \quad (12)$$

$$\omega_{ss} = \text{Max} [\omega_s - \arccos(-\tan \delta \times \tan(\phi + \beta))]$$

#### 4.8. Irradiación anual sobre superficies arbitrarias

El cálculo de la irradiación anual global sobre superficies estáticas se realiza a partir de un valor máximo formulado teóricamente [29]. Se destaca que estos cálculos se aplican especialmente para sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica y consideran factores como la ubicación de los generadores, superficies disponibles, sombras, funcionalidad arquitectónica y otros aspectos importantes.

Este enfoque se apoya en una tipología llamada Año Meteorológico Típico (AMT), donde se propone un año hipotético utilizando datos de irradiación global horizontal y temperatura ambiente. De esta manera, la ecuación (13) (ver **Anexo 12**) muestra el factor de irradiación, el cual representa la capacidad de aprovechamiento de la captura solar de una localidad en específico [27], [28].

$$FI(\alpha, \beta) = \frac{G_a(\alpha, \beta)}{G_a((\alpha_{opt}, \beta_{opt}))} \quad (13)$$

Donde:

- $G_a(\alpha, \beta)$ : Representa la irradiación global anual sobre una superficie.
- $G_a((\alpha_{opt}, \beta_{opt}))$ : Representa la irradiación global anual sobre una superficie óptima orientada al hemisferio sur e inclinada en relación al plano horizontal.

El ángulo para  $G_a((\alpha_{opt}, \beta_{opt}))$  esta dado por la expresión mostrada en la ecuación (14) (ver **Anexo 12**).

$$\beta_{opt} \cong \frac{Latitud(^{\circ})}{3} + 20^{\circ} \quad (14)$$

#### 4.9. Metodologías ágiles en el desarrollo de software

Una metodología de desarrollo es un conjunto de prácticas, técnicas, herramientas y principios básicos que se aplican para planificar, diseñar, construir, probar y entregar software de alta calidad [30]–[32]. En este contexto, se destaca que estas guían el diseño y construcción de herramientas web, móviles y de escritorio ya que se adaptan a las capacidades y necesidades de avance de cada proyecto [33], [34].

##### 4.9.1. Metodología XP

La metodología XP es una metodología para el desarrollo de software enfocada en la agilidad, comunicación y facilidad de trabajo en grupos reducidos [35], [36]. Además, se caracteriza por presentar un conjunto de procedimientos, técnicas, herramientas, guías de documentación y documentos auxiliares que ayudan a los desarrolladores en los proyectos. Por lo tanto, se destaca que es adecuada para proyectos con cambios constantes en las necesidades, o cuando estas son imprecisas y se requiere la participación activa de la parte interesada.

**4.9.1.1. Fases:** Las fases de la metodología XP son las siguientes:

- **Planeación o Planificación:** En esta fase, el dialogo entre las partes involucradas en el proyecto es un aspecto fundamental, lo que incluye al cliente, a los programadores y a los expertos en el tema en caso de ser necesario [35], [37].
- **Diseño:** En esta fase se realizan los diseños tanto de arquitectura como de prototipos de interfaz [35], [37]. Estos diseños permiten tener una visión de la estructura y la parte visual de los aplicativos.

- **Codificación:** Es la fase que implica la programación de las diversas funcionalidades y necesidades acordadas con el cliente [35], [37]. De esta manera, se logra un desarrollo organizado y bien planificado.
- **Pruebas:** Es la fase final la cual se centra en verificar el funcionamiento del software y que se cumplan con todas las necesidades del cliente [35], [37]. Por lo tanto, prioriza el uso de pruebas automatizadas para ahorrar tiempo y abordar las deficiencias de manera más eficiente.

#### 4.10. Arquitectura de software

En [38], [39], una arquitectura de software se define como el conjunto de principios y especificaciones que encaminan el desarrollo de una aplicación en relación a la estructura y organización de sus componentes, con el propósito de satisfacer las necesidades del usuario final. En esencia, significa definir los componentes, interacciones e interfaces, así como los patrones de diseño que guían su construcción [40].

Se destaca que las arquitecturas desempeñan un papel importante al mostrar una visión coherente del propósito del sistema, su estructura global y comprender su complejidad [40]. Por ende, es fundamental reconocer que la implementación apropiada de una arquitectura se refleja en la capacidad de modularidad y reutilización de componentes, lo que facilita la integración de nuevos módulos y funcionalidades [39], [41].

##### 4.10.1. *Arquitectura Cliente-Servidor*

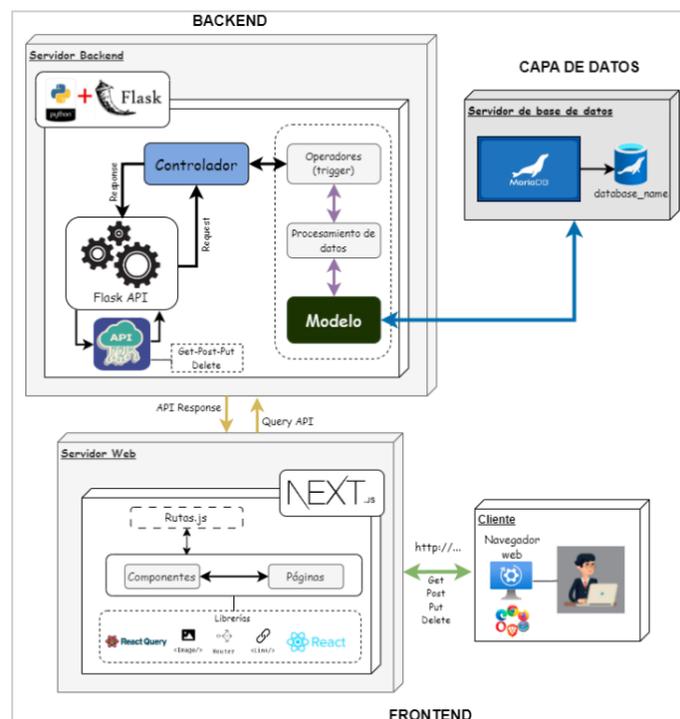
De acuerdo a [42], [43], la arquitectura cliente-servidor es un enfoque de sistema que separa las tareas en dos componentes principales: el cliente, que se encarga de enviar solicitudes al servidor y mostrar la información al usuario, y el servidor, que proporciona los servicios y datos solicitados por el cliente. No obstante, en ciertos contextos, esta arquitectura puede mostrarse como un modelo de 3 capas, donde se agrega una capa de datos gestionada por los servicios de bases de datos.

Es importante reconocer que esta arquitectura facilita la distribución de la carga de trabajo, la escalabilidad y la modularidad del sistema, permitiendo que múltiples clientes accedan a los recursos compartidos eficientemente [43], [44]. En este contexto, la **Figura 1** ilustra la representación de la arquitectura, formada por el backend desarrollado mediante Flask,

el frontend gestionado con Next.js y la capa de datos controlada por el servicio de base de datos con MariaDB.

A continuación, se describen los componentes principales de la arquitectura:

- **Backend:** Es la capa que gestiona las operaciones, el acceso a los datos, la lógica, el control de funciones y todas aquellas operaciones ocultas para el usuario [45], [46]. Además, es la capa que conecta directamente con la capa de datos y los muestra al usuario final.
- **Frontend:** Según [45], [47], es la tecnología el lado del cliente que presenta todas las herramientas y están comprendidas entre lenguaje de etiquetado (HTML), CSS y JavaScript. En esencia, esta capa se concentra en el usuario y en las interacciones del usuario final con el sistema.
- **Capa de datos:** Es la capa encargada de gestionar el almacenamiento y acceso a los datos. Es decir, maneja las operaciones de lectura, escritura, actualización y eliminación de datos en la base de datos, así como la lógica de acceso por parte del servidor [47].



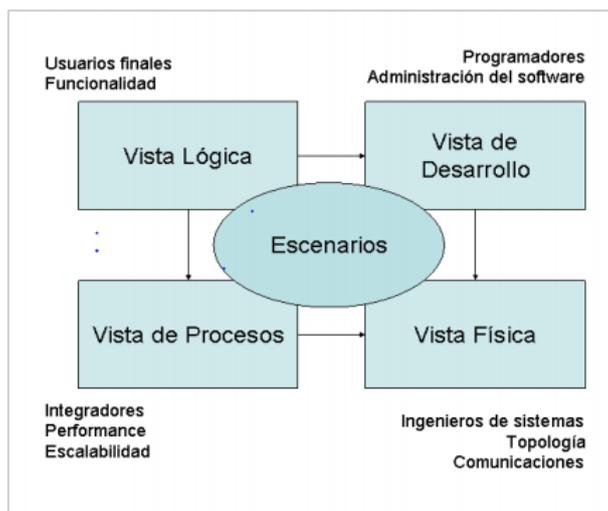
**Figura 1.** Arquitectura cliente-servidor de tres capas.

#### **4.10.2. Modelo arquitectónico 4+1**

El modelo arquitectónico 4+1 es un enfoque de diseño de software que describe la arquitectura de un sistema a través de cinco vistas específicas, las cuales abarcan una vista de escenarios, una vista lógica, una vista de procesos, una vista de despliegue y una vista física (ver **Figura 2**) [32], [48]. En esencia, cada una de estas vistas ofrece una forma apropiada de entender el sistema para capacitar al equipo de desarrollo en la gestión de la estructura, el comportamiento y el despliegue.

Se destaca que, en grupos de trabajo con múltiples involucrados, esta metodología facilita la comunicación entre estos y permite que todos comprendan la forma de desarrollar el sistema efectivamente. Por lo tanto, a continuación, se describen las vistas que forman parte del modelo [48]:

- **Vista de escenarios “+1”:** Esta vista se documenta mediante los diagramas de casos de uso, los cuales muestran a los actores involucrados y que funcionalidades están a su disposición [48].
- **Vista lógica:** Esta vista muestra todas las funciones y servicios que el sistema debe ofrecer a los usuarios finales [48]. Por lo tanto, en esta se pueden incluir diagramas de clases, diagrama de comunicación o secuencias.
- **Vista de despliegue:** Esta vista muestra lo que el sistema debe hacer desde la perspectiva del programador, es decir, la división de sus componentes y dependencias [48]. Puede incluir diagrama de componentes y diagrama de paquetes para representar la estructura y la relación.
- **Vista de procesos:** Esta vista muestra los procesos que existen en el sistema, la comunican entre sí, el flujo de trabajo y la integración de los componentes para las operaciones [48]. Puede incluir los diagramas de actividades para ilustrar los procesos.
- **Vista física:** Muestra los componentes integrados desde una perspectiva de ingeniería, así como las conexiones físicas entre los componentes [48]. Para documentarlo, se pueden emplear diagramas de despliegue de UML.



**Figura 2.** Modelo arquitectónico 4+1.

Fuente: Diseño y validación de arquitecturas de aplicaciones [48].

## 4.11. Herramientas de desarrollo

### 4.11.1. Flask

Flask es un micro framework web diseñado en Python para el desarrollo de aplicaciones bajo el patrón MVC (modelo-vista-controlador) en el backend [49], [50]. En esencia, es ligero y flexible al proporcionar una serie de herramientas y extensiones para manejar tareas comunes en el desarrollo web como el enrutamiento de URLs, la gestión de solicitudes y respuestas, y la integración con bases de datos. Además, se destaca que la instalación inicial cuenta con las funcionalidades necesarias, sin embargo, se pueden ir agregando herramientas a medida que se extienda el proyecto [50], [51].

### 4.11.2. Next.js

Según lo mencionado en [52], [53], se define como una framework de React para el desarrollo aplicaciones web del lado del cliente. En esencia, permite la construcción de aplicaciones web modernas de una manera eficaz y adaptable mediante la implementación de características avanzadas de renderizado, enrutamiento basado en archivos y la optimización del rendimiento de carga [54]. Además, al proporcionar una estructura de proyecto clara y herramientas para la gestión de la aplicación se simplifica el proceso de desarrollo.

#### 4.12. Trabajos relacionados

Los estudios e investigaciones relacionadas con el uso de herramientas web para calcular de viabilidad de los sistemas fotovoltaicos son una referencia importante para evitar hallazgos similares, orientar correctamente el desarrollo y proporcionar nuevos aportes en el campo. En la **Tabla 1** se presenta una lista de los trabajos relacionados con el TIC.

**Tabla 1.** Trabajos relacionados con el TIC.

CI	Nombre	AP	Descripción
TR1	“Análisis de factibilidad de un sistema de generación Fotovoltaica para el sector residencial de la ciudad de Loja” [9] (Trabajo de grado)	2015	Este estudio abordó la factibilidad del uso de paneles fotovoltaicos en el sector residencial de la ciudad de Loja. En esencia, tuvo como punto de partida la estimación energética de los aparatos eléctricos de mayor consumo de los hogares en el sector, para conocer la potencia eléctrica que se debe solventar. Además, como punto fundamental fue el conocimiento de la cantidad de radiación solar presente en la ciudad a través de la estación meteorológica “La Argelia”. Es importante destacar que, como principal hallazgo, utilizando un software de simulación llamado “Homer”, se logró realizar una estimación de la viabilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico. En este caso se utilizaron diferentes variables tales como: la cantidad de energía fotovoltaica capturada con los paneles, la cantidad de baterías a disposición, la potencia del inversor, el consumo energético de la casa, el tiempo de estimación, el presupuesto y la radiación promedio anual [9]. Finalmente, el estudio logro determinar que, en ciertos hogares el uso de estos sistemas no es beneficioso ya que la energía obtenida no es la suficiente para recuperar la inversión a largo plazo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta: <i>Homer</i></li> <li>• Tipo de herramienta: <i>Web y escritorio</i></li> </ul>
TR2	“Optimal sizing and economic analysis of self-consumed solar PV system for a fully DC residential house” [55] (Artículo de investigación)	2017	El objetivo del estudio fue validar la factibilidad de optimizar el tamaño de un SFV y realizar un análisis económico para abastecer las nuevas necesidades energéticas de una casa residencial en corriente continua (DC). El estudio se centró en el diseño de un sistema de autoconsumo considerando la demanda de carga diaria, el número de paneles solares requeridos, el banco de baterías y el presupuesto de los hogares en Malasia [55]. Para realizar la simulación de viabilidad, se utilizó la herramienta Homer, obteniendo una estimación apropiada para satisfacer las necesidades energéticas. Se determinó que el tamaño óptimo del

---

			<p>SFV fue de 3.5 kW, y se identificó que el banco de baterías de 48 V requería 32 unidades de baterías de 12 V. En conclusión, se destaca que el uso de herramientas apropiadas ayuda a tener una visión clara de la viabilidad de implementar estos sistemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta: <i>Homer</i></li> <li>• Tipo de herramienta: <i>Web y escritorio</i></li> </ul>
TR3	<p>“Validating the credibility of solar simulation tools using a real-world case study” [6] (Artículo de investigación)</p>	2023	<p>Este estudio tuvo como objetivo validar la credibilidad de los resultados obtenidos al usar diversas herramientas basadas en sistemas, como el System Advisor Model (SAM), PVsyst, PV*Sol y Solarius PV, además de tres herramientas de software web: Helioscope, PV-Watts y PV-GIS, en comparación con datos reales [6]. Estos datos reales fueron los suministrados por la planta solar instalada en un edificio de Nagpur (India) con una capacidad instalada de 84,5 KW. Se evaluaron variables como la cantidad de energía fotovoltaica capturada, el consumo energético y la radiación promedio anual. Finalmente, se determinó que estas herramientas son confiables para estimar la viabilidad de SFV, sin embargo, algunas de las herramientas tuvieron ciertas discrepancias respecto a los datos reales, pero sin sesgos de consideración, siendo PV*Sol y Solarius PV los que presentan menos errores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta: <i>System Advisor Model (SAM), PVsyst, PV*Sol y Solarius PV</i></li> <li>• Tipo de herramienta: <i>Escritorio</i></li> <li>• Herramienta: <i>Helioscope, PV-Watts y PV-GIS</i></li> <li>• Tipo de herramienta: <i>Web</i></li> </ul>
TR4	<p>“Developing Techno-economic GUI-based Software for On-grid, and Off-grid Photovoltaic Systems Sizing” [8] (Artículo de investigación)</p>	2024	<p>El objetivo del estudio fue desarrollar un software accesible capaz de realizar una estimación del tamaño de un SFV, el número de baterías y el presupuesto requerido [8]. Una de sus características principales es la posibilidad de configurar tanto sistemas autónomos como sistemas conectados a la red eléctrica. Como variables principales se necesitan únicamente la latitud del lugar y el perfil de carga. Por ejemplo, para un análisis realizado en el Cairo, la herramienta proporcionó información sobre el tamaño del sistema, la capacidad de las baterías, la fiabilidad del sistema, el coste inicial, el coste por kWh generado y un análisis económico si el financiamiento se obtiene de un banco comercial.</p>

---

- 
- Herramienta: *Green Energy Solutions*
  - Tipo de herramienta: *Web*
- 

Código Identificador (CI); Trabajo Relacionado (TR); Año de Publicación (AP).

## 5. Metodología

En la presente sección se describe la metodología empleada para desarrollar el presente TIC. En la sección **5.1** se especifica el área de estudio donde se llevó a cabo la ejecución del proyecto de investigación. La sección **5.2** exhibe el enfoque metodológico y los métodos usados. La sección **5.3** describe el proceso seguido durante el proyecto, mediante la descripción de las actividades para cada una de las fases de la metodología XP, mientras que la sección **5.4**, muestra los recursos de mayor importancia para su desarrollo. Además, la sección **5.5** expone los materiales implementando y, por último, la sección **5.6** expone los participantes en el proyecto.

### 5.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Loja, la misma que se ubica en la Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa, en el sector “La Argelia” de la ciudad de Loja en las coordenadas: latitud  $-4,03575^{\circ}$  Sur, longitud  $-79,20166^{\circ}$  Oeste. El desarrollo del TIC se enfocó en la creación del prototipo web destinado a ayudar en la toma de decisiones y evaluar la viabilidad técnico y económica de implementar sistemas fotovoltaicos en modalidad de autoconsumo. Se destaca que el prototipo fue concebido como parte íntegra del proyecto "*Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: Caso práctico en la región sur*" [10].

### 5.2. Procedimiento

En la siguiente sección se presenta la descripción del enfoque metodológico implementado (sección **5.2.1**) y los métodos usados (sección **5.2.2**) durante el desarrollo del presente TIC.

#### 5.2.1. Enfoque metodológico

El desarrollo de la presente investigación adoptó un enfoque heterogéneo, combinando la búsqueda bibliográfica para la construcción del marco teórico y una fase experimental para verificar la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos mediante la herramienta desarrollada. En este sentido, se seleccionó un diseño metodológico **deductivo** y **experimental**.

- **Deductivo:** Este diseño facilitó establecer premisas y condiciones sobre la estimación de la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos en la zona residencial de la ciudad de Loja. Partiendo de la búsqueda de bases teóricas

relevantes para comprender aspectos desconocidos, como las energías limpias y las ecuaciones necesarias para calcular variables matemáticas importantes en la estimación, entre otros aspectos. Esto permitió partir de un conocimiento general hacia uno específico sobre la viabilidad técnico y económica de instalar estos sistemas, así como sobre las variables necesarias para la estimación.

- **Experimental:** Este diseño se centró en el desarrollo del prototipo web para abordar el campo energético en un entorno tecnológico. En este proceso se utilizó las fases de la metodología XP y se documentó los hallazgos correspondientes en la sección de resultados y anexos del presente TIC. Para finalizar el proceso experimental, se abordó una evaluación del grado de aceptación del prototipo desarrollado a través de un modelo basado en la metodología TAM con la implementación de encuestas estructuradas.

### 5.2.2. Métodos

- **Sintético:** El método ayudó en la formulación de las conclusiones y al planteamiento de los lineamientos alternativos que se elaboraron en respuesta a la problemática planteada.

## 5.3. Proceso

En la presente sección se expone el proceso establecido para ejecutar los objetivos del TIC:

### 5.3.1. *Objetivo 1: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript*

La ejecución del primer objetivo específico se abordó a través de las tres primeras fases de la metodología XP y las actividades correspondientes. A continuación, se describen las fases con sus actividades.

**5.3.1.1. Fase de planeación:** Se llevaron a cabo cuatro actividades específicas.

- **Preparación de entrevista estructurada para recopilar los requisitos de sistema:**

La planificación y revisión de las preguntas para la entrevista estructurada (ver **Anexo 1**) se llevaron a cabo con el propósito de recopilar las necesidades de la parte interesada, en relación a las variables requeridas para evaluar la factibilidad del uso de sistemas fotovoltaicos

en la ciudad de Loja, así como otros aspectos fundamentales para abordar la construcción del prototipo de herramienta web. El proceso de revisión y aprobación de las preguntas elaboradas la realizó el director del TIC, Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

- **Ejecución de entrevista estructurada para recopilar los requisitos de sistema:**

Como se mencionó anteriormente, la realización de las entrevistas proporcionó información relevante para orientar el proceso de desarrollo de la herramienta, cuya transcripción se detalla en el **Anexo 2** y resume en la sección **6.1.1.2**. En este sentido, la entrevista se llevó a cabo con el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, como experto y coordinador del proyecto "Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: Caso práctico en la región sur".

- **Desarrollo de las historias de usuario:**

Para determinar las necesidades específicas y el flujo de las funcionalidades, se elaboró la documentación de las historias de usuario, la cual se detalla en el **Anexo 3** y resume en la sección **6.1.1.3**. Este documento que fue revisado y aprobado tanto por el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., en su calidad de director del TIC, y el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en su calidad de parte interesada. En este sentido, la **Figura 3** muestra el modelo de historia de usuario utilizado para la construcción de cada una de ellas, destacando una serie de apartados relevantes que se detallan en la **Tabla 2**.

Historia de usuario			
ID:			
Usuario/Rol			
Prioridad en negocio		Riesgo en desarrollo	
Descripción			
Número	Escenario	Criterio de aceptación	

**Figura 3.** Modelo de historia de usuario.

**Tabla 2.** Elementos del modelo de historia de usuario.

NE	Descripción
ID	Asignación de un número de identificación para la historia de usuario, generalmente un numero de hasta tres dígitos, empezando por 001.
Nombre de la historia de usuario	Es un identificador descriptivo para la historia de usuario que permite identificar la acción que se ejecuta.

NE	Descripción
Usuario/Rol	Es el identificador para el actor que cumple con las funcionalidades descritas.
Prioridad en negocio	Se asigna una identificación de importancia de la actividad a nivel de usuario final.
Riesgo en desarrollo	Se asigna una identificación de importancia de la actividad a nivel de desarrollo.
Descripción	Detalla la actividad global que se desempeña por parte del usuario.
Número	Es la identificación del escenario.
Escenario	Especificación del escenario donde se llevan a cabo los criterios de aceptación.
Criterios de aceptación	Son los aspectos, criterios y limitaciones requeridas por el usuario final para el correcto funcionamiento del sistema.

Nombre de Elemento (NE).

- **Levantamiento de requerimientos según el estándar IEEE 830:**

La identificación de las necesidades a través de la entrevista condujo a la determinación de los requisitos funcionales y no funcionales de la herramienta. En este proceso se elaboró la documentación respectiva siguiendo las normativas del estándar IEEE 830, la cual se presenta en el **Anexo 4** y resume en la sección **6.1.1.4**. Además, la documentación fue revisada y aprobada por el director del presente TIC, el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., y el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez en calidad de parte interesada.

**5.3.1.2. Fase de diseño:** Se llevó a cabo dos actividades específicas.

- **Diseño de arquitectura de aplicación web mediante el modelo arquitectónico 4+1:**

Se diseñó la arquitectura del prototipo utilizando las cinco vistas proporcionadas por el modelo arquitectónico 4+1. En esencia, se emplearon varios diagramas, como el diagrama de casos de uso, el diagrama de clases, el diagrama de procesos, el diagrama de componentes y el diagrama de despliegue, con el propósito de representar la estructura y el comportamiento de los componentes individuales. Esto permitió definir la arquitectura global de la aplicación, basada en el modelo cliente-servidor de tres capas. La documentación del modelo arquitectónico, detallada en el **Anexo 5** y resumida en la sección **6.1.2.1**, fue revisada y aprobada por el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., director del presente TIC.

- **Diseño de prototipos de interfaz:**

El diseño de los prototipos de interfaz ofreció una vista previa al usuario final de la parte gráfica de la aplicación antes de su implementación. Este proceso facilitó la identificación de áreas de mejora tanto por parte del cliente como del desarrollador. En este sentido, la documentación de los prototipos, presente en el Anexo 6 y resumida en la sección 6.1.2.2, fue revisada y aprobada por el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., director del presente TIC, y el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez en calidad de usuario final.

**5.3.1.3. Fase de codificación:** Se llevaron a cabo dos actividades específicas.

- **Definición de iteraciones previo a la construcción:**

Para guiar el proceso de codificación de las funcionalidades del prototipo web, se definieron iteraciones basada en las historias de usuario, las cuales se presentan en la **Tabla 9** de la sección 6.1.3.1. Esto permitió establecer un proceso de construcción enfocado en dar cumplimiento a las funcionalidades requeridas de la parte interesada. La planificación fue revisada por el director del presente TIC, el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

- **Codificación del frontend y backend del prototipo:**

Se llevó a cabo el proceso de codificación del backend y el frontend del prototipo. Para las funcionalidades de manejo, control de datos y cálculos de simulación en el servidor, se empleó el micro framework Flask, mientras que para el frontend se utilizó el framework Next.js. Además, se implementó un servicio de base de datos MariaDB para el almacenamiento de información. En la sección 6.1.3.2 se muestra un resumen de las partes relevantes durante el proceso de codificación.

**5.3.2. Objetivo 2: *Evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM***

La ejecución del segundo objetivo específico se desarrolló con la fase de pruebas de la metodología XP. A continuación, se describen la fase con sus actividades correspondientes.

**5.3.2.1. Fase de pruebas:** Se llevaron a cabo cuatro actividades específicas.

- **Evaluación del prototipo web mediante pruebas de aceptación:**

Se planificaron y ejecutaron las pruebas de aceptación del usuario final, basadas en los criterios de aceptación presentes en las historias de usuario (ver **Anexo 3**). Las pruebas de

aceptación, resumidas en la sección **6.2.1.1** y documentadas en el **Anexo 7**, se realizaron con el propósito de verificar el cumplimiento de las necesidades de la parte interesada. En este sentido, las pruebas fueron supervisadas por el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en su calidad de especialista y parte interesada.

- **Elaboración de encuesta estructurada para el grado de aceptación:**

Se elaboró las preguntas de la encuesta estructurada, las cuales se muestran en la sección **6.2.1.2** y detallan en el **Anexo 8**. En este sentido, la encuesta se utilizó para determinar el grado de aceptación del prototipo web mediante la metodología TAM. Por lo tanto, la revisión y aprobación de las preguntas se realizaron conforme a las observaciones proporcionadas por el director del TIC, Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

- **Evaluación del grado de aceptación del prototipo basado en la metodología TAM:**

Se llevó a cabo la planificación, diseño y ejecución de la evaluación del grado de aceptación del prototipo web para la simulación de viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos, tomando como base la metodología TAM. Esta metodología se utilizó con el propósito de verificar cómo el usuario final percibe la utilidad y facilidad de uso del prototipo, conocer la probabilidad de que los usuarios adopten el sistema e identificar las áreas de mejora para trabajos futuros.

En este sentido, la evaluación se llevó a cabo en el campo experimental mediante la aplicación de un encuesta estructurada a los usuarios generales y especialistas del área. Posteriormente se analizaron los resultados siguiendo los lineamientos de la metodología para determinar el grado de aceptación, tal como se presenta en la sección **6.2.1.3** y detalla en el **Anexo 9**.

- **Elaboración del manual de usuario:**

Se elaboró un manual de usuario (ver **Anexo 10**) para guiar al usuario final en el uso del prototipo web, el cual abarca las funcionalidades de vital importancia, como la creación de cuentas hasta la generación de simulaciones para evaluar la viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos. El manual, el cual se muestra en la **sección 6.2.1.4**, incluye instrucciones detalladas y los gráficos respectivos para facilitar el entendimiento de los usuarios finales y aprovechar al máximo las funcionalidades ofrecidas.

## **5.4. Recursos**

Para el desarrollo del presente TIC se empleó la técnica de entrevista estructurada (sección 5.4.1), encuesta estructurada (sección 5.4.2) y revisión bibliográfica (sección 5.4.3):

### ***5.4.1. Entrevista estructurada***

La técnica se empleó para obtener información sobre los sistemas fotovoltaicos y las variables que intervienen en el desarrollo del prototipo para estimar la viabilidad de su uso. Por ende, se aplicó al experto en el tema y coordinador del proyecto "Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: Caso práctico en la región sur", el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez. Este proceso fue fundamental para conocer los lineamientos iniciales del prototipo y los requerimientos de usuario. En resumen, el uso de la técnica facilitó centrarse en temas específicos de la problemática, evitando redundancias o temas fuera del marco de estudio.

### ***5.4.2. Encuesta estructurada***

La técnica se aplicó para obtener información respecto al grado de aceptación del prototipo web en relación al cálculo de la energía solar fotovoltaica y su factibilidad técnico y económica de la implementación de estos sistemas en las zonas residenciales de la ciudad de Loja. Por lo tanto, se aplicó a expertos en el tema y ciudadanos en general para conocer sus opiniones al respecto.

### ***5.4.3. Revisión bibliográfica***

La revisión bibliográfica facilitó obtener información dentro del alcance de la presente investigación, abordando las aproximaciones teóricas y su representación a través del marco teórico. En este sentido, se llevó a cabo la búsqueda en diversas fuentes científicas como Scopus, IEEE Xplore, Dialnet, Scielo, Clean Energy, ACM Digital Library, Cedamaz, Espol, entre otros, y repositorios universitarios de todo el mundo, incluyendo libros, artículos de revista y conferencia, tesis de grado y master, y otras fuentes de información relacionadas al tema central.

## **5.5. Materiales**

Los materiales usados en el presente TIC se muestran en la **Tabla 3**:

**Tabla 3.** Materiales utilizados.

<b>Recursos Hardware</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Laptop Lenovo	Dispositivo empleado para el desarrollo del presente TIC durante la asistencia a clases.
Computador de mesa HP	Dispositivo empleado para el desarrollo del presente TIC desde casa.
<b>Recursos Software</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Visual Studio Code	Herramienta web y de escritorio para llevar a cabo el proceso de codificación del prototipo.
Figma	Herramienta web, libre y gratuita utilizada para la construcción de los prototipos de ventanas.
GitHub	Aplicación web para el alojamiento de código durante y post etapa de desarrollo.

### **5.6. Participantes**

Los involucrados en el desarrollo del presente TIC fueron:

- Johanna Elizabeth Ureña Hernández, autora del presente TIC.
- Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., director del TIC.
- Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, especialista y coordinador del proyecto "Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: Caso práctico en la región sur".

## 6. Resultados

En la presente sección se expone los resultados obtenidos para cada objetivo específico junto con la descripción de las actividades que se llevaron a cabo para su cumplimiento. Por lo tanto, en la sección **6.1** se muestra el primer objetivo específico, guiado por las tres primeras fases de la metodología XP. Mientras que la sección **6.2** aborda el cumplimiento del segundo objetivo específico mediante la fase final de la metodología XP.

### **6.1. Objetivo 1: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript**

El cumplimiento del presente objetivo se desarrolló mediante las fases de planeación, diseño y codificación de la metodología XP. A continuación, se exponen las actividades desde la sección **6.1.1** hasta la sección **6.1.3**.

#### **6.1.1. Fase 1: Planeación**

Se realizó las actividades que fueron descritas previamente en la sección **5.3**.

##### **6.1.1.1. Preparación de entrevista estructurada para recopilar los requisitos de sistema.**

La **Tabla 4** muestra las preguntas de entrevista para la recopilación de información asociada con los requisitos del prototipo web y las necesidades de la parte interesada el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en relación a la estimación de la viabilidad de sistemas fotovoltaicos, las cuales se detallan en el **Anexo 1**.

##### **6.1.1.2. Ejecución de entrevista estructurada para recopilar los requisitos de sistema.**

El **Anexo 2** presenta la transcripción de la encuesta que se aplicó al Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en calidad de experto en el tema y coordinador del proyecto "Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: Caso práctico en la región sur", con el propósito de recopilar los requisitos, necesidades y variables necesarias para la estimación de factibilidad de uso de los sistemas fotovoltaicos en las zonas residenciales de la ciudad de Loja. En este contexto, la **Tabla 4** muestra la recopilación de las respuestas obtenidas para cada una de las interrogantes formuladas en la actividad de preparación de la sección **6.1.1.1**.

**Tabla 4.** Pregunta y respuesta de preguntas de entrevista para la recopilación de requisitos.

Código	PRE
PE1	<i>P:</i> ¿Por cada ciudad se maneja una sola y parroquia se fuente de datos o manejan varias? <i>R:</i> No. Por lo general en cada ubicación se manejan varias fuentes de datos existentes en distintas plataformas web.
PE2	<i>P:</i> ¿Las características del generador fotovoltaico (FV) son fijas o son variables? <i>R:</i> Los datos del generador fotovoltaico se fijan previamente por el usuario e influyen directamente en todos los cálculos.
PE3	<i>P:</i> ¿La tabla de los datos de Ecuador son estándar? <i>R:</i> Sí. Existen varias fuentes de datos, pero la forma de presentar es la misma.
PE4	<i>P:</i> ¿El promedio anual en kWh/m <sup>2</sup> lo registran ellos o lo calculan? <i>R:</i> Estos valores son calculados aplicando los modelos matemáticos ya creados en la investigación.
PE5	<i>P:</i> ¿Cuáles son las fórmulas que se están utilizando? <i>R:</i> Esta información es sensible, pero se han creado modelos matemáticos a partir de irradiación sobre superficie horizontal y las características del generador FV.
PE6	<i>P:</i> ¿En la parte de la ubicación solo registra latitud o también es necesaria la longitud? <i>R:</i> Sólo la latitud.
PE7	<i>P:</i> ¿Considera que una herramienta de simulación web para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo podría ayudar a reducir los costos? <i>R:</i> Sí, porque es importante que los ciudadanos puedan simular cuánta energía pueden generar para el suministro de sus viviendas.

Pregunta y Respuesta de Encuesta (PRE); Pregunta de Entrevista (PE); Pregunta (P); Respuesta (R).

### 6.1.1.3. Desarrollo de las historias de usuario.

El desarrollo de las historias de usuario permitió establecer las características de uso que el sistema debe tener a través de los criterios de aceptación, tanto para los requisitos funcionales y no funcionales, los cuales se detallan en el **Anexo 3**. A continuación, desde la **Figura 4** hasta la **Figura 8** se muestra las historias de usuario de mayor relevancia para la presente investigación, las cuales se detallan en el **Anexo 3**. En esencia, la **Figura 4** describe el escenario para el inicio de sesión en el prototipo para los usuarios. Por otro lado, la **Figura 5** muestra la actividad para registrar la información de las provincias de Ecuador por parte del administrador, mientras que la **Figura 6** detalla el registro del consumo eléctrico por sitio, destacando el registro para un cantón de las provincias ya registradas. La **Figura 7** presenta el escenario de búsqueda de una ubicación geográfica por parte de los usuarios para dar mayor precisión a la simulación de viabilidad de usar SFV. Finalmente, la **Figura 8** describe el escenario para la visualización de los cálculos de la simulación mediante gráficos de barras.

Historia de usuario			
ID: H001	Inicio de sesión		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Alta	Riesgo en desarrollo	Alta
Descripción	Como usuario, deseo iniciar sesión en el prototipo web para realizar la simulación de la administración de instalar sistemas solares fotovoltaicos. Como administrador, deseo iniciar sesión en el prototipo web para administrar los registros del consumo eléctrico de las diferentes provincias del Ecuador con sus respectivos cantones y parroquias.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Acceder al sistema con las credenciales de usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar un formulario para ingresar los datos de inicio de sesión: correo electrónico y contraseña.</li> <li>• Debe existir un botón para dar paso al inicio de sesión en el sistema una vez se hayan ingresado las credenciales.</li> <li>• Si las credenciales están vacías o no existen, se mostrará una alerta o mensaje de error.</li> <li>• El sistema debe realizar la verificación de las credenciales para determinar el acceso al sistema.</li> </ul>	

**Figura 4.** Historia de usuario para el inicio de sesión.

Historia de usuario			
ID: H005	Registrar información de provincia		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo registrar la información de las provincias del Ecuador con sus respectivos cantones y parroquias.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar información de provincia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe existir la opción para agregar un nuevo registro de provincia desde la pantalla principal.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario para el registro de información de las provincias, donde se pedirá rellenar campos como: nombre de provincia.</li> <li>• Debe existir un botón "Guardar" para dar paso al registro de la nueva provincia en el sistema.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de provincia con el mismo nombre.</li> <li>• Mostrar mensajes de confirmación.</li> </ul>	

**Figura 5.** Historia de usuario para registrar provincias.

Historia de usuario			
ID: H007	Registrar censo eléctrico por sitio (cantón)		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo registrar el consumo eléctrico de cada sitio para realizar la simulación de la viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar el consumo eléctrico de cada cantón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe existir la opción para agregar un nuevo registro electrónico por sitio.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario para el registro de la información del cantón, donde se pedirá rellenar campos como: nombre del cantón y consumo eléctrico.</li> <li>• Debe existir un botón para dar paso al registro del nuevo cantón en el sistema.</li> <li>• Si existen parámetros por completar se debe mostrar la alerta respectiva.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de cantón con el mismo nombre.</li> <li>• Mostrar mensajes de ayuda para orientar al registro de los parámetros del nuevo cantón.</li> <li>• El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de acuerdo a una fuente determinada o por la posición geográfica.</li> <li>• El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de acuerdo a la zona urbanística por lo que puede ser urbano o rural.</li> </ul>	

**Figura 6.** Historia de usuario para registrar consumo eléctrico.

Historia de usuario			
ID: H009	Visualizar la ubicación geográfica		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo visualizar la ubicación geográfica de un sitio en particular para localizar con exactitud el lugar de la posible instalación de un sistema solar fotovoltaico.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Localizar un sitio específico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para visualizar la ubicación geográfica de un lugar en particular.</li> <li>• El sistema debe mostrar un mapa con las coordenadas geográficas por sitio.</li> <li>• El mapa debe ser interactivo.</li> </ul>	

**Figura 7.** Historia de usuario para visualizar la ubicación geográfica.

Historia de usuario			
ID: H012	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo conocer los resultados de la simulación del rendimiento del sistema fotovoltaico para evaluar la viabilidad de su instalación.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Calcular la irradiación diaria media mensual	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo de la irradiación diaria. Se utilizarán los datos proporcionados del sistema fotovoltaico y la altitud.</li> <li>El sistema mostrará mediante un gráfico de barras los resultados obtenidos del cálculo.</li> <li>El gráfico de barras presentará la comparación entre los resultados del plano horizontal y el plano inclinado para cada mes del año.</li> <li>Los valores se expresarán en kWh/m<sup>2</sup>.</li> </ul>	
2	Calcular la factura eléctrica mensual	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo de la factura eléctrica.</li> <li>El sistema mostrará mediante un gráfico de barras los resultados obtenidos del cálculo.</li> <li>El gráfico de barras presentará la relación de los valores de la factura original con los obtenidos en el cálculo y el costo del consumo mensual.</li> </ul>	

**Figura 8.** Historia de usuario para ver el rendimiento del SFV.

#### 6.1.1.4. Levantamiento de requerimientos según el estándar IEEE 830.

Con la determinación de las historias de usuario se desarrolló la documentación de los requisitos funcionales y no funcionales mediante las normativas del estándar IEEE 830, los mismos que pueden ser accedidos en el **Anexo 4**. La especificación de los requisitos facilitó comprender claramente las necesidades de la parte interesada y aportar veracidad para el desarrollo del prototipo web del presente TIC. La **Tabla 5** muestra la identificación de los requisitos funcionales documentados.

**Tabla 5.** Requerimientos funcionales del prototipo web.

Código	ID	Nombre	Prioridad
01	RF01	Inicio de sesión	Alta
02	RF02	Administrar usuario	Media
03	RF03	Administrar provincia	Media
04	RF04	Administrar cantón	Media
05	RF05	Administrar parroquia	Media
06	RF06	Visualizar la ubicación geográfica	Media
07	RF07	Administrar irradiación por sitios	Media
08	RF08	Administrar edificios	Media

<b>Código</b>	<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Prioridad</b>
09	RF09	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico	Media
10	RF10	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico	Media
11	RF11	Visualización mediante el uso de gráficas	Media

Requisitos Funcional (RF).

La **Tabla 6** muestra los requerimientos no funcionales del prototipo, los cuales pueden verse de manera detallada en el **Anexo 4**.

**Tabla 6.** Requerimientos no funcionales del prototipo web.

<b>Código</b>	<b>ID</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
01	RNF01	Interfaz Gráfica	La interfaz gráfica es intuitiva y fácil de usar, siguiendo las convenciones de diseño estándar.	Alta
02	RNF02	Accesibilidad	Permite a los usuarios acceder a las funcionalidades de manera efectiva, sin restricciones.	Alta
03	RNF03	Seguridad	Garantiza la seguridad de los datos del usuario mediante la implementación de tokens y protocolos seguros como HTTPS.	Alta
04	RNF04	Operacional	Cumple en su totalidad con las funciones ofrecidas desde su primera versión.	Alta
05	RNF05	Ambiental	Soporta múltiples cargas de peticiones debido a la arquitectura cliente-servidor de tres capas.	Alta
06	RNF06	Regulatorio	El sistema debe mantenerse bajo las normativas de la seguridad de la información propuestas por el Parlamento Andino.	Alta
07	RNF07	Ético	Solicitará la información indispensable para el registro de cuentas, evitando cualquier referencia a aspectos personales.	Alta
08	RNF08	Confidencialidad	Almacenará la información de manera íntegra y segura.	Alta

Requisito no Funcional (RNF).

### **6.1.2. Fase 2: Diseño**

En la segunda fase se llevaron a cabo las actividades que fueron descritas previamente en la sección **5.3**.

#### **6.1.2.1. Diseño de arquitectura de aplicación web mediante el modelo arquitectónico 4+1.**

La **Tabla 7** muestra la descripción de los modelos elaborados en la presente actividad, con el propósito de mostrar el diseño de arquitectura del prototipo web para la estimación de la viabilidad de implementar SFV. En esencia, en la presente actividad se elaboraron diagramas

tales como: diagrama de casos de uso (**Figura 9 – Figura 10**), diagrama de clases (**Figura 11**), diagrama de actividades (**Figura 12 – Figura 15**), diagrama de componentes (**Figura 16**) y diagrama de despliegue (**Figura 17**); los cuales se detallan en el **Anexo 5**.

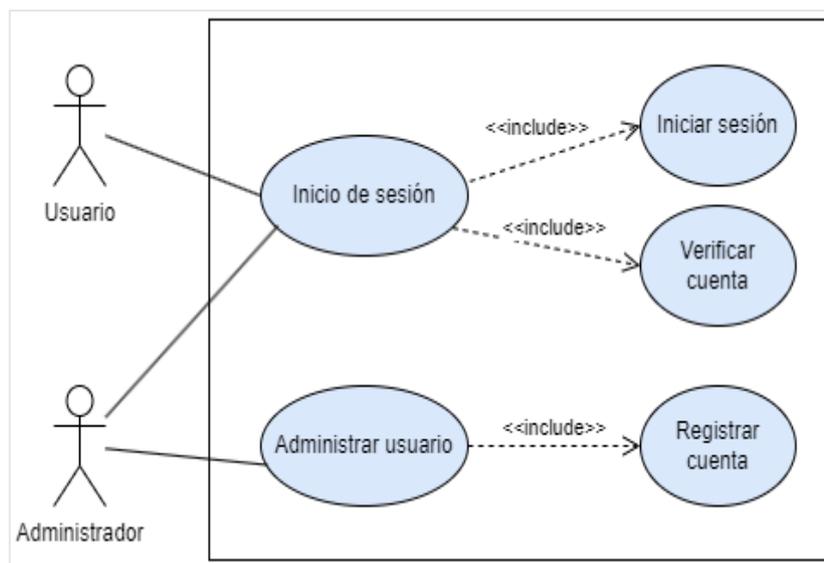
**Tabla 7.** Arquitectura de software 4+1.

Código	Vista	Modelo	Descripción
MD1	Vista de escenarios	Diagrama de casos de uso	Muestra la interacción que tienen los actores y los escenarios donde se va a desenvolver el sistema.
MD2	Vista lógica	Diagrama de clase	Representa las funcionalidades y el servicio que proporciona a los usuarios.
MD3	Vista de procesos	Diagrama de actividad	Describe el proceso de interacción desde la perspectiva de la concurrencia y sincronización.
MD4	Vista de despliegue	Diagrama de componentes	Describe los componentes del sistema con el fin que el desarrollador entienda las interacciones existentes.
MD5	Vista física	Diagrama de despliegue	Muestra los componentes físicos del sistema

Modelo de Vista (MD).

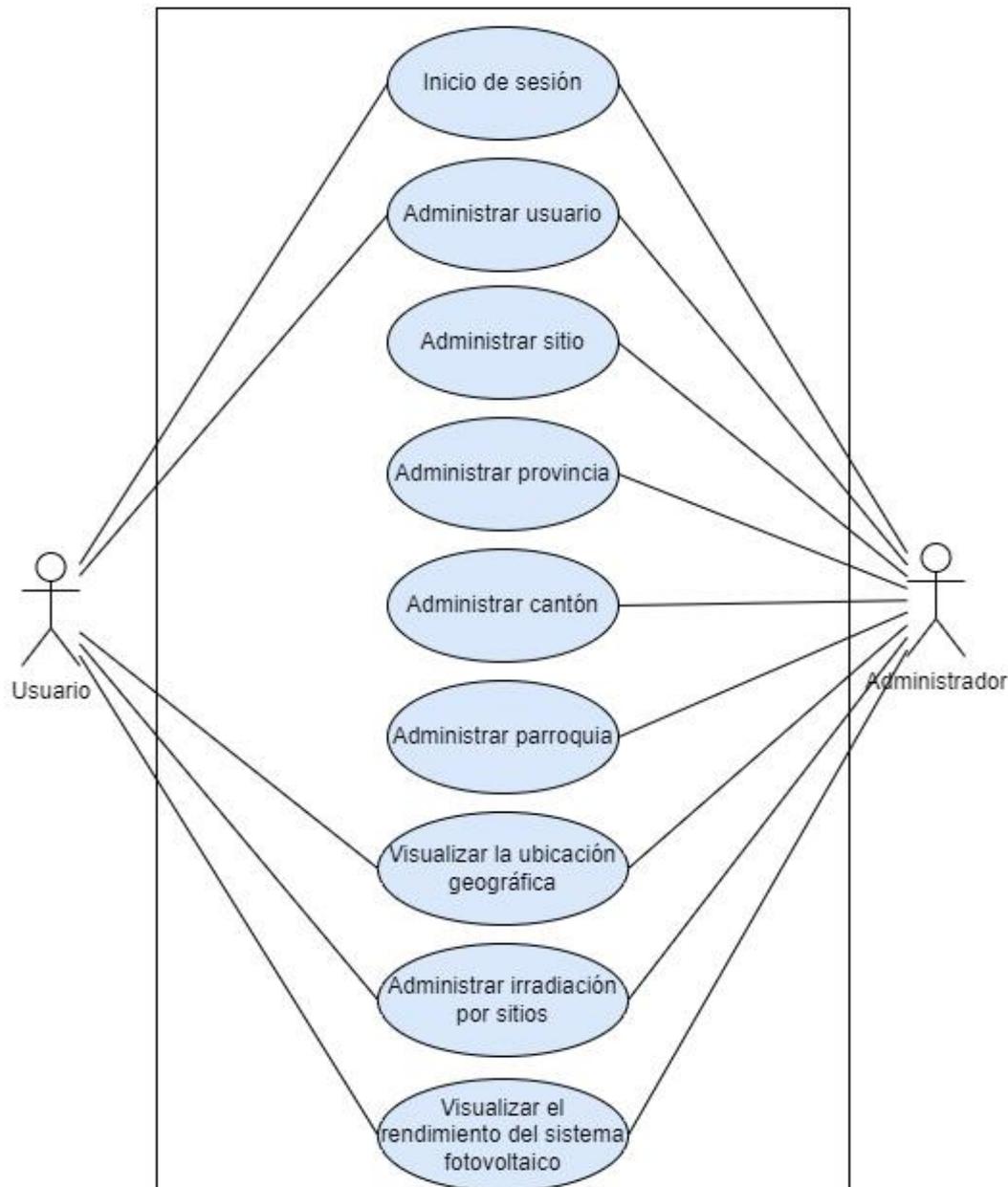
**a. Diagrama de casos de uso.**

En la **Figura 9** se exhibe el diagrama de casos de uso para los usuarios no registrados en el sistema y para los usuarios que realicen el inicio de sesión, por lo tanto, únicamente se permite el acceso al registro de la cuenta o directamente al inicio de sesión.



**Figura 9.** Diagrama de casos de uso – Usuarios no registrados.

En la **Figura 10** se presenta el diagrama de casos de uso general, donde se muestran los diferentes escenarios de operación del prototipo web y su relación con cada tipo de usuario. Se destaca un total de 11 escenarios para dar cumplimiento a las necesidades del usuario final.

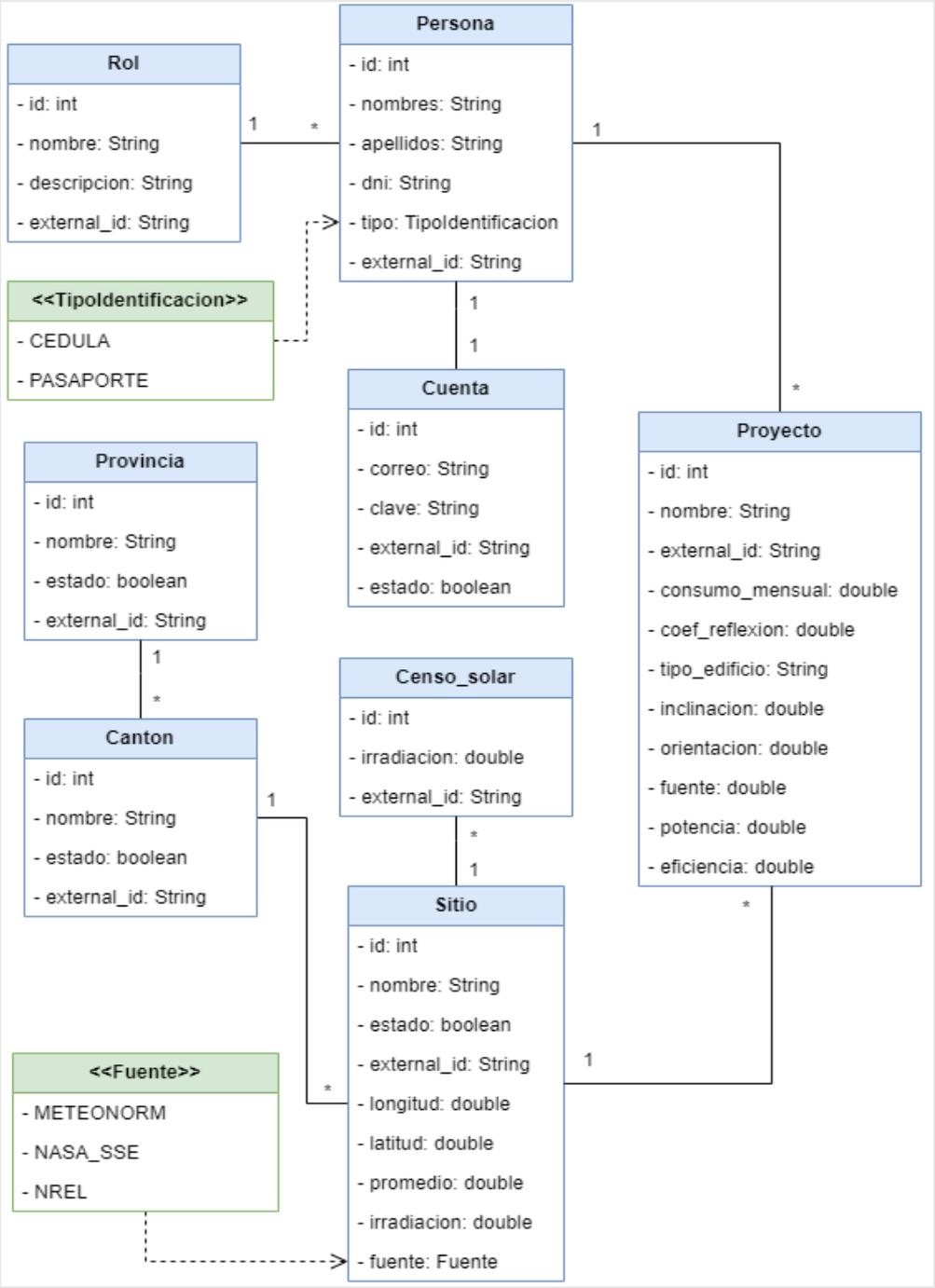


**Figura 10.** Diagrama de casos de uso general.

#### **b. Diagrama de clases.**

La **Figura 11** ilustra el diagrama de clases del prototipo web, representando la estructura del aplicativo mediante las clases y sus respectivas relaciones. Es importante destacar que en

este diagrama existen un total de ocho clases con sus respectivos atributos y el tipo de dato. Para acceder al diagrama con mayor detalle se recomienda ver al **Anexo 5**.

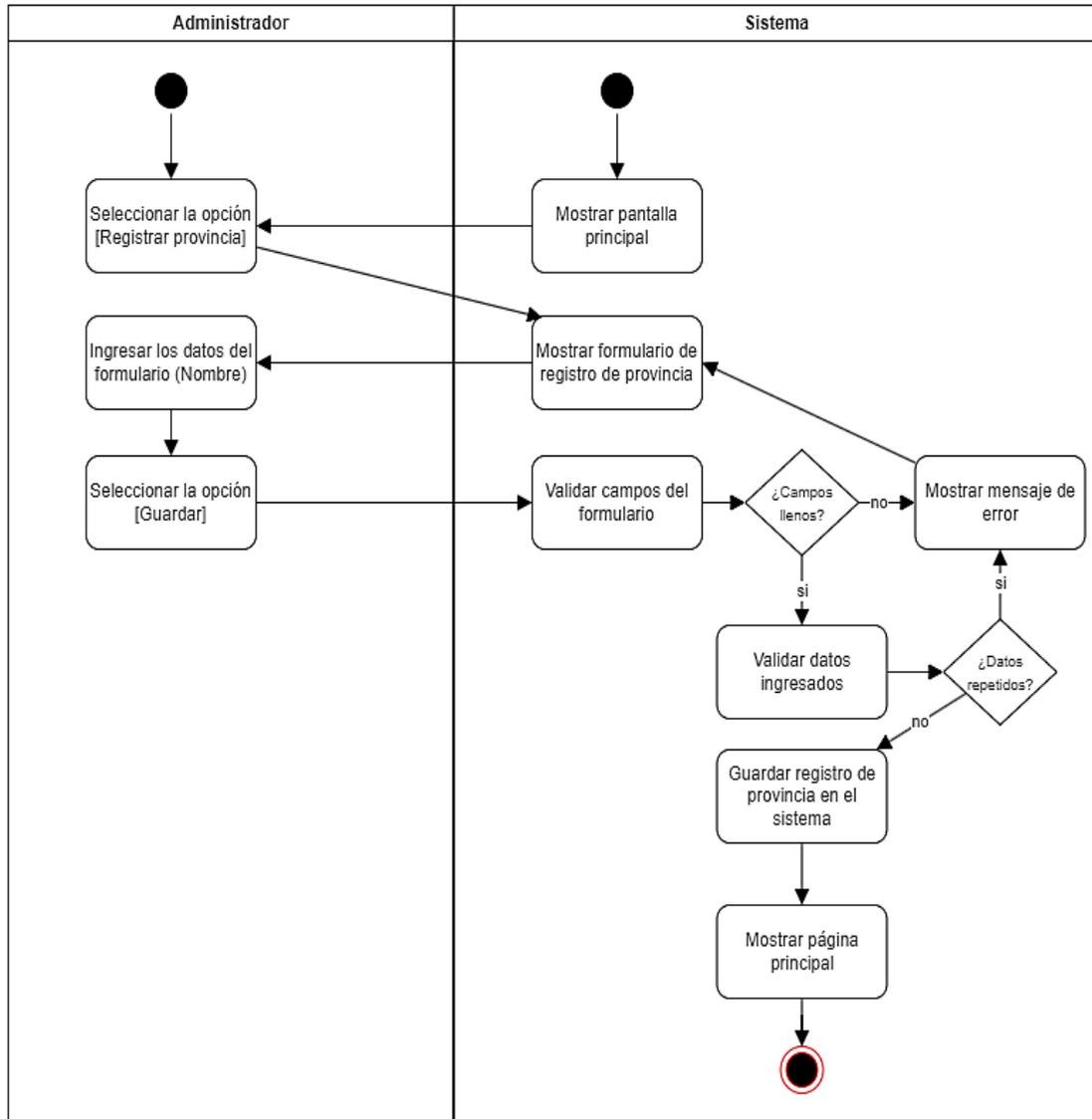


**Figura 11.** Diagrama de clases del prototipo web.

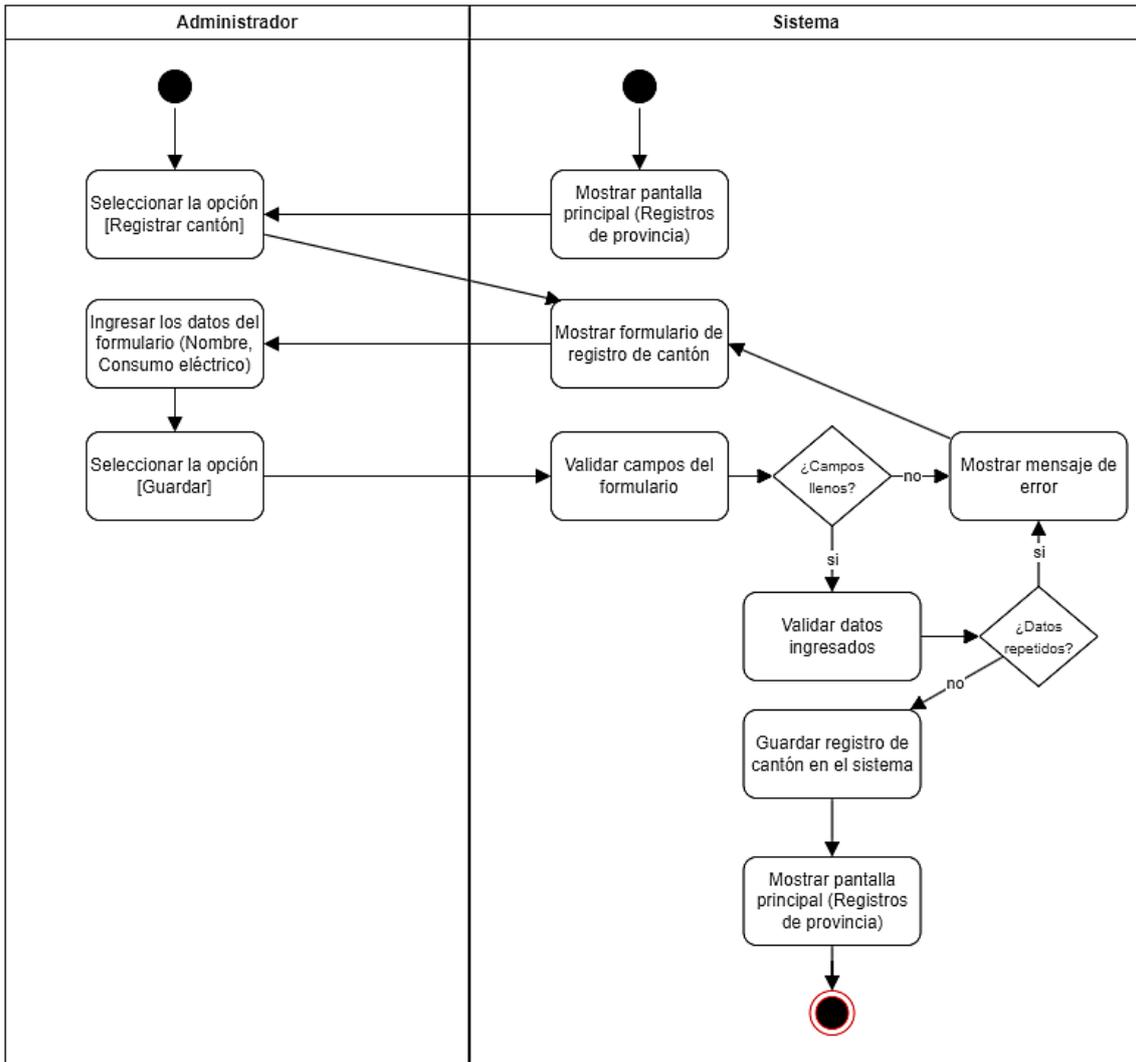
**c. Diagramas de actividad.**

Desde la **Figura 12** hasta la **Figura 15** se muestran los diagramas de actividad más relevantes de esta investigación, los cuales se detallan completamente en el **Anexo 5**. En

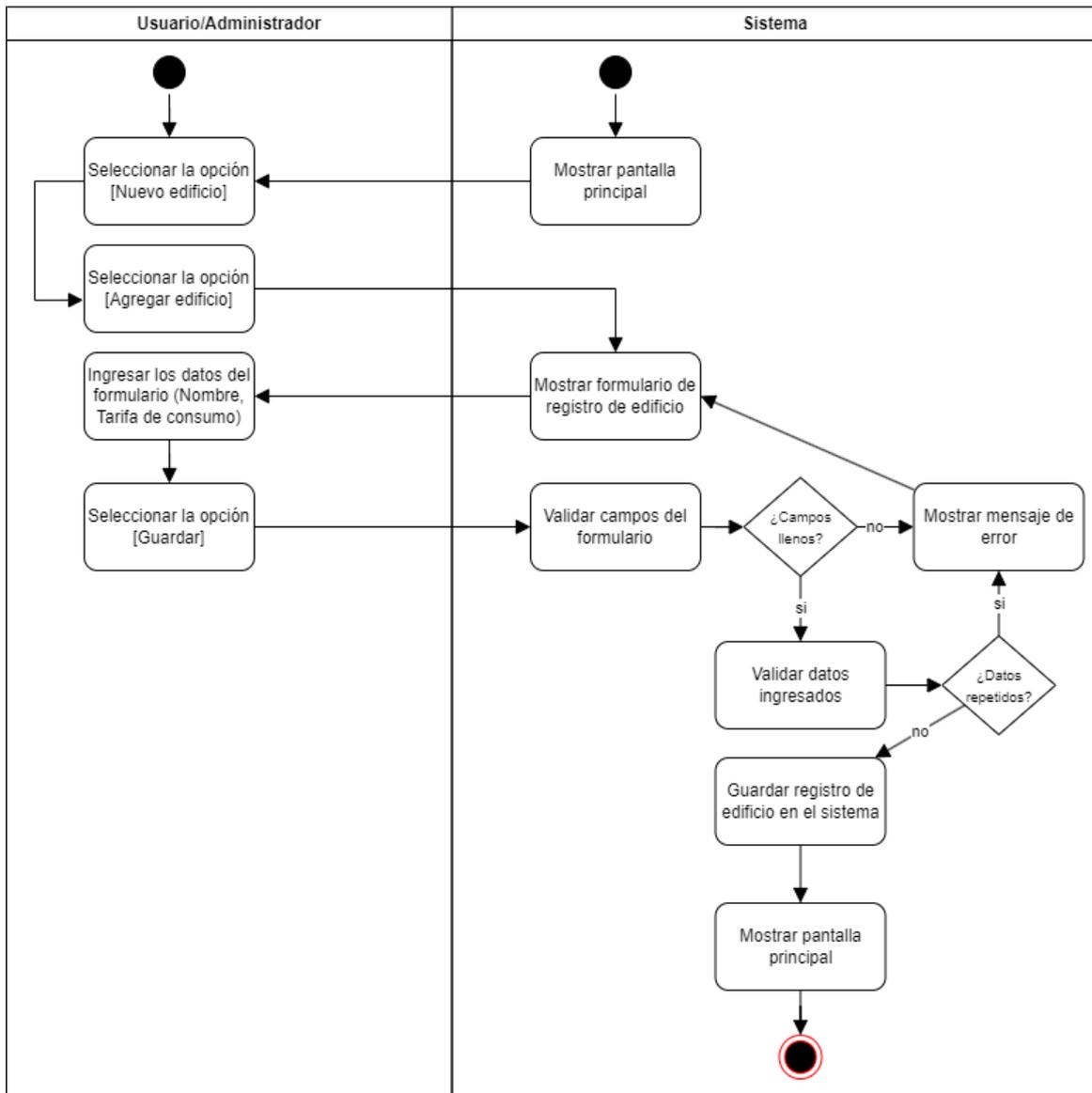
esencia, la **Figura 12** ilustra el proceso para registrar las provincias de Ecuador en el sistema, mientras que la **Figura 13** muestra el proceso para el registro de un nuevo cantón perteneciente a una provincia en específico. La **Figura 14** detalla el proceso para registrar un nuevo edificio en el sistema asociado a una simulación realizada por el usuario. Finalmente, la **Figura 15** presenta el proceso de registro de la irradiación en una simulación específica.



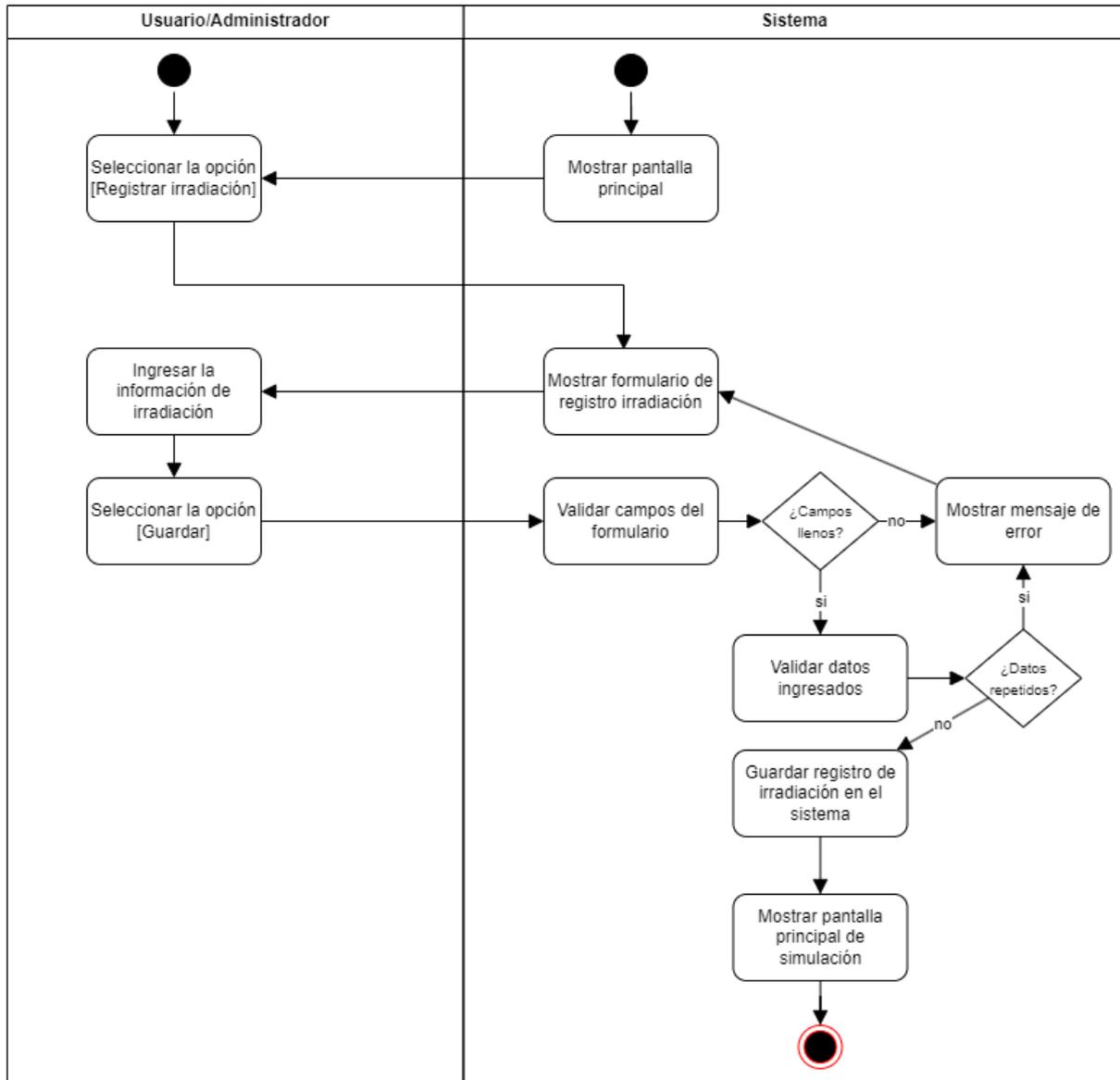
**Figura 12.** Diagrama de actividad para registrar nuevas provincias.



**Figura 13.** Diagrama de actividad para registrar nuevo cantón.



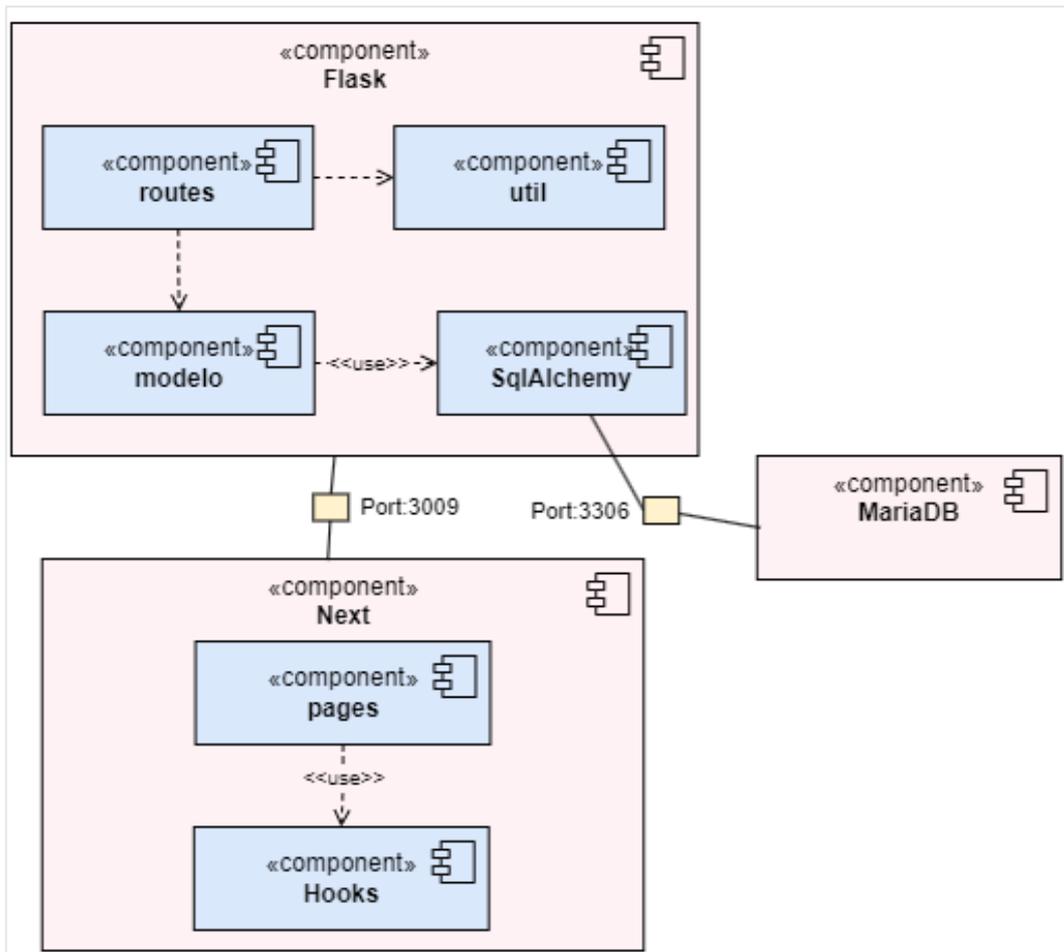
**Figura 14.** Diagrama de actividad para registrar nuevo edificio.



**Figura 15.** Diagrama de actividad para registrar irradiación.

#### **d. Diagrama de componentes.**

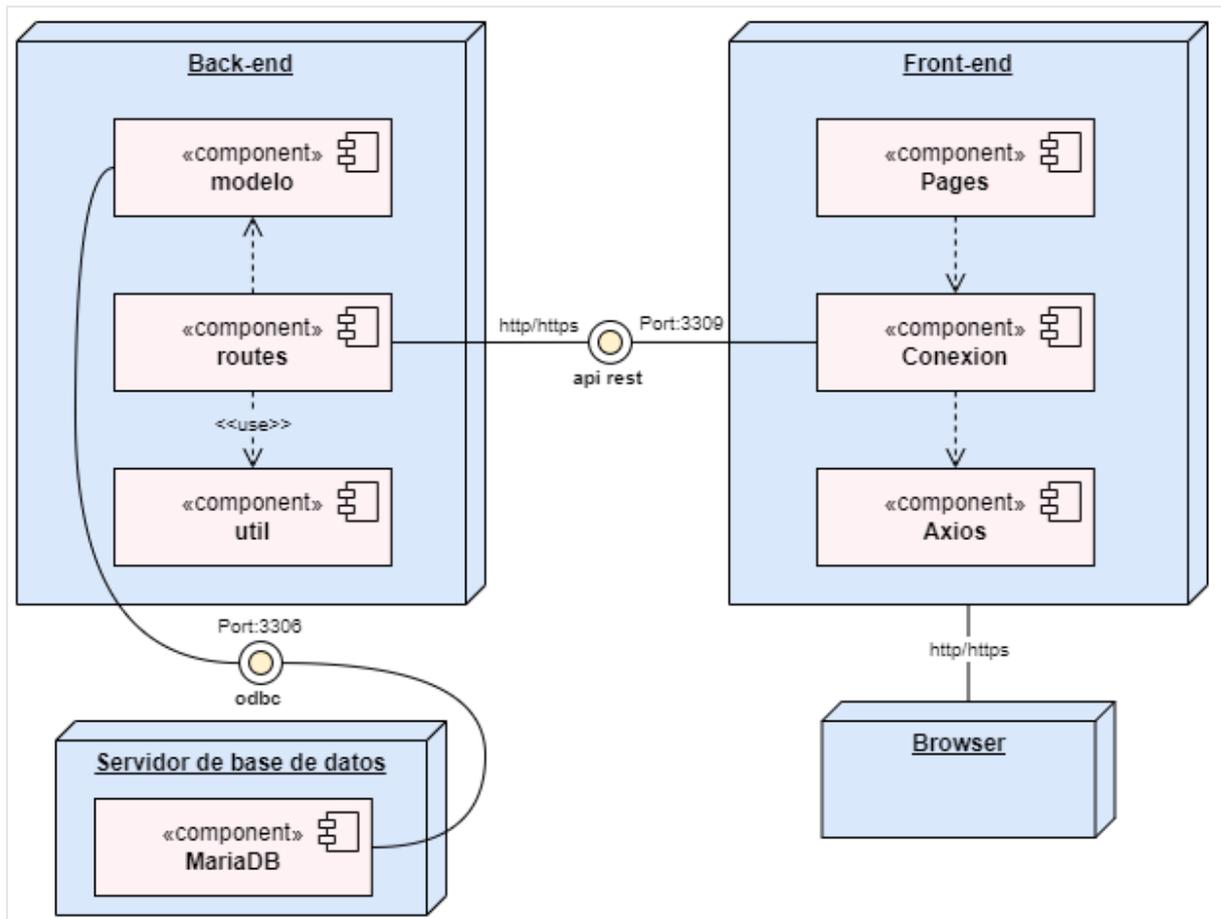
La **Figura 16** ilustra el diagrama de componentes del prototipo web, mostrando de manera clara y sencilla los componentes relevantes durante el proceso de construcción del sistema, así como las relaciones existentes entre cada uno.



**Figura 16.** Diagrama de componentes del prototipo web.

**e. Diagrama de despliegue.**

La **Figura 17** muestra el diagrama de despliegue, exhibiendo los principales componentes y sus relaciones que formaron parte de la planificación del despliegue del prototipo.



**Figura 17.** Diagrama de despliegue del prototipo web.

### 6.1.2.2. Diseño de prototipos de interfaz.

Se elaboraron los prototipos de interfaz (ver **Anexo 6**), los cuales permitieron ofrecer a la parte interesada una visión de la parte gráfica de la aplicación, facilitando así las correcciones necesarias en este apartado. Para el desarrollo de los prototipos se utilizó la herramienta web Figma, que permitió construir los diseños de forma rápida y sencilla de comprender. En este sentido, a continuación, la **Figura 18** y la **Figura 19** se muestran los prototipos de interfaz que se desarrollaron. En esencia, la **Figura 18** presenta el prototipo de interfaz para el inicio de sesión el cual permite ingresar al sistema con el uso del correo electrónico y la clave del usuario registrado.

Un prototipo de interfaz de usuario para el inicio de sesión. El diseño está contenido dentro de un recuadro con esquinas redondeadas y un borde azul. En la parte superior hay un círculo gris que representa un perfil de usuario. Debajo de él, el texto "Bienvenido, usuario" está en un tamaño de fuente más grande que "Inicio de sesión para continuar". Hay dos campos de entrada de texto: "Correo electrónico" y "Clave". Debajo del campo de clave hay un enlace que dice "¿Olvido su clave?". En la parte inferior hay un botón azul con el texto "Inicio de sesión".

**Figura 18.** Prototipo de interfaz para el inicio de sesión.

La **Figura 19** exhibe el prototipo para el registro de la información asociada a la simulación destacando la presencia de tres secciones. La primera que permite registrar los datos de la irradiación, solicitando la selección de la provincia, el cantón y la respectiva parroquia, además de la fuente de consumo. La segunda sección permite registrar los datos del edificio, solicitando la selección del tipo de edificio, el consumo eléctrico mensual y la demanda de potencia eléctrica. Finalmente, la tercera sección se enfoca en registrar los datos del sistema fotovoltaico, tales como el ángulo de inclinación, la potencia, el costo de consumo, la potencia nominal, la eficiencia del sistema fotovoltaico y otros elementos claves para la simulación.

AUTOCONSUMO  
FOTOVOLTAICO  
ECUADOR

Opción 1
Opción 2
Opción 3

**Datos de irradiación**

Provincia

Seleccione un cantón

Seleccione la parroquia

Seleccione la fuente

**Datos del sistema fotovoltaico**

Ángulo de inclinación

Potencia

Costo de consumo

Potencia nominal

Eficiencia del sistema fotovoltaico

Dato nuevo

Dato nuevo

Dato nuevo

**Datos del edificio**

Seleccione el tipo

Seleccione el edificio

Consumo eléctrico mensual

Demanda de potencia eléctrica

Cancelar

Registrar simulación

**Figura 19.** Prototipo de interfaz para registro de información del SFV.

47

### 6.1.3. Fase 3: Codificación

En la tercera fase se desarrollaron las actividades descritas en la sección 5.3. En este contexto, se llevó a cabo el proceso de construcción del prototipo con la planificación previa de las iteraciones. Para acceder al repositorio de GitHub, seguir el siguiente hipervínculo: **Código SFV** (<https://github.com/elizaauh/backendsolar>).

#### 6.1.3.1. Definición de iteraciones previo a la construcción.

Se llevó a cabo la definición de las iteraciones tomando como base las historias de usuario (ver **Anexo 3**), con el propósito de establecer las funcionalidades que se van a codificar durante el proceso de construcción del prototipo para cumplir con las necesidades específicas del usuario final. La **Tabla 8** muestra la lista de iteraciones definida, incluyendo la referencia a la historia de usuario, así como las fechas de inicio y finalización de su implementación.

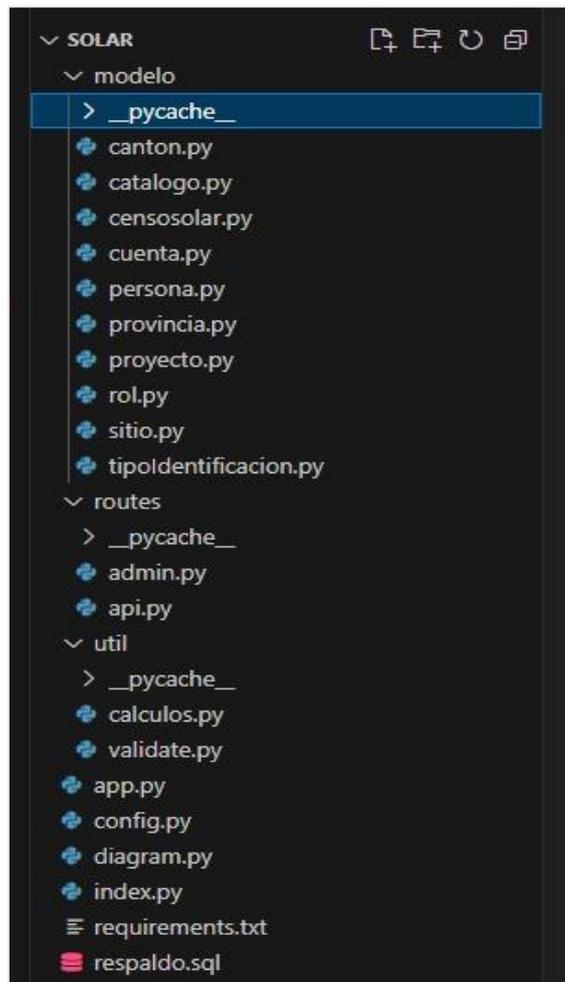
**Tabla 8.** Planificación de iteraciones previo a la construcción del prototipo.

IDI	Identificador	RHU	FII	FFI
1	Inicio de sesión	H001	23-10-2023	06-11-2023
2	Administrar usuario	H002, H003, H004	06-11-2023	20-11-2023
3	Administrar provincia	H005, H006	20-11-2023	04-12-2023
4	Administrar sitio	H007, H008	04-12-2023	18-12-2023
5	Visualizar la ubicación geográfica	H009	18-12-2023	05-01-2024
6	Administrar irradiación por sitios	H0010	05-01-2024	15-01-2024
7	Administrar edificios	H011	15-01-2024	04-02-2024
8	Visualizar el rendimiento del SFV	H012, H013	08-04-2024	17-06-2024

Identificador de Iteración (IDI); Referencia de Historia de Usuario (RHU); Fecha de Inicio de Iteración (FII); Fecha de Finalización de Iteración (FFI).

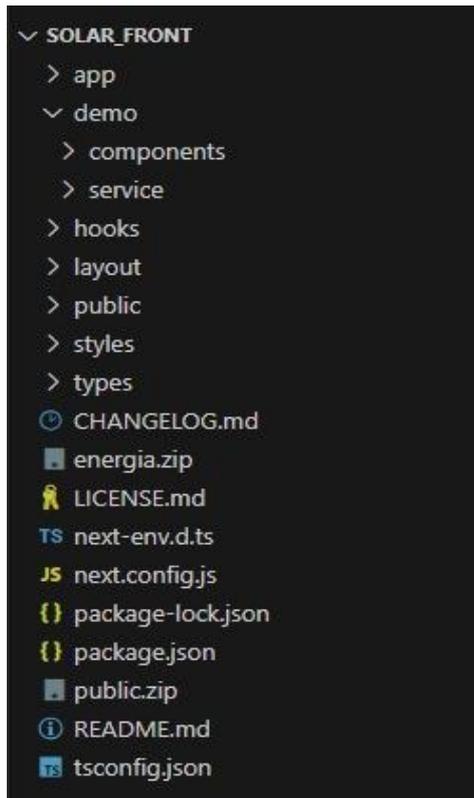
#### 6.1.3.2. Codificación del frontend y backend del prototipo.

Se destacan los aspectos más relevantes durante la fase de codificación del prototipo, usando Flask para el desarrollo del backend, Next.js para el frontend y la configuración de conexión a la base de datos MariaDB. En este contexto, debido a la confidencialidad de los datos del prototipo (ver **Anexo 11**), se presentan únicamente partes específicas de la estructuración de los módulos. Por lo tanto, la **Figura 20** muestra la estructura general del backend del prototipo, destacando la carpeta “modelo” que contiene la configuración de los modelos de clase, la carpeta “rutas” con el archivo de configuración de rutas, la carpeta “útil” con la configuración de cálculo y validación, además de otros archivos de importancia.



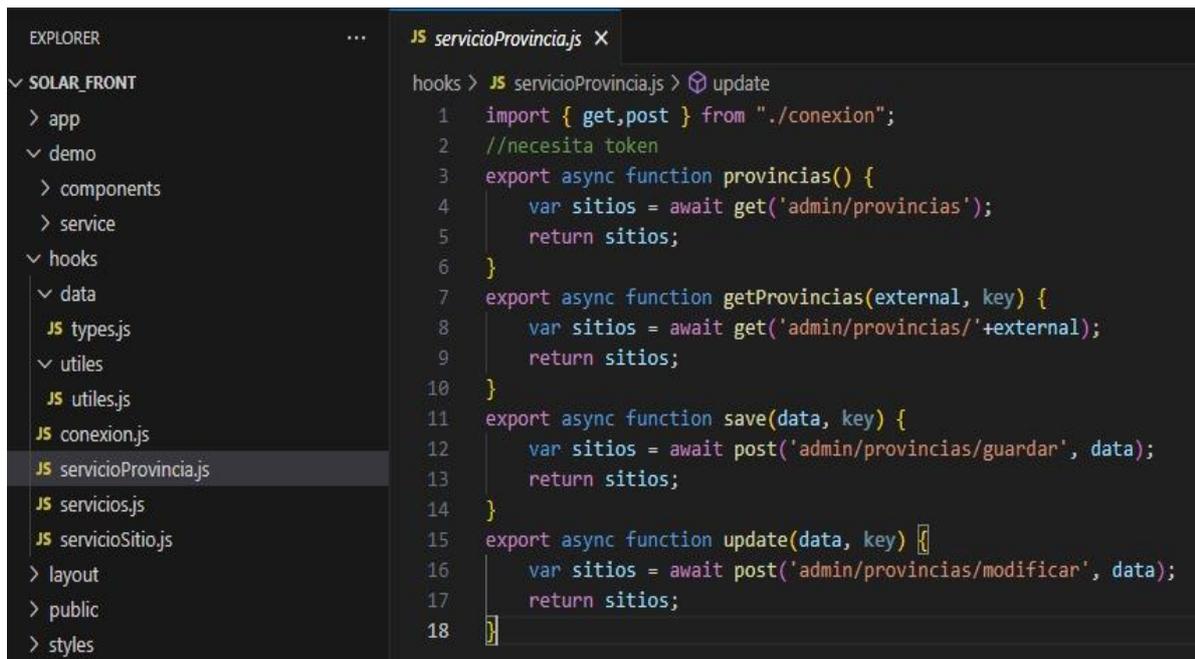
**Figura 20.** Estructura del backend del prototipo.

Asimismo, la **Figura 21** muestra la estructura general del frontend del prototipo, destacando la separación por carpetas para la configuración de hooks, componentes, estilos, páginas y otras configuraciones de importancia. Es relevante mencionar el archivo comprimido “energía” el cual contiene los datos relacionados a los índices de radiación.



**Figura 21.** Estructura del frontend del prototipo.

La **Figura 22** exhibe la configuración de las funciones utilizadas para trabajar con los datos de provincia en el sistema utilizando los métodos “GET” y “POST”. Se destaca la capacidad para registrar nuevas provincias, obtener los registros de todas las provincias o de una provincia en específico mediante ciertos criterios de búsqueda, además de permitir la actualización de los datos existentes de provincia.



```
EXPLORER
...
JS servicioProvincia.js X
hooks > JS servicioProvincia.js > update
1 import { get, post } from "../conexion";
2 //necesita token
3 export async function provincias() {
4     var sitios = await get('admin/provincias');
5     return sitios;
6 }
7 export async function getProvincias(external, key) {
8     var sitios = await get('admin/provincias/'+external);
9     return sitios;
10 }
11 export async function save(data, key) {
12     var sitios = await post('admin/provincias/guardar', data);
13     return sitios;
14 }
15 export async function update(data, key) {
16     var sitios = await post('admin/provincias/modificar', data);
17     return sitios;
18 }
```

Figura 22. Código para manejar información de provincias.

## 6.2. Objetivo 2: Evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM

Para llevar a cabo el cumplimiento del presente objetivo, se implementó la fase de pruebas de la metodología XP, a continuación, se detalla las actividades realizadas en la sección 6.2.1.

### 6.2.1. Fase 4: Pruebas

Se realizó las actividades que fueron descritas previamente en la sección 5.3.

#### 6.2.1.1. Evaluación del prototipo web mediante pruebas de aceptación.

Se realizó el proceso de evaluación de aceptación del prototipo web, supervisado y ejecutado por el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en calidad de usuario final y especialista. En este contexto, la **Tabla 9** presenta las pruebas realizadas basadas en las historias de usuario, las cuales se detallan en el **Anexo 7**. Es importante señalar que, tras la primera revisión, se obtuvo un cumplimiento del 90% de las necesidades del usuario final. No obstante, con las observaciones y recomendaciones del especialista, se alcanzó un cumplimiento total de las funcionalidades requeridas.

**Tabla 9.** Pruebas de aceptación basadas en las historias de usuario.

IHU	CP	Estado	FR	FD
H001	Inicio de sesión	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H002	Registro de cuenta	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H003	Edición de cuenta	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H004	Dar de baja cuenta	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H005	Registrar información de provincia	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H006	Editar información de provincia	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H007	Registrar censo eléctrico por sitio (cantón)	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H008	Registrar censo eléctrico por sitio (parroquia)		24/06/2024	24/06/2024
H009	Visualizar la ubicación geográfica	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H010	Administrar irradiación de cantones y parroquias	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H011	Administrar la información del edificio	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H012	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H013	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024

Identificación de Historia de Usuario (IHU); Caso de Prueba (CP); Fecha de Revisión (FR); Fecha de Aceptación (FD).

### 6.2.1.2. Elaboración de encuesta estructurada para el grado de aceptación.

Las preguntas de la encuesta estructurada, detalladas en el **Anexo 8**, fueron aplicadas a usuarios generales y especialistas, con el objetivo de conocer la experiencia de uso y la ayuda brindada en la toma de decisiones referente a la instalación de SFV en los hogares, determinando así el grado de aceptación del prototipo web desde un punto de vista general o uno específico (especialista). La **Tabla 10** muestra las diez preguntas de la encuesta, la cual fue revisada y aprobada por el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., en su calidad de director del presente TIC.

**Tabla 10.** Preguntas de encuesta estructura para evaluar el grado de aceptación.

ID	CP
PEE1	¿Considera que el sistema es sencillo y fácil de usar?
PEE2	¿Encuentra intuitiva la interfaz del sistema al realizar una nueva simulación de instalación de SFV?
PEE3	¿Cree que el sistema proporciona instrucciones claras para realizar una simulación?
PEE4	¿La navegación entre cada sección del sistema es sencilla?
PEE5	¿El sistema proporciona información relevante sobre la instalación de SFV en su localidad?
PEE6	¿El sistema le permite conocer la reducción de costos del consumo eléctrico con la instalación de SFV?
PEE7	¿Considera que el sistema facilita la decisión sobre la instalación de SFV en su hogar?

ID	CP
PEE8	¿El sistema facilita comparar escenarios de consumo, tarifas según localidad y tipo de edificio?
PEE9	¿Planea usar el sistema para realizar nuevas simulaciones de instalación de SFV en su hogar o localidad?
PEE10	¿Recomendaría el sistema a otros interesados en instalar SFV?

Identificador (ID); Contenido de Pregunta (CP); Pregunta de Encuesta Estructurada (PEE).

### 6.2.1.3. Evaluación del grado de aceptación del prototipo basado en la metodología TAM.

El proceso de evaluación para determinar el grado de aceptación del prototipo web se desarrolló basado en la metodología TAM (Technology Acceptance Model), considerando los factores de utilidad percibida y facilidad de uso percibida por los usuarios finales. En términos generales, la metodología TAM permitió realizar un proceso de evaluación flexible, con el propósito de determinar la aceptación y el uso de una tecnología emergente. En este sentido, la ejecución de la evaluación se desarrolló en cinco etapas: introducción al contexto, planificación, diseño, ejecución y análisis de resultados obtenidos. A continuación, se muestran la ejecución de las etapas de la evaluación, las cuales se detallan en el **Anexo 9**.

#### a. Introducción al contexto de la evaluación.

Para evaluar el grado de aceptación del prototipo, fue fundamental comprender su efectividad y uso por parte de los usuarios. De este modo, la evaluación se centró en determinar el grado de aceptación del prototipo web que estima la viabilidad de instalar sistemas fotovoltaicos (SFV) en modalidad de autoconsumo en los hogares.

#### b. Planificación de la evaluación.

La **Tabla 11** muestra los aspectos relevantes del proceso, destacando la duración estimada de cada encuesta, la fecha de evaluación, la definición de los participantes, el contexto de la evaluación, el acceso al formulario de Google, el acceso al sistema desplegado en la red y los factores de evaluación.

**Tabla 11.** Aspectos relevantes para evaluar el grado de aceptación.

Aspecto	Descripción
Participantes	Johanna Elizabeth Ureña Hernández Especialista Director del TIC Estudiantes de la carrera de Computación

Aspecto	Descripción
Duración estimada por encuesta	25 min
PAE	08/07/2024 – 12/07/2024
Contexto de evaluación	Evaluar el grado de aceptación mediante el uso de la aplicación en un ambiente controlado
Acceso a formulario (URLs)	<a href="https://forms.gle/tb3WF6wc3seVBQvL8">https://forms.gle/tb3WF6wc3seVBQvL8</a>
Acceso al sistema (URLs)	<a href="https://computacion.unl.edu.ec/sfv/">https://computacion.unl.edu.ec/sfv/</a>
Factores de evaluación	Utilidad percibida Facilidad de uso percibida

Periodo de Aplicación de la Encuesta (PAE).

### c. Diseño de la evaluación.

El proceso de diseño de la evaluación se realizó en seis actividades, las cuales se detallan en el **Anexo 9**. A continuación, se presenta la ejecución de cada una de ellas:

- **Diseño de las preguntas de encuesta.**

La **Tabla 10** muestra las preguntas de la encuesta detalladas en el **Anexo 8**, las cuales fueron aplicadas a usuarios generales y especialistas, con el propósito de obtener una visión en relación a la experiencia de uso y la efectividad de las simulaciones de la viabilidad de instalar SFV. Posteriormente, se utilizó la escala de Likert para obtener una medida detallada y cuantificable de la percepción de los usuarios finales con respecto al uso del prototipo. En este sentido, la **Tabla 12** exhibe la escala de valoración utilizada que comprende valores del 1 al 5 con su respectivo criterio de decisión para evitar la confusión de los encuestados. Asimismo, estos criterios de decisión se establecieron como respuesta a las interrogantes. Esto permitió recopilar datos que permitieron determinar el grado de aceptación del sistema, identificando así la satisfacción general con el prototipo y las funcionalidades ofrecidas.

**Tabla 12.** Puntuaciones basada en la escala de Likert.

Escala	CD
1	Muy en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Muy de acuerdo

Criterio de Decisión (CD).

- **Determinación de la muestra.**

Para la determinación de la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico por **conveniencia**, el cual permitió seleccionar a los sujetos de prueba acorde a su disponibilidad y

pertinencia para el estudio. Este enfoque permitió la inclusión de usuarios que proporcionaran información de importancia sobre la aceptación y uso del prototipo web. Por lo tanto, se determinó un total de **63 encuestados** entre usuarios generales y especialistas.

- **Establecimiento de variables dependiente e independiente.**

La determinación de las variables permitió establecer con precisión el enfoque de evaluación. Por lo tanto, se consideró al **prototipo web** como variable independiente y al **grado de aceptación** de la aplicación como variable dependiente, basándose en la utilidad de uso percibida y facilidad de uso percibida por parte de los usuarios finales.

- **Formulación de hipótesis.**

La **Tabla 13** muestra la hipótesis formulada para evaluar los resultados de las encuestas aplicadas a los usuarios finales en relación con la variable dependiente.

**Tabla 13.** Formulación de hipótesis.

HN	HA
H <sub>0</sub> : La aplicación no tiene una aceptación entre los usuarios debido a su falta de utilidad y facilidad de uso.	H <sub>1</sub> : ¬H <sub>0</sub>

Hipótesis Nula (HN); Hipótesis Alternativa (HA).

- **Diseño del experimento.**

El diseño de la evaluación se define como **experimental**, ya que permite abordar la variable dependiente al poner a prueba el prototipo web y medir su impacto de aceptación mediante la aplicación de las encuestas a la muestra establecida. Para respaldar la aplicación de estas encuestas, se puede consultar la sección de anexos de la evaluación del **Anexo 9**, donde se muestra la **evidencia fotográfica** que documenta el proceso.

- **Definición de los niveles de puntuación.**

La **Tabla 14** muestra los niveles de puntuación establecidos para cada uno de los criterios de decisión de la escala de Likert. Por otro lado, la **Tabla 15** presenta los rangos de media ponderada para cada criterio de decisión y su respectiva escala. El propósito de estas tablas es facilitar la interpretación de los resultados y la hipótesis planteada.

**Tabla 14.** Asignación de niveles de puntuación.

CD	NP
Muy en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

Criterio de Decisión (CD); Nivel de Puntuación (NP).

**Tabla 15.** Rangos de aceptación basado en la media ponderada.

CD	RMP	Escala
Muy en desacuerdo	1.0 a 1.4	Muy baja
En desacuerdo	1.5 a 2.4	Baja
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	2.5 a 3.4	Media
De acuerdo	3.5 a 4.4	Alta
Muy de acuerdo	4.5 a 5.0	Muy alta

Criterio de Decisión (CD); Rango de Media Ponderada (RMP).

#### d. Ejecución de la evaluación.

Se llevó a cabo el proceso de evaluación aplicando la encuesta a la muestra establecida, seguida de la tabulación de los resultados. A continuación, en la **Tabla 16** se presenta la recopilación de los resultados obtenidos, mostrando los porcentajes correspondientes a cada uno de los criterios de decisión de la **Tabla 14**.

**Tabla 16.** Resultados de evaluación.

Identificador	CD				
	Muy en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Muy de desacuerdo (%)
PE1	-	4.8	9.5	58.7	27
PE2	-	3.2	12.7	60.3	23.8
PE3	19	12.7	11.1	50.8	6.4
PE4	-	-	4.8	63.5	31.7
PE5	1.6	1.6	20.6	47.6	28.6
PE6	-	3.2	9.5	60.3	27
PE7	-	1.6	19	50.8	28.6
PE8	-	1.6	14.3	57.1	27
PE9	1.6	3.2	14.3	54	27
PE10	-	-	6.3	61.9	31.7

Pregunta de Encuesta (PE); Criterio de Decisión (CD).

En la **Tabla 17** se recopilan los resultados mostrando la frecuencia absoluta junto con su correspondiente relación en porcentajes, la cual se puede observar a mayor detalle en el

**Anexo 9.** Esto permite conocer el número de respuestas asignadas a cada criterio de decisión facilitando la asignación de las frecuencias absolutas de la **Tabla 19**.

**Tabla 17.** Resultados de la evaluación con frecuencias absolutas.

CD	PE1 fi	PE2 fi	PE3 fi	PE4 fi	PE5 fi	PE6 fi	PE7 fi	PE8 fi	PE9 fi	PE10 fi
MD	-	-	12	-	1	-	-	-	1	-
ED	3	2	8	-	1	2	1	1	2	-
NAND	6	8	7	3	13	6	12	9	9	4
AD	37	38	32	40	30	38	32	36	34	39
MA	17	15	4	20	18	17	18	17	17	20
<b>Total</b>	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63

Criterio de Decisión (CD); Pregunta de Encuesta (PE); Muy en Desacuerdo (MD); En Desacuerdo (ED); Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (NAND); De acuerdo (AD); Muy de Acuerdo (MA); Frecuencia Absoluta (fi).

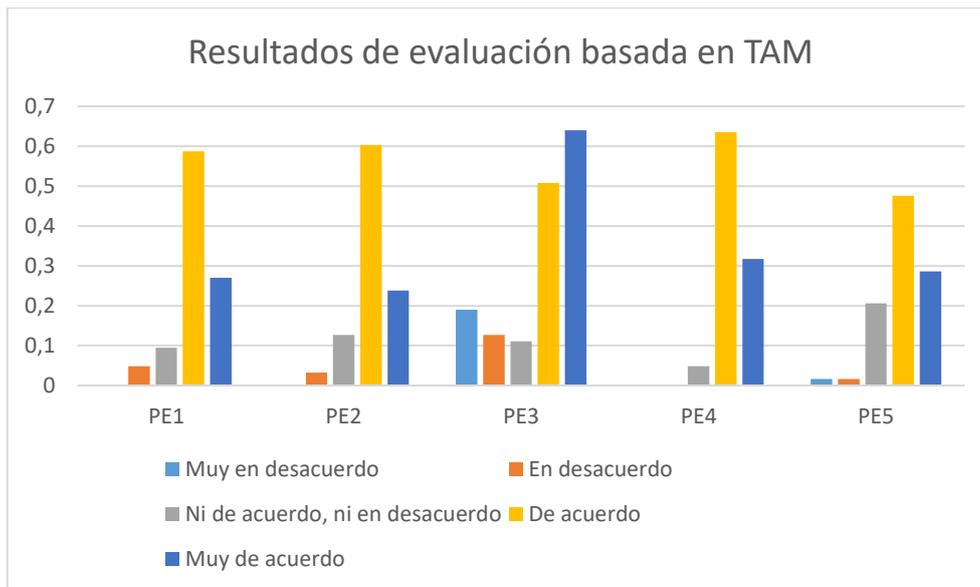
#### e. Análisis de los resultados.

Se analizaron los resultados de cada pregunta de la encuesta, y finalmente, se concluyó la evaluación con la decisión acerca de la hipótesis planteada.

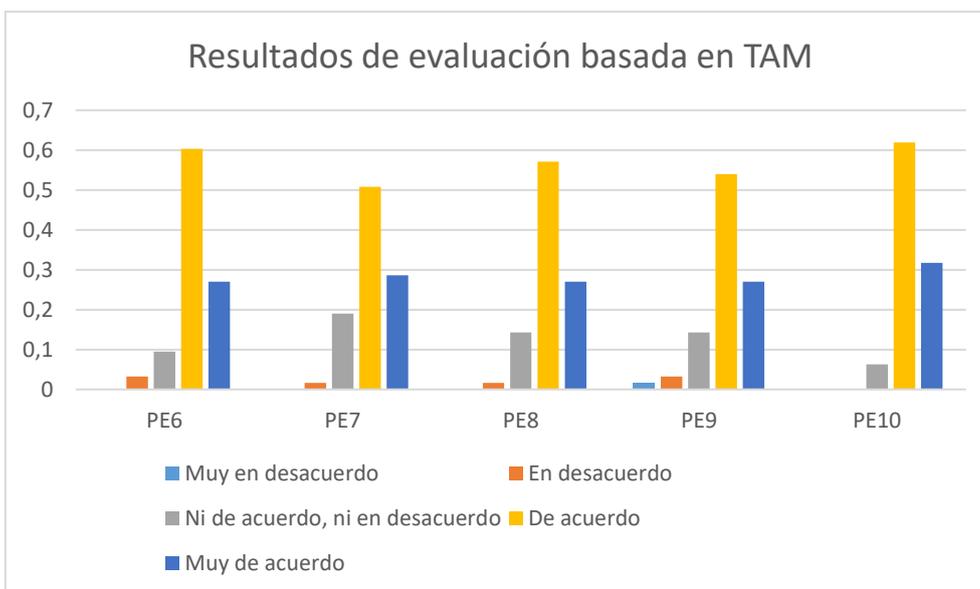
- **Interpretación gráfica de los resultados.**

Analizar los resultados de cada pregunta de la encuesta es fundamental para comprender la distribución de las respuestas entre los criterios de decisión, lo cual proporciona una perspectiva integral sobre la percepción de uso y utilidad de la aplicación por parte de los usuarios finales. Por lo tanto, el análisis permitió elaborar la interpretación general de la encuesta, la cual fue aplicada a un total de **63 participantes**.

En la **Figura 23** y **Figura 24** se presentan los gráficos de barras que muestran el valor porcentual obtenido por los criterios de decisión según la escala de Likert para cada pregunta de la encuesta. En los gráficos, el eje y representa los valores porcentuales con un máximo del 70%, el cual es el valor más alto alcanzado. Además, el eje x muestra la identificación de las preguntas (P), de las cuales se derivan las barras que representan el valor alcanzado por los criterios.



**Figura 23.** Resultados de la evaluación (PE1-PE5).



**Figura 24.** Resultados de la evaluación (PE6-PE7).

Acorde a los resultados de la encuesta aplicada, mostrados en la **Figura 23** y **Figura 24**, se revela que el 58.7% de los encuestados están de acuerdo con la facilidad de uso del sistema, mientras que el 27% manifiesta que está convencido, un 9.5% se muestra indeciso y el 4.8% está en desacuerdo. En cuanto a la capacidad de la interfaz para ser intuitiva, el 60.3% está de acuerdo, mientras que el 23.8% manifiesta que está convencido, el 12.7% se muestra indeciso y el 3.2% está en desacuerdo. Respecto a las instrucciones proporcionadas por el sistema, el 50.8% está de acuerdo, pero solo el 6.3% está convencido con la eficiencia de las instrucciones, además, un 11.1% está indeciso, el 12.7% está en desacuerdo y el 19%

completamente en desacuerdo. Por otro lado, en relación a la facilidad de navegación interna, el 63.5% está de acuerdo, mientras que el 31.7% está muy de acuerdo y el 4.8% está indeciso. Acerca de la información y guía proporcionadas por la aplicación, el 47.6% está de acuerdo, el 28.6% se siente convencido, mientras que el 20.6% se muestra indeciso, un 1.6% no está de acuerdo y otro 1.6% está completamente en desacuerdo. En relación con la información proporcionada sobre la reducción de costos a partir de la simulación, el 60.3% está de acuerdo y el 27% se siente convencido, mientras que el 9.5% se muestra indeciso y el 3.2% está en desacuerdo. Así mismo, acerca de la ayuda brindada para la toma de decisiones, el 50.8% está de acuerdo y el 28.8% está completamente convencido, mientras que el 19% se muestra indeciso y el 1.6% está en desacuerdo. En relación con la asistencia para comparar tarifas de pago, el 57.1% está de acuerdo y el 27% está convencido, mientras que el 14.3% se muestra indeciso y el 1.6% está en desacuerdo. Respecto al uso reiterativo de la aplicación, el 54% está de acuerdo en que la utilizarán, y el 27% está convencido de ello, mientras que el 14.3% se muestra indeciso, un 3.2% está en desacuerdo y el 1.6% no se convenció. Finalmente, en cuanto a la recomendación de la aplicación, el 61.9% está de acuerdo sobre la utilidad y los beneficios ofrecidos, mientras que solo el 31.7% está convencido y el 6.3% se muestra indeciso.

- **Evaluación de la hipótesis.**

Para evaluar la hipótesis, primeramente, se asignaron las puntuaciones de los criterios de decisión de la **Tabla 14** a cada una de respuesta de las encuestas, como se detalla en la **Tabla 18**. Este proceso facilitó la manipulación de los datos para identificar los criterios de decisión predominantes y con ello aceptar o rechazar las hipótesis.

**Tabla 18.** Asignación de valores para los criterios de decisión.

EC	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10
1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	3	4	3	5	4	4	4	4
3	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	3	1	4	4	4	3	4	4	4
8	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5
9	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	3	5	3	5	5	5	5	4
12	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4

EC	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10
13	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
14	4	3	4	4	1	4	3	3	1	4
15	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4
16	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3
17	2	2	2	4	3	3	3	3	2	3
18	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4
19	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5
20	2	4	2	4	3	4	3	4	3	4
21	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	5	5	4	3	4	5	4	5	4	5
24	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5
25	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
27	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	5	5	1	5	5	5	5	5	3	5
29	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
30	5	5	4	5	4	2	5	4	5	4
31	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
32	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
33	4	4	2	5	5	4	4	4	4	4
34	5	4	1	5	5	4	4	5	4	5
35	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
37	4	2	5	4	4	4	3	4	2	4
38	4	4	2	4	4	4	5	4	4	4
39	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
40	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5
41	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4
42	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
43	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
44	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
45	4	4	2	4	4	4	3	4	3	4
46	4	3	2	4	3	4	4	3	3	4
47	2	3	2	4	3	4	3	3	4	3
48	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4
49	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
50	3	4	4	4	2	2	3	3	3	4
51	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5
52	4	4	1	5	4	5	4	4	5	4
53	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4
54	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4
55	4	4	2	4	4	3	3	4	4	4
56	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4
57	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

EC	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10
58	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
59	4	4	4	4	4	3	2	2	4	4
60	4	4	1	4	4	3	4	4	5	5
61	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
62	4	4	1	4	5	5	5	4	5	4
63	5	5	3	5	3	4	4	4	4	4

Encuesta (EC); Pregunta de Encuesta (PE).

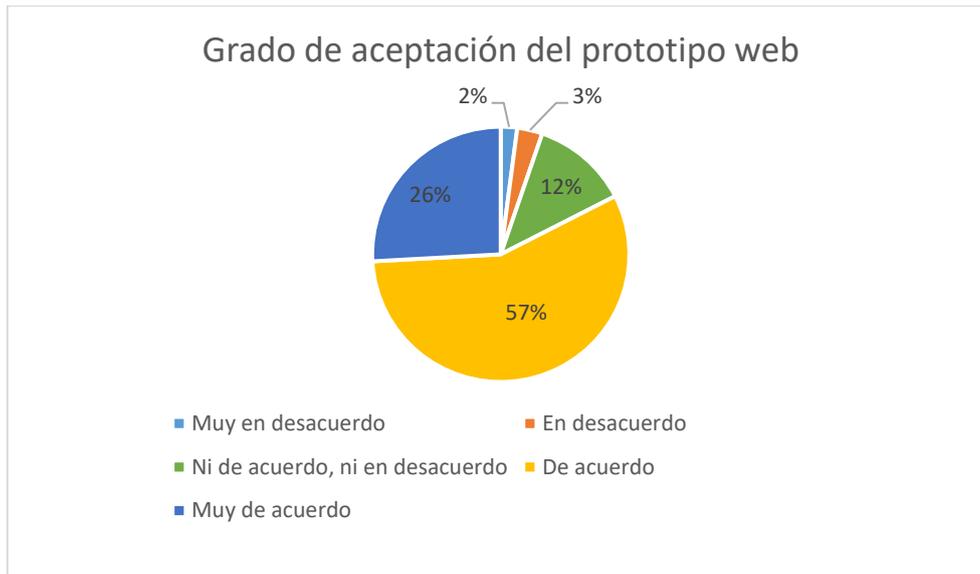
Posteriormente, para evaluar los datos obtenidos se realizó la sumatoria de las frecuencias de cada respuesta para conocer la frecuencia acumulada de cada criterio de decisión establecido en la escala de Likert, como se muestra en la **Tabla 19**. Se destaca que, para verificar la validez de los valores de frecuencia absoluta mostradas en la **Tabla 19** deben ser los mismos de la **Tabla 17**.

**Tabla 19.** Cálculo de frecuencias por criterio de decisión.

CD	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	F
MD	0	0	11	0	1	0	0	0	1	0	13
ED	3	2	8	0	1	2	1	1	2	0	20
NAND	6	8	7	3	13	6	12	9	9	4	77
AD	37	38	32	40	30	38	32	36	34	40	357
MA	17	15	5	20	18	17	18	17	17	19	163
<b>Total</b>	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	<b>630</b>

Criterio de Decisión (CD); Pregunta de Encuesta (PE); Muy en Desacuerdo (MD); En Desacuerdo (ED); Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (NAND); De acuerdo (AD); Muy de Acuerdo (MA); Frecuencia Absoluta Acumulada (F).

Finalmente, para llegar a la interpretación definitiva antes de aceptar o rechazar la hipótesis, se elaboró el gráfico de barras presentado en la **Figura 25**. Este gráfico tiene como propósito mostrar cuales son los criterios de mayor incidencia, revelando una predominancia de las respuestas “De acuerdo” y “Muy de acuerdo” en la evaluación del grado de aceptación del prototipo web. Esta información se basa en los valores de frecuencia acumulada de la **Tabla 19**.



**Figura 25.** Grado de aceptación del prototipo.

### Con media ponderada

La **Tabla 20** muestra los valores de la media ponderada para cada pregunta de la encuesta (PE1 a PE10) en relación a los porcentajes obtenidos para cada criterio de decisión de la escala de Likert. Asimismo, para conocer la escala en la que se encuentra cada media ponderada se utilizó los rango de media de la **Tabla 15**. Para la media ponderada se aplicó la siguiente ecuación (15):

$$\bar{x}_p = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (15)$$

Donde:

- $\bar{x}_p$  = es la media ponderada
- $x_i$  = son los valores asignados a los criterios
- $w_i$  = son los porcentajes de las respuestas

**Tabla 20.** Resultados de media ponderada.

MP	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10
Valor	4.09	4.05	3.14	4.27	4.00	4.11	4.06	4.10	4.03	4.24
Escala	Alta	Alta	Media	Alta						

Media Ponderada (MP); Pregunta de Encuesta (PE).

A partir de los resultados de la media ponderada para cada pregunta de la encuesta (ver **Tabla 20**), se calcula el promedio general obteniendo un resultado de 4.00. Para este proceso se aplicó la ecuación de la media aritmética (16).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (16)$$

Donde:

- $\bar{x}$  = es la media aritmética
- $x_i$  = son los valores promediar
- $n$  = es el número total de valores

#### **Finalización de análisis:**

La **Figura 25** muestra un gráfico pastel que presenta los porcentajes de predominancia de los criterios de decisión sobre la evaluación. Se destaca que el criterio “De acuerdo” alcanza un 57%, mientras que el criterio “Muy de acuerdo” representa un 26%. Por otro lado, el criterio “Ni de acuerdo, ni en desacuerdo” alcanza un 12%, el criterio “En desacuerdo” alcanza un 3%, y finalmente, el criterio “Muy en desacuerdo” representa un 2% en relación con el nivel de aceptación del prototipo web. Además, al calcular la media ponderada y obtener un promedio general de 4.00, y al relacionarlo con los valores de calidad establecidos en la **Tabla 15**, se establece que la calidad se considera como “Alta”, lo que sugiere que la aceptación del sistema es buena entre los usuarios ya que se encuentra en el criterio de decisión “De acuerdo”.

Estos resultados indican que la mayoría de los usuarios toman la aplicación como fácil de usar y de gran utilidad en su campo de implementación. En este sentido, el alto porcentaje de respuestas positivas sugiere que el prototipo cumple con las expectativas de los usuarios generales y puede ser considerada como una herramienta valiosa. Además, el resultado indica que, con el 83% de los encuestados manifestando estar de acuerdo o convencidos de su utilidad, el prototipo tiene un alto grado de aceptación lo que podría facilitar su adopción y uso. En consecuencia, basado en los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  (ver **Tabla 13**).

#### **6.2.1.4. Elaboración del manual de usuario.**

Se elaboró un manual de usuario como guía explicativa para facilitar el uso del prototipo web y resolver las dudas acerca de su utilización. Este manual presenta la descripción y explicación de las funcionalidades disponibles, destacando la calculadora fotovoltaica como la operación principal, que se encarga de mostrar los resultados de la simulación sobre la utilización de SFV en una zona específica. Para acceder al manual de usuario seguir el siguiente enlace:

- **Manual de usuario – Simulación SFV** (Recurso digital)

## 7. Discusión

En la presente sección se expone la discusión para cada objetivo específico que guiaron el desarrollo y ejecución del presente TIC, por lo tanto, en la sección **7.1** se elaboró la discusión del primer objetivo específico, mientras que la sección **7.2** aborda el segundo objetivo específico.

### **7.1. Objetivo 1: Desarrollar el prototipo planteado en base a los requerimientos usando la metodología XP y aplicando tecnologías basadas en Python y JavaScript**

El uso de la metodología XP, al igual que en los estudios [56], [57], demostró ser un enfoque efectivo para el desarrollo exitoso del prototipo web, facilitando la organización adecuada de las actividades en sus diferentes fases. Además, permitió trabajar en grupos reducidos, adaptarse a los cambios constantes de requisitos debido a la participación activa de las partes interesadas y gestionar apropiadamente los requisitos e historias de usuario. La fase de planeación fue fundamental, ya que permitió capturar los requisitos de las partes interesadas mediante el uso de entrevistas estructuradas (ver **Anexo 1**, **Anexo 2**). En este contexto, la entrevista facilitó la formulación y aplicación de las preguntas en un contexto de investigación específico, permitiendo así la recopilación de información asociada al proceso de simulación y las variables necesarias para el mismo. Con la información obtenida de las entrevistas, se realizó la especificación de las 13 historias de usuario, detalladas en el **Anexo 3**, con el propósito de conocer las necesidades específicas del usuario final y expresarlas claramente a través de los criterios de aceptación. Este proceso permitió definir los requisitos del sistema utilizando el estándar IEEE 830, lo que facilitó la definición clara y precisa de 11 requisitos funcionales y 8 requisitos no funcionales, detallados en el **Anexo 4**. El uso de este estándar permitió realizar un seguimiento de las necesidades a lo largo del ciclo de vida de desarrollo de software, verificando el cumplimiento de cada requisito en el diseño, la implementación y las pruebas del sistema.

En la fase de diseño, la construcción de la arquitectura empleando el modelo arquitectónico 4+1 (ver **Anexo 5**) resultó ser adecuada, similar a lo mencionado en los estudios [58], [59]. Este enfoque permitió obtener una arquitectura del sistema bien estructurada, abarcando desde un punto de vista general hasta un punto de vista técnico, lo cual se logró a través de las cinco vistas específicas. En este sentido, se identificaron 10 escenarios de uso a través del diagrama de casos de uso general, y se definieron los componentes individuales del backend

y frontend, así como sus conexiones, mediante el diagrama de componentes. Asimismo, la construcción del diagrama de clases permitió identificar 8 entidades, los datos que las conforman y sus relaciones existentes. Además, el diagrama de despliegue facilitó la planificación del despliegue del prototipo destacando las conexiones físicas entre los componentes. Posteriormente, en la fase de codificación, se destaca la participación activa del cliente por lo cual se realizó reuniones constantes con la parte interesada para verificar el avance de la codificación de las funcionalidades. Cabe mencionar que, este proceso tomo un tiempo considerable, específicamente 4 meses, para lograr el cumplimiento de las necesidades del usuario. Durante el proceso, se destaca la utilización de un servicio web API-REST, lo que facilitó la administración de peticiones entre el backend y el frontend del sistema otorgando la posibilidad de manejar con precisión los cálculos de la simulación.

## **7.2. Objetivo 2: Evaluar el grado de aceptación del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en un ambiente simulado basado en la metodología TAM**

La evaluación del prototipo se llevó a cabo con el propósito de verificar el grado de aceptación del sistema y el cumplimiento de las necesidades del usuario final establecidas en el **Anexo 3**. En este sentido, el plan de pruebas de aceptación detallado en el **Anexo 7**, facilitó la verificación del cumplimiento de las necesidades del usuario. Según los estudios [60]–[62], este tipo de pruebas permite determinar el porcentaje de cumplimiento de las necesidades y encontrar posibles mejoras en el desempeño del sistema. En base a esta afirmación, al llevar a cabo la evaluación se determinó el cumplimiento total (100%) de las necesidades, lo cual se determina a través de las fechas de revisión y de aceptación de la **Tabla 9**.

Con base a los resultados obtenidos por los estudios [63]–[65], se evaluó la idoneidad de la utilización del método de muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de los participantes, considerando su disponibilidad y proximidad al investigador. Este enfoque permitió acceder con facilidad a los sujetos de estudio que representa una porción de la población general. En este sentido, para la investigación se determinó una muestra de **63 participantes**, la cual se justificó por las limitaciones de tiempo y recursos.

De este modo, respaldado por los estudios [66]–[69], se verifica que la metodología TAM permite determinar el nivel de aceptación de un sistema en una porción de la población general. Por lo tanto, tomando como base esta metodología, similar a los estudios [66], [68], se llevó a cabo la evaluación del grado de aceptación del prototipo web (ver **Anexo 9**), donde se

evaluaron dos factores clave: la facilidad de uso percibida y la utilidad percibida. En este sentido, a través de la aplicación de encuestas a la muestra seleccionada, se obtuvo que el **83%** de los encuestados (ver **Figura 25**) expresó una respuesta predominante para el criterio de decisión "De acuerdo" y "Muy de acuerdo" según la escala de Likert de la **Tabla 12**. Además, al calcular la media ponderada para cada criterio de decisión, se obtuvo un promedio general de **4.00**, lo cual, al compararse con los criterios de calidad de la **Tabla 15**, se considera como "Alta".

Los resultados obtenidos permitieron dar respuesta a la pregunta de investigación planteada: ¿Cuál es el grado de aceptación del prototipo web que permita calcular la energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso de modelamiento matemático?, demostrando que el prototipo web tiene un alto grado de aceptación entre los usuarios, ya que, los resultados fluctúan entre el criterio de decisión "De acuerdo" y "Muy de acuerdo" de la escala de Likert. Este grado de aceptación indica que el prototipo es percibido como útil y fácil de usar por los usuarios, lo que fortalece su potencial para ser implementado y utilizado en la práctica. Asimismo, se infiere que el prototipo ayuda en la toma de decisiones sobre la utilización de energías renovables, proporcionando una herramienta libre, gratuita y confiable para evaluar la viabilidad y el impacto de la instalación de SFV en las zonas residenciales de Ecuador. Además, al ofrecer simulaciones precisas con información detallada, el prototipo permite a los usuarios realizar análisis y considerar diversos escenarios antes de implementar el uso de SFV.

## 8. Conclusiones

Tras finalizar el presente TIC se concluye lo siguiente:

- La utilización de la metodología XP permitió organizar las actividades en cada una de sus fases facilitando la documentación del prototipo y el proceso de codificación mediante la planificación previa de las iteraciones.
- El uso de la técnica de recolección de datos estructurada facilitó abordar el contexto de la investigación mediante la planificación de las interrogantes centradas en el estudio. Las siete preguntas formuladas permitieron recopilar la información relevante, lo que dio paso a la especificación de las historias de usuario y la posterior definición de los requisitos según el estándar IEEE 830.
- Las cinco vistas del modelo arquitectónico 4+1 permitieron mostrar la estructura de la arquitectura del prototipo, lo cual facilitó la identificación de los escenarios de operación y su relación con los actores (usuario finales), el manejo de los datos y los componentes individuales, así como las dependencias existentes.
- La participación activa de las partes interesadas, junto con la revisión de los trabajos relacionados, permitió establecer con claridad las necesidades y determinar las variables que se incluyeron en el proceso de cálculo para obtener los resultados de la simulación de viabilidad de los SFV, evitando así resultados semejantes a los de otros estudios.
- El modelado matemático permitió obtener cálculos precisos en el marco de la investigación, facilitando la toma de decisiones relacionadas a la necesidad de instalar SFV en sectores residenciales. Estos cálculos posibilitaron a los usuarios conocer la fiabilidad de la instalación de un SFV y la reducción del consumo de energía eléctrica.
- El uso de la metodología TAM, junto con la escala de Likert que permitió establecer los criterios de decisión, facilitó la evaluación del grado de aceptación del prototipo por parte de los usuarios finales. Esto se logró a través de los factores de facilidad de uso percibida y la utilidad percibida, lo que resultó en un alto grado de aceptación, ya que, se obtuvo una media ponderada de 4.4 y el 83% de los encuestados están convencidos con las funcionalidades ofrecidas por el sistema.
- El desarrollo del prototipo web para la estimación de la factibilidad de instalar SFV facilitó la toma de decisiones informadas para determinar la viabilidad técnico y

económica del instalar estos sistemas. Esta afirmación se respalda en el alto grado de aceptación por parte de los usuarios, obtenido con la evaluación de aceptabilidad usando TAM. Este resultado se logró gracias a la sección de la calculadora fotovoltaica, la cual permite datos sobre la ubicación, las propiedades del edificio, las tarifas de consumo y los detalles del sistema fotovoltaico. Además, el sistema presenta la posibilidad de realizar una simulación alternativa, en la cual se ingresan los valores propios de irradiación solar mensual y su promedio anual. De esta forma, el sistema, con el uso del modelamiento matemático, muestra los cálculos sobre la factura eléctrica mensual, el ahorro anual, el costo de instalación y el retorno de inversión.

## **9. Recomendaciones**

Tras finalizar el presente TIC se recomienda lo siguiente:

- Realizar una revisión de estudios en la misma línea de investigación tiene como propósito identificar los aspectos que se han abordado previamente, con el fin de comprender las limitaciones y alcances obtenidos para evitar repetir hallazgos y buscar nuevos enfoques de implementación.
- Adoptar la arquitectura de tres capas en el desarrollo de aplicaciones web, ya que ofrece una serie de ventajas tales como, mejorar la mantenibilidad al separar las capas, lo que facilita el mantenimiento del sistema. Además, promueve la flexibilidad al permitir el uso de diferentes tecnologías y herramientas.
- El uso de la metodología TAM para determinar la aceptación de un sistema en una porción de la población general, ya que, la evaluación de la utilidad percibida y facilidad de uso percibida por parte de los usuarios finales facilita la obtención de una visión precisa sobre la calidad de las funcionalidades ofrecidas.

### **9.1. Trabajos futuros**

El prototipo web para la estimación de la viabilidad de instalar SFV facilita la toma de decisiones informadas sobre el uso de estos sistemas, No obstante, existen áreas de mejora y oportunidades para la expansión de funcionalidades en futuras etapas de desarrollo. Por lo tanto, como factor principal, se prevé la integración de la configuración de simulaciones tanto para la modalidad de autoconsumo como para la modalidad de consumo directo. Además, se contempla el acceso a más fuentes de irradiación solar con el propósito de aumentar la precisión de las simulaciones y mejorar la calidad de la información para la toma de decisiones.

## 10. Bibliografía

- [1] P. G. V. Sampaio and M. O. A. González, “Photovoltaic solar energy: Conceptual framework,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 74, pp. 590–601, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>.
- [2] C. Ramírez-Márquez and M. Martín, “Chapter 10 - Photovoltaic solar energy,” M. B. T.-S. D. for R. P. Martín, Ed., Elsevier, 2022, pp. 397–439. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824324-4.00029-9>.
- [3] A. O. M. Maka and J. M. Alabid, “Solar energy technology and its roles in sustainable development,” *Clean Energy*, vol. 6, no. 3, pp. 476–483, Jun. 2022, doi: [10.1093/ce/zkac023](https://doi.org/10.1093/ce/zkac023).
- [4] J. Novoa, M. Alfaro, I. Alfaro, and R. Guerra, “Determining the efficiency of a mini photovoltaic solar panel: A laboratory experience in renewable energy,” *Educ. Química*, vol. 31, no. 2, pp. 22–37, Jan. 2020, doi: [10.22201/fq.18708404e.2020.2.70300](https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70300).
- [5] T. Díaz, “El autoconsumo explota: unos 100 millones de hogares se pondrán un tejado solar en cinco años,” *elEconomista*, 2019. <https://www.economista.es/empresas-finanzas/noticias/10148949/10/19/El-autoconsumo-explota-unos-100-millones-de-hogares-se-pondran-un-tejado-solar-en-cinco-anos.html>
- [6] A. Kaleshwarwar and S. Bahadure, “Validating the credibility of solar simulation tools using a real-world case study,” *Energy Build.*, vol. 301, p. 113697, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113697>.
- [7] M. S. Islam, F. Islam, and M. A. Habib, “Feasibility Analysis and Simulation of the Solar Photovoltaic Rooftop System Using PVsyst Software,” *Int. J. Educ. Manag. Eng.*, vol. 12, pp. 21–32, Dec. 2022, doi: [10.5815/ijeme.2022.06.03](https://doi.org/10.5815/ijeme.2022.06.03).
- [8] S. Ezzat Nousir, W. Refaat Anis, M. Abouelatta, G. Samir Adly, and M. A. Abdelaal, “Developing Techno-economic GUI-based Software for On-grid, and Off-grid Photovoltaic Systems Sizing,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 15, no. 3, p. 102508, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102508>.
- [9] E. R. Rivas Celi and D. G. Tapia Peralta, “Análisis de factibilidad de un sistema de generación fotovoltaica para el sector residencial de la ciudad de Loja,” Universidad

- Nacional de Loja, 2015. [Online]. Available: [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11696/1/Rivas Celi%2C Edgar Rafael.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11696/1/Rivas_Celi%2C_Edgar_Rafael.pdf)
- [10] J. C. Solano, V. Herrera, Á. Ordóñez, M. Caraballo, and A. Lozano, “Economic Analysis of Residential Photovoltaic Self-Consumption in Ecuador: Simulation Tool BT - Congress on Research, Development, and Innovation in Renewable Energies: Selected Papers from CIDiER 2023,” in *Congress on Research, Development, and Innovation in Renewable Energies*, M. Espinoza-Andaluz, E. Melo Vargas, J. Santana Villamar, Á. Encalada Dávila, and B. Ordóñez-Saca, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 57–69. doi: 10.1007/978-3-031-52171-3\_4.
- [11] W. Zhang, B. Li, R. Xue, C. Wang, and W. Cao, “A systematic bibliometric review of clean energy transition: Implications for low-carbon development,” *PLoS One*, vol. 16, no. 12, p. e0261091, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0261091.
- [12] C. Gamarra and J. J. Ronk, “Floating Solar: An Emerging Opportunity at the Energy-Water Nexus,” *Texas Water J.*, vol. 10, no. 1, pp. 32–45, 2019, doi: 10.21423/twj.v10i1.7050.
- [13] D. Acemoglu, U. Akcigit, D. Hanley, and W. Kerr, “Transition to clean technology,” *J. Polit. Econ.*, vol. 124, no. 1, pp. 52–104, 2016, doi: 10.1086/684511.
- [14] D. Acemoglu, P. Aghion, L. Bursztny, and D. Hemous, “The environment and directed technical change,” *Am. Econ. Rev.*, vol. 102, no. 1, pp. 131–166, 2012, doi: 10.1257/aer.102.1.131.
- [15] S. Griffith, “ELECTRIFY: AN OPTIMIST’S PLAYBOOK FOR OUR CLEAN ENERGY FUTURE,” in *Electrify: An Optimist’s Playbook for Our Clean Energy Future*, MIT Press, 2021, pp. 1–8. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9603331>
- [16] J. Nathwani and D. M. Kammen, “Affordable Energy for Humanity: A Global Movement to Support Universal Clean Energy Access,” *Proc. IEEE*, vol. 107, no. 9, pp. 1780–1789, 2019, doi: 10.1109/JPROC.2019.2918758.
- [17] J. Andrade, L. Álvarez, J. Romero, and F. Bonifaz, “Los paneles solares como elementos sostenibles del turismo en zonas costeras,” *Polo del Conoc.*, vol. 7, no. 6, pp. 957–969,

2022, doi: 10.23857/pc.v7i6.

- [18] G. S. Inca Yajamín, D. F. Cabrera Carrión, D. F. Villalta Gualán, R. C. Bautista Zurita, and H. D. Cabrera Carrion, “Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas,” *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.*, vol. 7, no. 3, pp. 9493–9509, 2023, doi: 10.37811/cl\_rcm.v7i3.6835.
- [19] P. Vasko, A. Verbovij, A. Moroz, S. Pazych, M. Ibragimova, and L. Sahno, “Concept of Accumulation of Energy from Photovoltaic and Wind Power Plants by Means of Seawater Pumped Hydroelectric Energy Storage,” in *2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*, 2019, pp. 188–191. doi: 10.1109/ESS.2019.8764167.
- [20] L. A. Iturralde Carrera, E. Molina Santana, J. A. Ramírez Ramírez, R. A. Martínez Sánchez, and E. M. López Alemán, “Influencia de la gestión energética y utilización de fuentes renovables de energía,” *Energías Renov.*, vol. 9, no. 48, 2023, doi: 10.59730/rer.v9n48a4.
- [21] B. A. Buffa, “Técnicas de modelado matemático. Desarrollo y aplicaciones,” Universidad Nacional de Cordova, 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11086/29110>
- [22] A. G. Vera-Dávila, J. C. Delgado-Ariza, and S. B. Sepúlveda-Mora, “Validation of the mathematical model of a solar panel using Matlab/Simulink tool,” *Rev. Investig. Desarro. e Innovación*, vol. 8, no. 2 SE-Articles, pp. 343–356, Jun. 2018, doi: 10.19053/20278306.v8.n2.2018.7972.
- [23] A. Acevedo-Luna and A. Morales-Acevedo, “Study of validity of the single-diode model for solar cells by I–V curves parameters extraction using a simple numerical method,” *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. 29, no. 18, pp. 15284–15290, 2018, doi: 10.1007/s10854-018-8793-x.
- [24] P. N. Roldán and J. A. Ludeña, “Modelo matemático: Qué es, para qué sirve y tipos,” *Economipedia*, 2024. <https://economipedia.com/definiciones/modelo-matematico.html>
- [25] S. Huang and N. Fang, “Work in progress: Early prediction of students’ academic performance in an introductory engineering course through different mathematical modeling techniques,” in *2012 Frontiers in Education Conference Proceedings*, 2012,

- pp. 1–2. doi: 10.1109/FIE.2012.6462242.
- [26] D. V Obraztsov, M. N. Dutov, and V. N. Chernyshov, “Mathematical Modeling of the Synthesis of Island Catalysts for Monitoring and Controlling the Process of Their Formation on the Surface of the Electrolyte of Solid Oxide Fuel Cells,” in *2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*, 2021, pp. 774–777. doi: 10.1109/SUMMA53307.2021.9632062.
- [27] R. Perez, R. Seals, P. Ineichen, R. Stewart, and D. Menicucci, “A new simplified version of the perez diffuse irradiance model for tilted surfaces,” *Sol. Energy*, vol. 39, no. 3, pp. 221–231, 1987, doi: [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(87\)80031-2](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(87)80031-2).
- [28] B. Y. H. Liu and R. C. Jordan, “The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation,” *Sol. Energy*, vol. 4, no. 3, pp. 1–19, 1960, doi: [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(60\)90062-1](https://doi.org/10.1016/0038-092X(60)90062-1).
- [29] E. Zalamea-León and F. Quesada, “Criterios de integración de energía solar activa en arquitectura : potencial tecnológico y consideraciones proyectuales.,” *Rev. Arquit.*, vol. 19, no. 1 SE-Tecnología, medioambiente y sostenibilidad, pp. 56–69, Jun. 2017, doi: 10.14718/RevArq.2017.19.1.1018.
- [30] R. Camara, A. Alves, I. Monte, and M. Marinho, “Agile Global Software Development: A Systematic Literature Review,” in *Proceedings of the XXXIV Brazilian Symposium on Software Engineering*, in SBES '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, pp. 31–40. doi: 10.1145/3422392.3422411.
- [31] A. O. Elfaki, “Introducing Script as a Software Design Tool for Agile Software Development Methodology,” in *2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT-1441)*, 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICCIT-144147971.2020.9213766.
- [32] P. Roger S., *Software engineering: A practitioner's approach.*, 6th ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.
- [33] H. K. Flora and S. V Chande, “A review and anaysis on mobile application development processes using agile methodlogies,” *Int. J. Res. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 4, p. p.9, 2013, doi: 10.7815/ijorcs.34.2013.068.

- [34] Mirta E. Navarro. MG, Marcelo P. Moreno. MG, Juan Aranda. LIC, Lorena Parra. LIC, José R. Rueda. LIC, and Juan Cruz Pantano. LIC, “Selección de Metodologías Ágiles e Integración de Arquitecturas de Software en el Desarrollo de Sistemas de Información,” *sedici XIX Work. Investig. en Ciencias la Comput.*, pp. 632–636, 2016, [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62179>
- [35] L. Sadath, K. Karim, and S. Gill, “Extreme programming implementation in academia for software engineering sustainability,” in *2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, Feb. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICASET.2018.8376925.
- [36] M. Rachmaniah, M. M. Krismanti, and M. I. Darissalam, “Tokocabai Marketplace Application based on Web Using Extreme Programming Method,” in *2020 International Conference on Computer Science and Its Application in Agriculture (ICOSICA)*, 2020, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICOSICA49951.2020.9243214.
- [37] D. A. Aráuz Moya, “Evaluación entre las metodologías de desarrollo de Software XP - RUP y su aplicación en la construcción de un sistema para la gestión de una estética. Caso de estudio: Cadama Estética,” Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/19691>
- [38] S. Masuda, J. Hagar, Y. Nishi, and K. Suzuki, “Software Test Architecture Definition by Analogy with Software Architecture,” in *2022 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)*, IEEE, Apr. 2022, pp. 244–247. doi: 10.1109/ICSTW55395.2022.00050.
- [39] M. J. Blas and S. Gonnet, “Using Model-to-Model Transformations for Web Software Architecture Simulation,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 20, no. 4, pp. 545 – 552, 2022, doi: 10.1109/TLA.2022.9675459.
- [40] J. Correia and A. Rito Silva, “Identification of monolith functionality refactorings for microservices migration,” *Softw. - Pract. Exp.*, vol. 52, no. 12, pp. 2664 – 2683, 2022, doi: 10.1002/spe.3141.
- [41] C. B. Reynoso, *Introducción a la Arquitectura de Software*, vol. 33. 2004.
- [42] A. Clementi, E. Natale, and I. Ziccardi, “Parallel Load Balancing on Constrained Client-Server Topologies,” in *Proceedings of the 32nd ACM Symposium on Parallelism in*

- Algorithms and Architectures*, in SPAA '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, pp. 163–173. doi: 10.1145/3350755.3400232.
- [43] X. M. Rea-Peñafiel, T. B. Mancero-Menoscal, D. C. Rosero-Rea, and D. E. Imbaquingo-Esparza, “Rest web services: A revolution in the way of accessing data; [Web services rest: Una revolución en la forma de acceso a datos],” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 2020, no. E32, pp. 41 – 49, 2020, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85094907950&partnerID=40&md5=6f9ae5443b98525ea5e0343f7ca39670>
- [44] S. U. R. Malik *et al.*, “Performance analysis of data intensive cloud systems based on data management and replication: a survey,” *Distrib. Parallel Databases*, vol. 34, no. 2, pp. 179–215, 2016.
- [45] H. M. Abdullah and A. M. Zeki, “Frontend and Backend Web Technologies in Social Networking Sites: Facebook as an Example,” in *2014 3rd International Conference on Advanced Computer Science Applications and Technologies*, 2014, pp. 85–89. doi: 10.1109/ACSAT.2014.22.
- [46] N. Hili and R. A. de Oliveira, “A Light-Weight Low-Code Platform for Back-End Automation,” in *Proceedings of the 25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings*, in MODELS '22. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022, pp. 837–846. doi: 10.1145/3550356.3561590.
- [47] I. Ahmad, E. Suwarni, R. I. Borman, Asmawati, F. Rossi, and Y. Jusman, “Implementation of RESTful API Web Services Architecture in Takeaway Application Development,” in *2021 1st International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System, ICE3IS 2021*, 2021, pp. 132 – 137. doi: 10.1109/ICE3IS54102.2021.9649679.
- [48] A. Cabrera, J. Carrillo, M. Abad, D. Jaramillo, and F. Romero, “Diseño y Validación de Arquitecturas de Aplicaciones Empresariales,” *Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, vol. 4, no. 1, pp. 79–91, 2015, doi: 10.17013/risti.e4.79-91.
- [49] M. R. Mufid, A. Basofi, M. U. H. Al Rasyid, I. F. Rochimansyah, and A. rokhim, “Design an MVC Model using Python for Flask Framework Development,” in *2019*

- International Electronics Symposium (IES)*, 2019, pp. 214–219. doi: 10.1109/ELECSYM.2019.8901656.
- [50] V. Singh, Y. Rohith, B. Prakash, and U. Kumari, “ChatBot using Python Flask,” in *2023 7th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 2023, pp. 1182–1185. doi: 10.1109/ICICCS56967.2023.10142484.
- [51] A. Yaganteeswarudu, “Multi Disease Prediction Model by using Machine Learning and Flask API,” in *2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 2020, pp. 1242–1246. doi: 10.1109/ICCES48766.2020.9137896.
- [52] L. Madaan, D. Jindal, A. Kumar, S. Kumar, and M. S. Naruka, “Secure and Enhanced Crowdfunding Solution Using Blockchain Technology,” in *Transforming Management with AI, Big-Data, and IoT*, 2022, pp. 293–310. doi: 10.1007/978-3-030-86749-2\_17.
- [53] E. L. Coronel Romero and J. D. Espinoza Erráez, “Diseño de aplicación web mediante el patrón de diseño Factory para Micro-Learning del Lenguaje de señas ecuatoriano,” Universidad Nacional de Loja, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/25946>
- [54] R. A. García Yáñez and K. M. Zurita Hidalgo, “Comparativa de Frameworks para el Desarrollo Web en el lado del cliente basado en métricas de desempeño Web Vitals,” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36708>
- [55] T. M. N. T. Mansur, N. H. Baharudin, and R. Ali, “Optimal sizing and economic analysis of self-consumed solar PV system for a fully DC residential house,” in *2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, 2017, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICSIMA.2017.8312006.
- [56] A. Guerrero *et al.*, “Eagle: a team practices audit framework for agile software development,” in *Proceedings of the 2019 27th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*, in ESEC/FSE 2019. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019, pp. 1139–1143. doi: 10.1145/3338906.3341181.
- [57] A. Ahmadi, E. K. Budiardjo, and K. Mahatma, “Software Craftsmanship Skill using Extreme Programming for Quality Improvement: A Case of Very Small Software

- Organization,” in *Proceedings of the 2021 10th International Conference on Software and Computer Applications*, in ICSCA '21. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021, pp. 94–99. doi: 10.1145/3457784.3457835.
- [58] Z. Valero-Ramon *et al.*, “A Collective Intelligence Platform to Support Older Cancer Survivors: Towards the Definition of LifeChamps System and Big Data Reference Architecture,” *Stud. Health Technol. Inform.*, vol. 290, pp. 1008 – 1009, 2022, doi: 10.3233/SHTI220241.
- [59] A. Jojoa-Giraldo, F. Fernández-Peña, P. Urrutia-Urrutia, and F. Ibarra-Torres, “Aplicación del modelo de vistas de arquitectura 4+1 en la gestión de una línea de productos de software,” *Rev. Iber. Sist. e Technol. Inf.*, vol. 57, no. 4, pp. 583–594, 2023, doi: 1646-9895.
- [60] A. C. R. Paiva, D. Maciel, and A. R. da Silva, “From Requirements to Automated Acceptance Tests with the RSL Language,” in *Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering*, E. Damiani, G. Spanoudakis, and L. A. Maciaszek, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 39–57.
- [61] D. Jústiz Núñez, D. Gómez Suárez, and M. Delgado Dapena, “Proceso de pruebas para productos de software en un laboratorio de calidad,” *Ing. Ind.*, vol. 35, no. 2, pp. 131–145, 2014.
- [62] R. Suman and S. Sahibuddin, “User Acceptance Testing in Mobile Health Applications: An overview and the Challenges,” in *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Science and Systems*, in ICISS '19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019, pp. 145–149. doi: 10.1145/3322645.3322670.
- [63] T. Otzen and C. Manterola, “Sampling Techniques on a Population Study,” *Int. J. Morphol.*, vol. 35, no. 1, pp. 227–232, 2017, doi: 10.4067/S0717-95022017000100037.
- [64] H. R. Bernard, *Research methods in anthropology: qualitative and quantitative approaches*, Sixth edit. Lanham, Maryland SE - xiii, 709 pages : illustrations ; 27 cm: Rowman & Littlefield Lanham, Maryland, 2018. doi: LK - <https://worldcat.org/title/1001287699>.
- [65] M. A. Bujang *et al.*, “A comparison between convenience sampling versus systematic sampling in getting the true parameter in a population: Explore from a clinical database:

- The Audit Diabetes Control Management (ADCM) registry in 2009,” in *International Conference on Statistics in Science, Business and Engineering (ICSSBE)*, 2012, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICSSBE.2012.6396615.
- [66] P. Puello, V. D. Del campo, and F. J. Scholborgh, “Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) en el Laboratorio de Física III basado en Internet de las Cosas en el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena, Colombia,” *Espacios*, vol. 41, no. 37, pp. 159–171, 2020, [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n37/a20v41n37p13.pdf>
- [67] G. S. Morales Contreras, H. D. Calderon Vilca, and R. S. L. Sucari León, “Factores del modelo de aceptación tecnológica que influyen en el uso de Facebook y Twitter por parte de los padres de familia de estudiantes del nivel de Educación Básica Regular,” *Rev. Iberoam. Technol. en Educ. y Educ. en Technol.*, vol. 1, no. 33, pp. 83–93, 2023, doi: 10.24215/18509959.33.e9.
- [68] A. Samouti and M. Fathy, “Field Study of the Acceptability of NFC Near-Field Communication Technology in Iran Based on TAM Methodology,” in *2020 4th International Conference on Smart City, Internet of Things and Applications (SCIOT)*, 2020, pp. 12–17. doi: 10.1109/SCIOT50840.2020.9250201.
- [69] A. Y. Chandra, P. T. Prasetyaningrum, O. Suria, P. I. Santosa, L. E. Nugroho, and I. Pratama, “Evaluation User Acceptance of Mobile Virtual Reality Application for English Learning,” in *2022 1st International Conference on Information System & Information Technology (ICISIT)*, 2022, pp. 283–288. doi: 10.1109/ICISIT54091.2022.9872873.

## **11. Anexos**

### **Anexo 1. Planificación de entrevista**



Universidad  
Nacional  
de Loja

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

### FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de  
Loja mediante el uso del modelamiento matemático

Preguntas de entrevista para la obtención de  
requisitos sobre la viabilidad de implementar  
sistemas fotovoltaicos.

**AUTORA:**

*Johanna Elizabeth Ureña Hernández*

**Loja - Ecuador**

**2023**

*Educamos para Transformar*

## PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA

1. ¿Por cada ciudad se maneja una sola y parroquia se fuente de datos o manejan varias?
2. ¿Las características del generador fotovoltaico (FV) son fijas o son variables?
3. ¿La tabla de los datos de Ecuador son estándar?
4. ¿El promedio anual en kWh/m<sup>2</sup> lo registran ellos o lo calculan?
5. ¿Cuáles son las fórmulas que se están utilizando?
6. ¿En la parte de la ubicación solo registra latitud o también es necesaria la longitud?
7. ¿Considera que una herramienta de simulación web para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo podría ayudar a reducir los costos?

## VALIDEZ DE ENTREVISTA

Yo, **Johanna Elizabeth Ureña Hernández**, estudiante de la Universidad Nacional de Loja en calidad de tesista, declaro en forma libre y voluntaria que las interrogantes mostradas para la realización de la entrevista al Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, docente de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, son válidas y auténticas. Con el objetivo de utilizar la información pertinente para el desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular que versa sobre *“Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático”*. Las mismas que ha sido evaluadas y aceptadas por el director/a del presente trabajo de integración curricular.

Se adjunta firma del director de tesis.



Firmado electrónicamente por:  
JOSE OSWALDO GUAMAN  
QUINCHE

Firma: \_\_\_\_\_

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

DOCENTE DE LA CARRERA DE COMPUTACIÓN

## **Anexo 2.** Transcripción de entrevista



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

### FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de  
Loja mediante el uso del modelamiento matemático

Transcripción de entrevista para la obtención de  
requisitos sobre la viabilidad de implementar  
sistemas fotovoltaicos.

**AUTORA:**

*Johanna Elizabeth Ureña Hernández*

**Loja - Ecuador**

**2023**

*Educamos para Transformar*

## I. PLANIFICACIÓN DE LA ENTREVISTA

<b>Entrevistador</b>	Johanna Elizabeth Ureña Hernández
<b>Entrevistado</b>	Ing. Juan Carlos Solano Jiménez
<b>Cargo del entrevistado</b>	Docente de la Carrera de Telecomunicaciones
<b>Fecha de entrevista</b>	24/02/2023
<b>Hora de entrevista</b>	16h45 pm
<b>Canal de Comunicación</b>	Entrevista presencial

## II. TRANSCRIPCIÓN DE LA ENTREVISTA

**1. ¿Por cada ciudad se maneja una sola y parroquia se fuente de datos o manejan varias?**

No. Por lo general en cada ubicación se manejan varias fuentes de datos existentes en distintas plataformas web.

**2. ¿Las características del generador fotovoltaico (FV) son fijas o son variables?**

Los datos del generador fotovoltaico se fijan previamente por el usuario e influyen directamente en todos los cálculos.

**3. ¿La tabla de los datos de Ecuador son estándar?**

Sí. Existen varias fuentes de datos, pero la forma de presentar es la misma.

**4. ¿El promedio anual en kWh/m<sup>2</sup> lo registran ellos o lo calculan?**

Estos valores son calculados aplicando los modelos matemáticos ya creados en la investigación.

**5. ¿Cuáles son las fórmulas que se están utilizando?**

Esta información es sensible, pero se han creado modelos matemáticos a partir de irradiación sobre superficie horizontal y las características del generador FV.

**6. ¿En la parte de la ubicación solo registra latitud o también es necesaria la longitud?**

Sólo la latitud.

**7. ¿Considera que una herramienta de simulación web para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo podría ayudar a reducir los costos?**

Sí, porque es importante que los ciudadanos puedan simular cuánta energía pueden generar para el suministro de sus viviendas.

### **VALIDEZ DE ENTREVISTA**

Yo, **Johanna Elizabeth Ureña Hernández**, estudiante de la Universidad Nacional de Loja en calidad de tesista, declaro en forma libre y voluntaria que la presente entrevista realizada al Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, docente de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, es real y auténtica. Con el objetivo de utilizar la información pertinente para el desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular que versa sobre *“Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático”*. Las mismas que ha sido evaluadas y aceptadas por el director/a del presente trabajo de integración curricular de manera previa a la misma.

Firma:  Firmado electrónicamente por:  
**JUAN CARLOS SOLANO  
JIMENEZ**

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez.

**DOCENTE DE LA CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

### **Anexo 3. Historias de usuario**



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**



Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

---

**Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

---

## **Especificación de historias de usuario**

Proyecto: Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático.

**Versión 1.1**

---

---

### **Elaborado por:**

Johanna Elizabeth Ureña Hernández

### **Revisado y Aprobado por:**

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

### **Revisado y Aprobado por:**

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez

---

**Mayo 2024**

---

# Contenido

- Historial de versiones** ----- 90
- Legalización del documento** ----- 91
- 1. Introducción** ----- 92
  - 1.1 Propósito ----- 92
  - 1.2 Personal involucrado ----- 92
  - 1.3 Definiciones, acrónimos y abreviaturas ----- 92
- 2. Descripción general** ----- 93
  - 2.1 Perspectiva del producto ----- 93
  - 2.2 Actores Identificados ----- 93
- 3. Especificación de historias de usuario** ----- 93
  - 3.1 Historias de usuario ----- 93

# Historial de versiones

Versión	Fecha	Revisión	Historial de cambios	Autor	Verificación
1.0	17/05/2024	17/05/2024	Primera revisión	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.  Ing. Juan Carlos Solano Jiménez
1.1	23/05/2024	23/05/2024	Cambios en redacción de las historias	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.  Ing. Juan Carlos Solano Jiménez

## Legalización del documento

Por medio de la presente, se confirma que la documentación de historias de usuario para el Trabajo de Integración Curricular, titulado "*Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático*", ha sido revisada y aprobada por el director del proyecto, el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., así como por el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, docente de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, en calidad de usuario final y parte interesada.

Se adjunta las firmas de los participantes.

F:  Firmado electrónicamente por:  
JUAN CARLOS SOLANO  
JIMENEZ

---

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez  
DOCENTE DE LA CARRERA DE  
TELECOMUNICACIONES

F:  Firmado electrónicamente por:  
JOHANNA ELIZABETH  
UREÑA HERNANDEZ

---

Johanna Elizabeth Ureña Hernández  
TESISTA

# 1. Introducción

El presente documento es una especificación de las historias de usuario para el desarrollo del prototipo web para la toma de decisiones y estimación técnico y económica de la instalación de sistema solares fotovoltaicos. Esta especificación se ha estructurado basándose en los esquemas propuestos para el desarrollo de historias de usuario. La presente sección muestra la descripción del propósito, el personal involucrado en la realización del presente documento y las definiciones y acrónimos.

## 1.1. Propósito

El presente documento muestra la especificación de las historias de usuario con el propósito determinar el flujo de las funcionalidades esenciales del prototipo para dar paso a la determinación de los requisitos del mismo. La documentación fue revisada por la parte interesada: Ing. Juan Carlos Solano Jiménez y el director del trabajo de integración curricular: Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg. para determinar si los requerimientos han sido recopilados de manera efectiva.

## 1.2. Personal involucrado

Nombre	Johanna Elizabeth Ureña Hernández
Rol	Analista y desarrollador.
Categoría profesional	Estudiante de la carrera de Computación.
Responsabilidades	Análisis, diseño y construcción de los requisitos del aplicativo.
Información de contacto	yeurenah@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	José Oswaldo Guamán Quinche
Rol	<ul style="list-style-type: none"><li>- Director de Trabajo de Integración Curricular.</li><li>- Analista de requerimientos.</li></ul>
Categoría profesional	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ingeniero en Sistemas.</li><li>- Docente de la carrera de Ingeniería en Computación.</li></ul>
Responsabilidades	Asesorar el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular.
Información de contacto	jose.o.guaman@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	Juan Carlos Solano Jiménez
Rol	<ul style="list-style-type: none"><li>- Analista y especialista en el área de telecomunicaciones</li></ul>
Categoría profesional	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ingeniero en Telecomunicaciones</li><li>- Docente de la carrera de Telecomunicaciones.</li></ul>
Responsabilidades	Asesorar en el área
Información de contacto	juan.solano@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

## 1.3. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Nombre	Descripción
Usuario	Persona que hará uso del sistema.
HU	Historia de usuario
UNL	Universidad Nacional de Loja.

## 2. Descripción general

### 2.1. Perspectiva del producto

El prototipo está enfocado en la web; por lo tanto, el diseño e implementación de las funcionalidades se basan en un enfoque netamente de navegación. Esto facilitará que sea utilizado de manera sencilla únicamente con el acceso a internet desde cualquier zona y hogar de la ciudad de Loja.

### 2.2. Actores identificados

Actor	Descripción
Usuario	Es aquel actor que hace uso del Sistema sin necesidad de estar registrado.
Administrador	Es aquel usuario que necesita tener su cuenta y que va hacer la administración.

## 3. Especificación de las historias de usuario

### 3.1. Historias de usuario

La siguiente sección proporciona la descripción de las historias de usuario:

Tabla\_1\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario - Inicio de sesión.

Historia de usuario			
ID: H001	Inicio de sesión		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Alta	Riesgo en desarrollo	Alta
Descripción	Como usuario, deseo iniciar sesión en el prototipo web para realizar la simulación de la administración de instalar sistemas solares fotovoltaicos. Como administrador, deseo iniciar sesión en el prototipo web para administrar los registros del consumo eléctrico de las diferentes provincias del Ecuador con sus respectivos cantones y parroquias.		

Nro	Escenario	Criterio de aceptación
1	Acceder al sistema con las credenciales de usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar un formulario para ingresar los datos de inicio de sesión: correo electrónico y contraseña.</li> <li>• Debe existir un botón para dar paso al inicio de sesión en el sistema una vez se hayan ingresado las credenciales.</li> <li>• Si las credenciales están vacías o no existen, se mostrará una alerta o mensaje de error.</li> <li>• El sistema debe realizar la verificación de las credenciales para determinar el acceso al sistema.</li> </ul>

Tabla\_2\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Registro de cuenta.

Historia de usuario			
ID: H002	Registro de cuenta		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo registrar una cuenta en el sistema para acceder a las funcionalidades del prototipo.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar una nueva cuenta en el sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe mostrar un formulario para el registro de una cuenta donde se deben rellenar campos como: nombre, apellido, correo electrónico, usuario, clave y otra información importante.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un correo electrónico que no cumple con las especificaciones mínimas de un email (gmail.com).</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar una cuenta con el mismo correo electrónico.</li> <li>• La nueva clave de usuario debe cumplir con las especificaciones mínimas de seguridad: mínimo 8 caracteres, letras, caracteres especiales y números.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error si se detecta una nueva clave que no cumpla con los requisitos mínimos de seguridad.</li> <li>• Debe existir un botón "Registro" para dar paso al registro de la cuenta en el sistema.</li> <li>• Mostrar mensaje de ayuda para orientar al registro de los parámetros de la nueva cuenta.</li> <li>• Si existen parámetros vacíos se debe mostrar la alerta respectiva.</li> </ul>	

Tabla\_3\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Edición de cuenta.

Historia de usuario			
ID: H003	Edición de cuenta		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo modificar la información de mi cuenta para mantener mi registro personal actualizado.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Editar información del registro de una cuenta en el sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para modificar la información de la cuenta personal mediante un botón en el perfil de usuario.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario con la información de la cuenta cargada con la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre, apellido y usuario.</li> <li>• Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.</li> <li>• En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición.</li> <li>• El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.</li> </ul>	

Tabla\_4\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Dar de baja cuenta.

Historia de usuario			
ID: H004	Dar de baja cuenta		
Usuario/Rol	Usuario		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario, deseo dar de baja mi cuenta personal para evitar tener mi registro en el sistema.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Dar de baja una cuenta del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para dar de baja la cuenta personal mediante un botón en el perfil de usuario.</li> <li>• Se debe mostrar un panel de confirmación para la eliminación.</li> <li>• El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.</li> </ul>	

Tabla\_5\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Administrar provincia.

Historia de usuario			
ID: H005	Registrar información de provincia		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo registrar la información de las provincias del Ecuador con sus respectivos cantones y parroquias.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar información de provincia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe existir la opción para agregar un nuevo registro de provincia desde la pantalla principal.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario para el registro de información de las provincias, donde se pedirá rellenar campos como: nombre de provincia.</li> <li>• Debe existir un botón “Guardar” para dar paso al registro de la nueva provincia en el sistema.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de provincia con el mismo nombre.</li> <li>• Mostrar mensajes de confirmación.</li> </ul>	

Tabla\_6\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Administrar provincia.

Historia de usuario			
ID: H006	Editar información de provincia		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo actualizar la información de los registro de las provincias del Ecuador para mantener los registros actualizados.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Editar información del registro de una provincia en el sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para modificar la información de una provincia directamente desde la tabla de lista de provincia.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario con la información de la provincia cargada en los parámetros, permitiendo la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre de la provincia.</li> <li>• Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.</li> <li>• En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro de provincia.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.</li> <li>• En caso de actualizar los datos de una provincia y ya exista un registro con el mismo nombre, se mostrará un mensaje de error correspondiente.</li> </ul>
--	--	--

Tabla\_7\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Registrar censo eléctrico por sitio.

Historia de usuario			
ID: H007	Registrar censo eléctrico por sitio (cantón)		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo registrar el consumo eléctrico de cada sitio para realizar la simulación de la viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar el consumo eléctrico de cada cantón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe existir la opción para agregar un nuevo registro electrónico por sitio.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario para el registro de la información del cantón, donde se pedirá rellenar campos como: nombre del cantón y consumo eléctrico.</li> <li>• Debe existir un botón para dar paso al registro del nuevo cantón en el sistema.</li> <li>• Si existen parámetros por completar se debe mostrar la alerta respectiva.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de cantón con el mismo nombre.</li> <li>• Mostrar mensajes de ayuda para orientar al registro de los parámetros del nuevo cantón.</li> <li>• El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de acuerdo a una fuente determinada o por la posición geográfica.</li> <li>• El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de acuerdo a la zona urbanística por lo que puede ser urbano o rural.</li> </ul>	
2	Editar consumo eléctrico de un cantón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema mostrará la opción para modificar la información de un cantón directamente desde su registro.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario con la información del cantón cargada en los parámetros, permitiendo la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre del cantón y consumo eléctrico.</li> <li>• Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.</li> <li>• En caso de realizar modificaciones se debe</li> </ul>	

		<p>mostrar un panel de confirmación para la edición del registro del cantón.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.</li> <li>• En caso de actualizar los datos de un cantón y ya exista un registro con el mismo nombre, se mostrará un mensaje de error correspondiente.</li> </ul>
--	--	---

Tabla\_8\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Registrar censo eléctrico por sitio.

Historia de usuario			
ID: H008	Registrar censo eléctrico por sitio (parroquia)		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo registrar el consumo eléctrico de cada sitio para realizar la simulación de la viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar consumo eléctrico de las parroquias de cada cantón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe existir la opción para agregar un nuevo registro de parroquia desde el registro de un cantón.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario para el registro de la información de la parroquia, donde se pedirá rellenar campos como: nombre de la parroquia y consumo eléctrico.</li> <li>• Debe existir un botón para dar paso al registro de la nueva parroquia en el sistema.</li> <li>• Si existen parámetros por completar se debe mostrar la alerta respectiva.</li> <li>• Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de parroquia con el mismo nombre.</li> <li>• Mostrar mensajes de ayuda para orientar al registro de los parámetros de la nueva parroquia.</li> </ul>	
2	Editar consumo eléctrico de las parroquias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para modificar la información de una parroquia directamente desde su registro.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario con la información de la parroquia cargada en los parámetros, permitiendo la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre de la parroquia y consumo eléctrico.</li> <li>• Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.</li> <li>• En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro de la parroquia.</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.</li> <li>• En caso de actualizar los datos de una parroquia y ya exista un registro con el mismo nombre, se mostrará un mensaje de error correspondiente.</li> </ul>
--	--	--

Tabla\_9\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Visualizar ubicación.

Historia de usuario			
ID: H009	Visualizar la ubicación geográfica		
Usuario/Rol	Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como administrador, deseo visualizar la ubicación geográfica de un sitio en particular para localizar con exactitud el lugar de la posible instalación de un sistema solar fotovoltaico.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Localizar un sitio específico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para visualizar la ubicación geográfica de un lugar en particular.</li> <li>• El sistema debe mostrar un mapa con las coordenadas geográficas por sitio.</li> <li>• El mapa debe ser interactivo.</li> </ul>	

Tabla\_10\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Administrar irradiación.

Historia de usuario			
ID: H010	Administrar irradiación de cantones y parroquias		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo administrar la irradiación de los diferentes cantones y parroquias de las provincias del Ecuador para realizar simulación de viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar irradiación de cantones y parroquias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para registrar la irradiación de los diferentes cantones y parroquias de las provincias del Ecuador.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario donde se pedirá ingresar la irradiación del cantón o de la parroquia, directamente desde su registro.</li> <li>• Se mostrará el botón para guardar la información de la irradiación del cantón o</li> </ul>	

		<p>parroquia seleccionada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.</li> <li>• En caso de presentar campos vacíos se mostrará la alerta respectiva.</li> </ul>
2	Actualizar el registro de irradiación de cantones y parroquias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para actualizar la irradiación de los diferentes cantones y parroquias de las provincias del Ecuador.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario con el registro de irradiación cargado, permitiendo realizar su modificación.</li> <li>• En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro.</li> <li>• El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.</li> <li>• Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.</li> <li>• En caso de presentar campos vacíos se mostrará la alerta respectiva.</li> </ul>

Tabla\_11\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Administrar edificios.

Historia de usuario			
ID: H011	Administrar la información del edificio		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo administrar la información relacionada a los edificios para determinar con claridad su tipo y tarifa de consumo eléctrico.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar la información de los edificios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para registrar la información relacionada a los edificios, por lo tanto, el sistema debe mostrar un formulario donde se pedirá el tipo de edificio y la tarifa del consumo eléctrico que se maneja (TCD, BTCD, BTSD, MTCD y BMT).</li> <li>• Se mostrará el botón para guardar la información del edificio en el sistema.</li> <li>• Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.</li> <li>• En caso de presentar campos vacíos se mostrará la alerta respectiva.</li> </ul>	
2	Registrar el consumo eléctrico por edificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mostrar la opción para registrar el consumo eléctrico por edificio desde el propio registro.</li> <li>• El sistema debe mostrar un formulario donde se pedirá registrar el consumo mensual sin demanda o el consumo mensual con</li> </ul>	

		<p>demanda.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se mostrará el botón para guardar la información del consumo eléctrico del edificio en el sistema.</li> <li>• Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.</li> </ul>
--	--	---

Tabla\_12\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Calcular dimensionamiento.

Historia de usuario			
ID: H012	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo conocer el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para realizar la simulación de la viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Registrar información del sistema fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema debe permitir registrar la potencia nominal del sistema fotovoltaico en kW con un mínimo de 0 kW y un máximo de 100 kW, la inclinación de los paneles solares en grados con un mínimo de 0 grados y máximo de 90 grados, la eficiencia del módulo en porcentaje con un mínimo de 0% y un máximo de eficiencia equivalente a 50% y el costo por kW con un valor mínimo de \$1.50.</li> <li>• Se mostrará el botón "Calcular" para registrar la información del sistema fotovoltaico en la base de datos.</li> <li>• Se mostrarán las ayudas para guiar el registro de los campos.</li> </ul>	
2	Calcular el dimensionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo del dimensionamiento del sistema utilizando variables numéricas como: altitud, ubicación, radiación solar y otras variables.</li> <li>• El sistema presentará la estimación del tamaño óptimo del sistema.</li> </ul>	
3	Calcular el ahorro anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema realizará el cálculo sobre los valores a pagar de la planilla eléctrica, considerando variables como: ubicación y tamaño.</li> <li>• A partir del cálculo de los valores a pagar de la planilla eléctrica el sistema calculará el ahorro anual estimado.</li> <li>• El sistema presentará la estimación del ahorro anual.</li> </ul>	

4	Calcular el autoconsumo anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema calculará el autoconsumo anual para conocer la comparación entre la energía obtenida por el sistema y el consumo eléctrico real.</li> <li>• El sistema presentará el autoconsumo anual.</li> </ul>
5	Calcular el retorno de inversión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir del ahorro anual calculado, el sistema realizará el cálculo del retorno de la inversión.</li> <li>• El sistema presentará el retorno de inversión.</li> </ul>

Tabla\_13\_Anexo\_III. Modelo de historia de usuario – Rendimiento del sistema fotovoltaico.

Historia de usuario			
ID: H013	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico		
Usuario/Rol	Usuario, Administrador		
Prioridad en negocio	Media	Riesgo en desarrollo	Media
Descripción	Como usuario o administrador, deseo conocer los resultados de la simulación del rendimiento del sistema fotovoltaico para evaluar la viabilidad de su instalación.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Calcular la irradiación diaria media mensual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo de la irradiación diaria. Se utilizarán los datos proporcionados del sistema fotovoltaico y la altitud.</li> <li>• El sistema mostrará mediante un gráfico de barras los resultados obtenidos del cálculo.</li> <li>• El gráfico de barras presentará la comparación entre los resultados del plano horizontal y el plano inclinado para cada mes del año.</li> <li>• Los valores se expresarán en kWh/m<sup>2</sup>.</li> </ul>	
2	Calcular la factura eléctrica mensual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo de la factura eléctrica.</li> <li>• El sistema mostrará mediante un gráfico de barras los resultados obtenidos del cálculo.</li> <li>• El gráfico de barras presentará la relación de los valores de la factura original con los obtenidos en el cálculo y el costo del consumo mensual.</li> </ul>	

## **Anexo 4.** Requisitos del sistema



**Ingeniería en Ciencias de  
la Computación**

---

## **Especificación de requisitos de software**

**Proyecto: Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático.**

**Versión 1.1**

---

---

### **Elaborado por:**

Johanna Elizabeth Ureña Hernández

### **Revisado y Aprobado por:**

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

---

**Mayo 2024**

---

# Contenido

- Historial de versiones** ----- 106
- Legalización del documento** ----- 107
- 1. Introducción** ----- 108
  - 1.1 Propósito ----- 108
  - 1.2 Alcance ----- 108
  - 1.3 Personal involucrado ----- 108
  - 1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas ----- 109
  - 1.5 Referencias ----- 109
- 2. Descripción general** ----- 109
  - 2.1 Perspectiva del producto ----- 109
  - 2.2 Actores Identificados ----- 119
  - 2.3 Restricciones ----- 110
- 3. Requisitos específicos** ----- 110
  - 3.1 Requisitos funcionales ----- 110
  - 3.2 Requisitos no funcionales ----- 118
- 4. Bibliografía** ----- 121

# Historial de versiones

Versión	Fecha	Revisión	Historial de cambios	Autor	Verificación
1.0	23/05/2024	23/05/2024	Primera revisión	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.
1.1	29/05/2024	29/05/2024	Cambios en redacción y agregar nuevos requisitos	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

## Legalización del documento

Por medio de la presente, se confirma que la documentación de requisitos para el Trabajo de Integración Curricular, titulado "*Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático*", ha sido revisada y aprobada por el director del proyecto, el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg., así como por el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, docente de la carrera de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja, en calidad de usuario final y parte interesada.

Se adjunta las firmas de los participantes.

F:  firmado electrónicamente por:  
JUAN CARLOS SOLANO  
JIMENEZ

---

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez  
DOCENTE DE LA CARRERA DE  
TELECOMUNICACIONES

F:  firmado electrónicamente por:  
JOHANNA ELIZABETH  
UREÑA HERNANDEZ

---

Johanna Elizabeth Ureña Hernández  
TESISTA

# 1. Introducción

El presente documento es una especificación de requisitos de software (ERS) para el desarrollo del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático. Esta especificación se ha estructurado basándose en las directrices dadas por el estándar IEEE para las Especificaciones de Requisitos Software ANSI/IEEE 830, 1998 [1]. La presente sección muestra la descripción del propósito, alcance, personal involucrado, las definiciones y acrónimos, las referencias, así mismo un resumen general del aplicativo.

## 1.1. Propósito

El presente documento muestra la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. El cual tiene como objetivo principal dimensionar, analizar y ayudar en la toma de decisiones sobre la instalación de sistemas fotovoltaicos conectados en modalidad de autoconsumo. El presente documento tiene como propósito determinar las necesidades de las partes interesadas y generar la especificación de los requerimientos esenciales para el desarrollo de las actividades.

La documentación fue revisada por la parte interesada: Ing. Juan Carlos Solano Jiménez y el director del trabajo de integración curricular: Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg. para determinar si los requerimientos han sido recopilados de manera efectiva.

## 1.2. Alcance

El desarrollo del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático tiene como objetivo principal brindar ayuda en la toma de decisiones a los usuarios en general sobre la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas fotovoltaicos en modalidad de autoconsumo en las zonas residenciales de la ciudad de Loja. Para este propósito se busca realizar un análisis y dimensionamiento en base a factores y variables numéricas necesarias para simular la proyección de factibilidad de uso.

## 1.3. Personal involucrado

Nombre	Johanna Elizabeth Ureña Hernández
Rol	Analista y desarrollador.
Categoría profesional	Estudiante de la carrera de Computación.
Responsabilidades	Análisis, diseño y construcción de los requisitos del aplicativo.
Información de contacto	yeurenah@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	José Oswaldo Guamán Quinche
Rol	- Director de Trabajo de Integración Curricular.

	- Analista de requerimientos.
Categoría profesional	- Ingeniero en Sistemas. - Docente de la carrera de Ingeniería en Computación.
Responsabilidades	Asesorar el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular.
Información de contacto	jose.o.guaman@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	Juan Carlos Solano Jiménez
Rol	- Analista y especialista en el área de telecomunicaciones
Categoría profesional	- Ingeniero en Telecomunicaciones - Docente de la carrera de Telecomunicaciones.
Responsabilidades	Asesorar en el área
Información de contacto	juan.solano@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

#### 1.4. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Nombre	Descripción
Usuario	Persona que hará uso del sistema.
ERS	Especificación de requisitos software.
RF	Requisito funcional.
RNF	Requisito no funcional.
UNL	Universidad Nacional de Loja.

#### 1.5. Referencias

Referencia	Título
Standard IEEE 830 - 1998 [1]	IEEE

## 2. Descripción general

### 2.1. Perspectiva del producto

El prototipo está enfocado en la web; por lo tanto, el diseño e implementación de las funcionalidades se basan en un enfoque netamente de navegación. Esto facilitará que sea utilizado de manera sencilla únicamente con el acceso a internet desde cualquier zona y hogar de la ciudad de Loja.

### 2.2. Actores identificados

Actor	Descripción
-------	-------------

Usuario	Es aquel actor que hace uso del Sistema sin necesidad de estar registrado.
Administrador	Es aquel usuario que necesita tener su cuenta y que va hacer la administración.

### 2.3. Restricciones

El prototipo consta de las siguientes restricciones:

- Será desarrollado exclusivamente para la web.
- Se accede desde navegador web, especialmente para ordenadores de mesa o portátiles.
- El prototipo tendrá una interfaz sencilla y fácil de usar para la comodidad del usuario general.

## 3. Requisitos específicos

### 3.1. Requisitos funcionales

La siguiente sección proporciona el resumen de los requisitos funcionales:

Tabla\_1\_Anexo\_IV. Especificación de requisitos funcionales.

Requisitos funcionales	
Nombre de requisito	Número de requisito
Inicio de sesión	RF-01
Administrar usuario	RF-02, RF-03, RF-04
Administrar provincia	RF-05, RF-06
Administrar cantón	RF-07, RF-08
Administrar parroquia	RF-09, RF-10
Visualizar la ubicación geográfica	RF-11
Administrar irradiación por sitios	RF-12, RF-13
Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico	RF-14, RF-15, RF-16, RF-17, RF-18
Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico	RF-19
Visualización mediante el uso de gráficas	RF-20

La siguiente sección proporciona la descripción de los requisitos funcionales.

<b>Número de requisito</b>	RF-01
<b>Nombre de requisito</b>	Inicio de sesión
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben identificarse para acceder a cualquier funcionalidad del sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Inicio de sesión:</b> El sistema permitirá el inicio de sesión de los usuarios para lo cual se requiere el nombre de usuario (username) y la contraseña, los cuales fueron generados en el registro de cuenta.
<b>Prioridad del requisito</b>	Alta

<b>Número de requisito</b>	RF-02
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar usuario
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los nuevos usuarios deben registrar una cuenta en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Registro de cuenta:</b> El sistema permitirá el registro de cuentas a los usuarios, donde se requiere: nombre, apellido, correo, y otra información importante. Además, como es una cuenta nueva requiere de nombre de usuario (username) y contraseña. La contraseña debe cumplir con los requisitos mínimos de seguridad que abarca una cantidad mayor 7 caracteres incluyendo letras, números y símbolos.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-03
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar usuario
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los nuevos usuarios deben registrar una cuenta y loguearse en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Edición de cuenta:</b> El sistema permitirá modificar la información de las cuentas registradas. La información que se podrán modificar incluye: nombre, apellido y otros datos que se consideren importantes. .

<b>Prioridad del requisito</b>	Media
--------------------------------	-------

<b>Número de requisito</b>	RF-04
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar usuario
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los nuevos usuarios deben registrar una cuenta y loguearse en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Dar de baja cuenta:</b> El sistema permitirá eliminar el registro de una cuenta del sistema.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-05
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar provincia
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Registrar información de provincia:</b> El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de las diferentes provincias del Ecuador.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-06
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar provincia
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Editar información de provincia:</b> El sistema permitirá modificar la información asociada de cada provincia, lo cual es necesario para mantener la veracidad de la simulación con relación a la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-07
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar cantón

<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Registrar consumo eléctrico de un cantón:</b> El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de los diferentes cantones de las provincias registradas.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-08
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar cantón
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Editar consumo eléctrico de un cantón:</b> El sistema permitirá modificar el registro del consumo eléctrico de los cantones en las provincias registradas, lo cual es importante para mantener la veracidad de la simulación con relación a la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-09
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar parroquia
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Registrar consumo eléctrico de las parroquias:</b> El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de cada una de las parroquias de los cantones registrados.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-10
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar parroquia
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Editar consumo eléctrico de las parroquias:</b> El sistema permitirá modificar los registros del consumo eléctrico de las

	parroquias de cada uno de los cantones registrados, lo cual es importante para mantener la veracidad de la simulación con relación a la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-11
<b>Nombre de requisito</b>	Visualizar la ubicación geográfica
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Ver la ubicación geográfica:</b> El sistema permitirá acceder a una posición geográfica en base a las coordenadas o direcciones que sean ingresadas por los usuarios, con el propósito de establecer con precisión el lugar donde se prevé realizar la instalación de los sistemas fotovoltaicos.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-12
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar irradiación por sitios
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Registro de irradiación:</b> El sistema permitirá registrar la irradiación solar de las diferentes provincias del Ecuador, incluyendo sus respectivos cantones y parroquias. La información proporcionada proviene de tres fuentes diferentes: METEONORM, NASA-SSE y NREL.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-13
<b>Nombre de requisito</b>	Administrar irradiación por sitios
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Modificar registro de irradiación:</b> El sistema permitirá modificar los registros de irradiación solar de las provincias del Ecuador, incluyendo sus respectivos cantones y parroquias.

<b>Prioridad del requisito</b>	Media
--------------------------------	-------

<b>Número de requisito</b>	RF-14
<b>Nombre de requisito</b>	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<p><b>Registrar información del sistema fotovoltaico:</b> El sistema permitirá registrar la información asociada al sistema fotovoltaico en relación a la potencia nominal, inclinación de los paneles, eficiencia del módulo y costo por kW.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La potencia nominal se registra en kW con un mínimo de 0 kW y un máximo de 100 kW.</li> <li>• La inclinación de los paneles se registra en grados con un mínimo de 0 grados y máximo de 90 grados.</li> <li>• La eficiencia del módulo se registra con un porcentaje mínimo de 0% y un máximo de eficiencia equivalente a 50%.</li> <li>• El costo por kW se registra en dólares con un valor mínimo de 1.50 USD.</li> </ul>
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-15
<b>Nombre de requisito</b>	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<p><b>Calcular el dimensionamiento:</b> El sistema permitirá realizar el cálculo del dimensionamiento del sistema fotovoltaico utilizando variables numéricas específicas como la altitud, ubicación, radiación solar y otras variables. Estas variables serán procesadas mediante un modelamiento matemático cuantitativo para determinar el tamaño óptimo del sistema.</p>
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-16
<b>Nombre de requisito</b>	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico
<b>Tipo</b>	Requisito

<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Cálculo del ahorro anual:</b> El sistema calculará el ahorro anual en términos del pago de planilla de energía eléctrica para evaluar la viabilidad económica de la implementación de sistemas fotovoltaicos, teniendo en cuenta variables como ubicación y tamaño.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-17
<b>Nombre de requisito</b>	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Cálculo del autoconsumo anual:</b> El sistema calculará el autoconsumo anual en relación a la energía solar fotovoltaica obtenida y los datos proporcionados del consumo real. Esto facilitará determinar el porcentaje de eficiencia de instalar estos sistemas en modalidad de autoconsumo.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-18
<b>Nombre de requisito</b>	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<b>Cálculo del retorno de inversión:</b> El sistema calculará el retorno de inversión para evaluar la viabilidad económica de la implementación de sistemas fotovoltaicos, teniendo en cuenta el ahorro anual esperado.
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-19
<b>Nombre de requisito</b>	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.

<b>Descripción</b>	<p><b>Cálculo de irradiación diaria media mensual:</b> El sistema calculará la irradiación diaria mediante modelado matemático, utilizando los datos del sistema solar fotovoltaico y la latitud, para determinar los valores promedio mensuales tanto para el plano horizontal como para el plano inclinado en cada uno de los meses del año, expresados en <math>kWh/m^2</math>.</p> <p><b>Cálculo de la factura eléctrica mensual:</b> El sistema calculará la factura eléctrica mensual mediante modelado matemático, mostrando la relación entre los valores de la factura original, los datos obtenidos de la simulación del sistema solar fotovoltaico y el costo del consumo mensual resultante en dólares.</p>
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

<b>Número de requisito</b>	RF-20
<b>Nombre de requisito</b>	Visualización mediante gráficas
<b>Tipo</b>	Requisito
<b>Característica</b>	Los usuarios deben estar logueados en el sistema.
<b>Descripción</b>	<p><b>Visualizar la irradiación diaria media mensual:</b> El sistema permitirá observar mediante una gráfica de barras los valores obtenidos para la irradiación media diaria y la respectiva comparación entre los datos del plano horizontal y el plano inclinado.</p> <p><b>Visualizar la factura eléctrica mensual:</b> El sistema permitirá observar mediante una gráfica de barras los valores de gasto obtenidos para el consumo eléctrico con el uso del sistema solar fotovoltaico en comparación del consumo de la factura original.</p>
<b>Prioridad del requisito</b>	Media

## 3.2. Requisitos no funcionales

### 3.2.1. Seguridad

- El prototipo garantiza la confiabilidad, la seguridad y el desempeño a los usuarios mediante la confidencialidad de las contraseñas mediante la implementación de mecanismos de seguridad tales como cifrados, acceso mediante tokens u otros relacionados.
- El prototipo garantiza la seguridad en las operaciones mediante la implementación de controles y mensajes de confirmación para evitar el uso malintencionado de las operaciones.

- El prototipo maneja la seguridad frente a ataques comunes como: inyección SQL, XSS y path traversal.

### 3.2.2. Fiabilidad

- El prototipo ofrece una interfaz gráfica sencilla y fácil de usar para los usuarios generales, por lo tanto, se desarrollará de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por los beneficiarios del sistema.

### 3.2.3. Disponibilidad

- El prototipo estará disponible las 24 horas del día, los 7 días de la semana, con un tiempo de inactividad planificado mínimo para mantenimiento programado.

### 3.2.4. Mantenibilidad

- El prototipo tendrá la documentación en orden y actualizada para que los desarrolladores comprendan rápidamente cómo funciona el software y puedan realizar cambios de manera eficiente.

### 3.2.5. Requisitos no funcionales específicos

<b>Número de requisito</b>	RNF-1
<b>Nombre de requisito</b>	Interfaz Gráfica
<b>Tipo</b>	Requisitos
<b>Descripción</b>	La interfaz gráfica es intuitiva y fácil de usar, siguiendo las convenciones de diseño estándar y proporcionando retroalimentación visual clara para todas las interacciones del usuario.
<b>Prioridad del requisito</b>	Alta

<b>Número de requisito</b>	RNF-2
<b>Nombre de requisito</b>	Seguridad
<b>Tipo</b>	Requisitos
<b>Descripción</b>	El prototipo garantiza la seguridad de los datos del usuario al controlar las peticiones del servidor mediante la implementación de tokens y protocolos seguros como HTTPS.

<b>Prioridad del requisito</b>	Alta
--------------------------------	------

<b>Número de requisito</b>	RNF-3
<b>Nombre de requisito</b>	Confidencialidad
<b>Tipo</b>	Requisitos
<b>Descripción</b>	El sistema almacenará la información de manera íntegra y segura, donde únicamente los administradores y usuarios con cuentas registradas podrán acceder a los datos almacenados en la base de datos.
<b>Prioridad del requisito</b>	Alta

## 4. Bibliografía

- [1] E. Stephen y E. Mit, "Evaluation of software requirement specification based on IEEE 830 quality properties", *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 10, núm. 4, p. 1396, 2020.

## **Anexo 5.** Arquitectura del prototipo web



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**



**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables**

---

**Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

---

## **Arquitectura de aplicación basado en el modelo arquitectónico 4+1**

**Proyecto: Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático.**

**Versión 1.1**

---

---

### **Elaborado por:**

Johanna Elizabeth Ureña Hernández

### **Revisado y Aprobado por:**

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

---

**Junio 2024**

---

# Contenido

<b>Historial de versiones</b> - - - - -	125
<b>Legalización del documento</b> - - - - -	126
<b>1. Introducción</b> - - - - -	127
1.1 Propósito - - - - -	127
1.2 Alcance - - - - -	127
1.3 Personal involucrado - - - - -	127
1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas - - - - -	127
1.5 Referencias - - - - -	128
<b>2. Descripción general</b> - - - - -	128
2.1 Descripción global - - - - -	128
2.2 Descripción de la arquitectura - - - - -	128
2.3 Actores identificados - - - - -	129
<b>3. Especificación de la arquitectura</b> - - - - -	129
3.1 Vista de escenarios – Diagrama de casos de uso - - - - -	129
3.2 Vista lógica – Diagrama de clases - - - - -	130
3.3 Vista de procesos – Diagrama de actividad - - - - -	131
3.4 Vista de despliegue – Diagrama de componentes - - - - -	146
3.5 Vista física – Diagrama de despliegue - - - - -	147
<b>4. Bibliografía</b> - - - - -	148

# Historial de versiones

Versión	Fecha	Revisión	Historial de cambios	Autor	Verificación
1.0	29/05/2024	29/05/2024	Primera revisión	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.
1.1	04/06/2024	04/06/2024	Cambios en diagramas	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

## Legalización del documento

Por medio de la presente, se confirma que la documentación de arquitectura 4+1 para el Trabajo de Integración Curricular, titulado "*Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático*", ha sido revisada y aprobada por el director del proyecto, el Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

Se adjunta las firmas de los participantes.



Firmado electrónicamente por:  
JOSE OSWALDO GUAMAN  
QUINCHE

F: \_\_\_\_\_

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche Mg.  
DOCENTE DE LA CARRERA DE  
SISTEMAS/COMPUTACION



Firmado electrónicamente por:  
JOHANNA ELIZABETH  
URENA HERNANDEZ

F: \_\_\_\_\_

Johanna Elizabeth Ureña Hernández  
TESISTA

# 1. Introducción

El presente documento es una especificación de la arquitectura de software para el desarrollo del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático. Esta especificación se ha estructurado basándose en los diagramas y vistas propuestos por el modelo arquitectónico 4+1. La presente sección muestra la descripción del propósito, alcance, personal involucrado, las definiciones y acrónimos, las referencias, así mismo un resumen general del aplicativo.

## 1.1. Propósito

El propósito del presente documento es la especificación de la arquitectura de software para el presente Trabajo de Integración Curricular mediante el modelo arquitectónico 4+1. La documentación fue revisada por el director del trabajo: Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg. para determinar si los diagramas se han construido de manera efectiva.

## 1.2. Alcance

El alcance del presente documento es detallar la arquitectura de software mediante el modelo arquitectónico 4+1 mediante diferentes vistas, tales como: vista lógica, vista de despliegue, vista de escenarios y vista física.

## 1.3. Personal involucrado

Nombre	Johanna Elizabeth Ureña Hernández
Rol	Analista y desarrollador.
Categoría profesional	Estudiante de la carrera de Computación.
Responsabilidades	Análisis, diseño y construcción de los requisitos del aplicativo.
Información de contacto	yeurenah@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	José Oswaldo Guamán Quinche
Rol	<ul style="list-style-type: none"><li>- Director de Trabajo de Integración Curricular.</li><li>- Analista de requerimientos.</li></ul>
Categoría profesional	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ingeniero en Sistemas.</li><li>- Docente de la carrera de Ingeniería en Computación.</li></ul>
Responsabilidades	Asesorar el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular.
Información de contacto	jose.o.guaman@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

## 1.4. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Nombre	Descripción
Usuario	Persona que hará uso del sistema con funciones limitadas.

Administrador	Persona que hará uso del sistema sin restricción en las funciones.
UNL	Universidad Nacional de Loja.

## 1.5. Referencias

Referencia	Título
Modelo	Arquitectura de software 4+1 [1]

## 2. Descripción general

### 2.1. Descripción global

Se describe la organización de la arquitectura de software utilizando el modelo arquitectónico 4+1 mediante la vista lógica, que aborda la funcionalidad y estructura; la vista de despliegue la cual muestra la interacción de los componentes; la vista de escenarios que se centra en los casos de uso del sistema. Finalmente, la vista física la misma que muestra los componentes físicos del sistema y la vista de procesos que brinda la descripción del proceso de interacción y concurrencia.

### 2.2. Descripción de la arquitectura

La Tabla\_1\_Anexo\_V presenta las diferentes vistas del modelo arquitectónico 4+1.

Tabla\_1\_Anexo\_V. Arquitectura de software 4+1.

Arquitectura de software		
Vista	Modelo	Descripción
Vista de escenarios	Diagrama de casos de uso	Muestra la interacción que tienen los actores y los escenarios donde se va a desenvolver el sistema.
Vista lógica	Diagrama de clase	Representa las funcionalidades y el servicio que proporciona a los usuarios.
Vista de procesos	Diagrama de actividad	Describe el proceso de interacción desde la perspectiva de la concurrencia y sincronización.
Vista de despliegue	Diagrama de componentes	Describe los componentes del sistema con el fin que el desarrollador entienda las interacciones existentes.
Vista física	Diagrama de despliegue	Muestra los componentes físicos del sistema.

### 2.3. Actores identificados

Actor	Función
Usuario	Es el actor que puede realizar únicamente funciones relacionadas a la simulación de viabilidad de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos.
Administrador	Es el actor que puede realizar todas las funciones sin restricción, es decir, desde la administración de los datos de irradiación hasta una simulación completa de viabilidad.

## 3. Especificación de la arquitectura

### 3.1. Vista de escenarios – Diagrama de casos de uso

El diagrama de casos de uso se compone de dos actores principales: Usuario y Administrador, los cuales realizan diferentes acciones de acuerdo a la actividad que desempeñen. La **Fig. 1** muestra el diagrama de casos de uso para los usuarios no registrados donde se destaca los dos escenarios de operación para el usuario y el administrador. Por otro lado, la **Fig. 2** presenta las actividades globales que realizan los actores identificados.

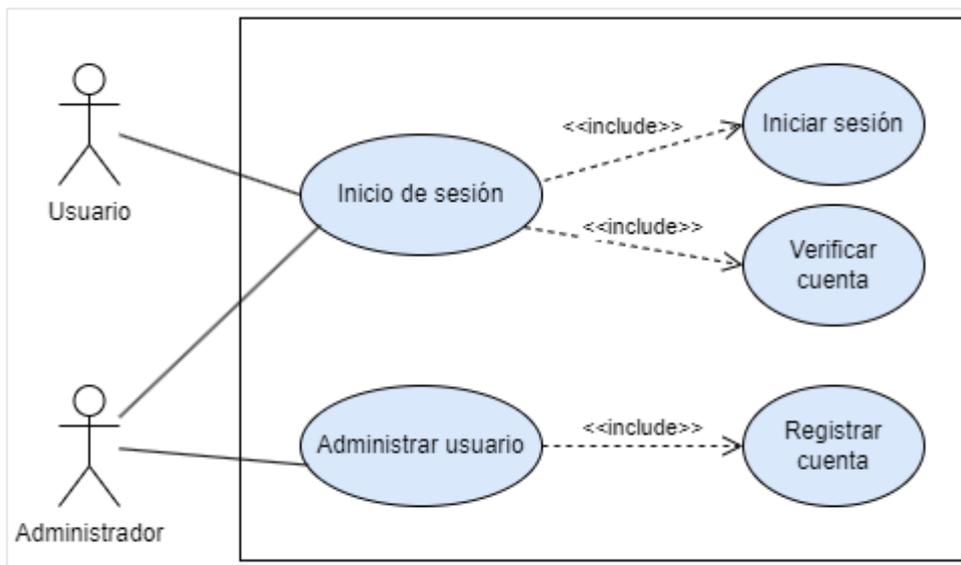


Fig. 1. Diagrama de casos de uso – Usuarios no registrados.

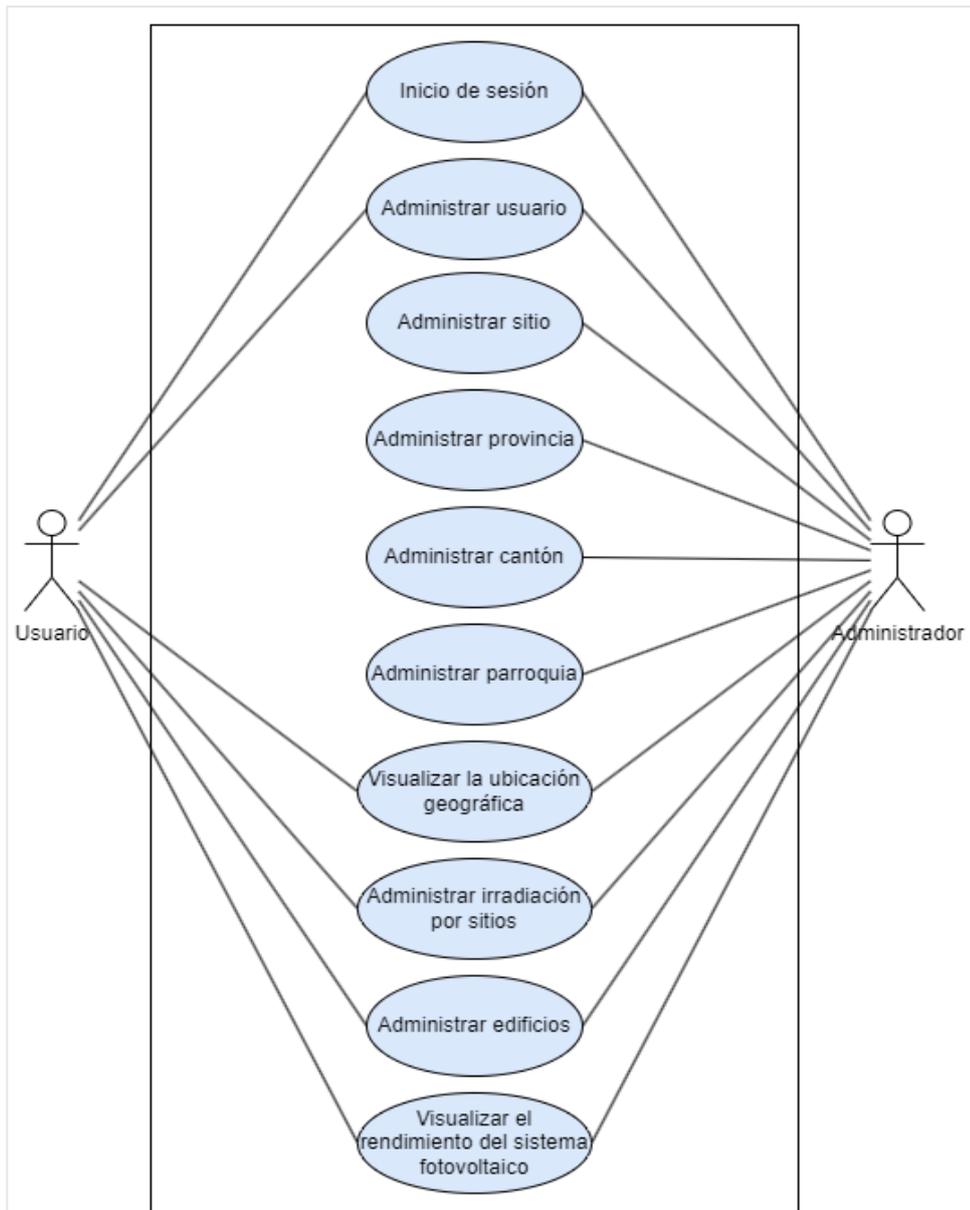


Fig. 2. Diagrama de casos de uso general.

### 3.2. Vista lógica – Diagrama de clases

La vista lógica mediante el diagrama de clases muestra la estructura, la relación entre las entidades y su comportamiento. Por lo tanto, la **Fig. 3** muestra el modelo de clases desarrollado donde se destacan un total **de 8 entidades**.

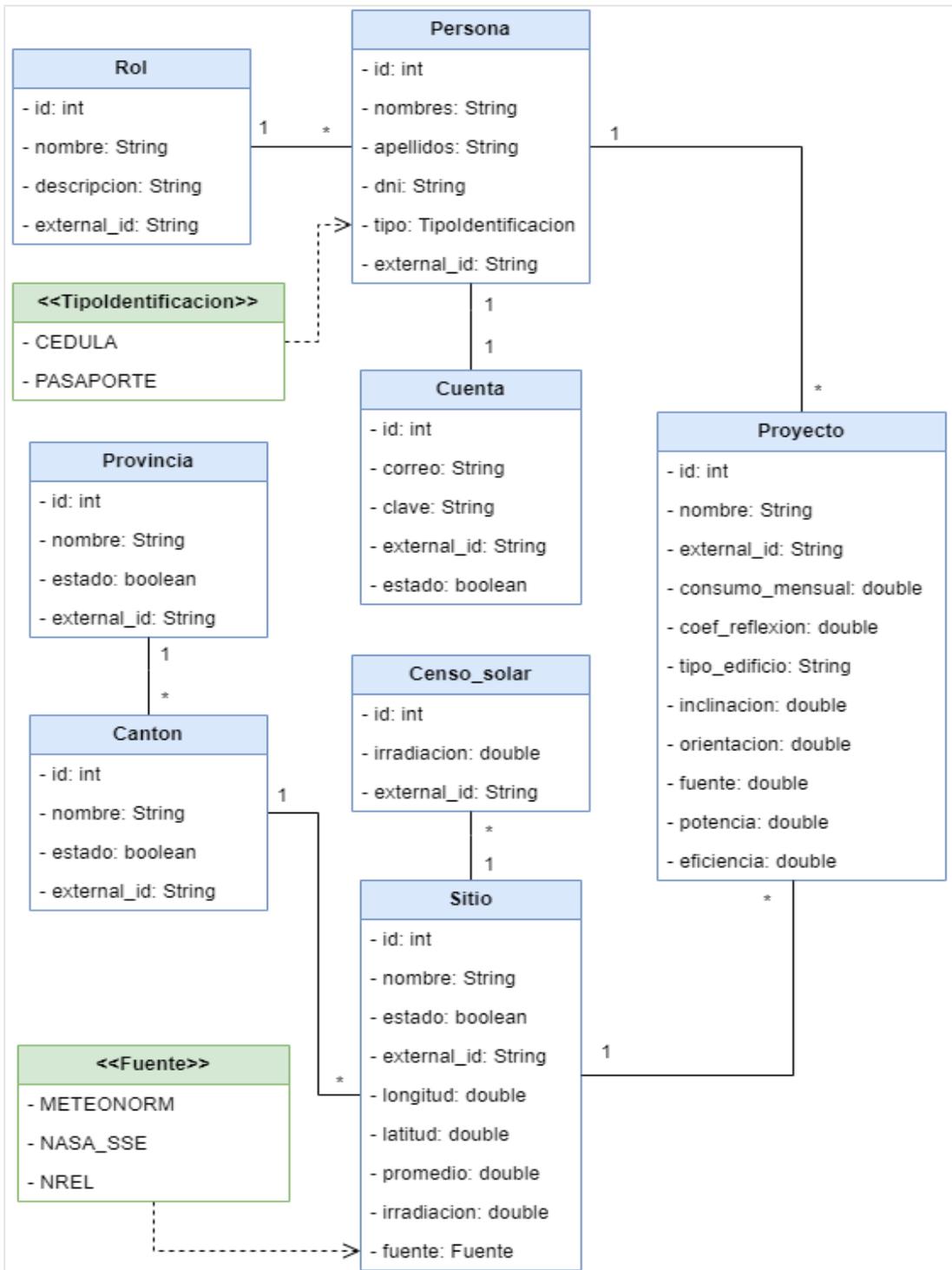


Fig. 3. Diagrama de clases del prototipo web.

### 3.3. Vista de procesos – Diagrama de actividad

Los diagramas de actividades muestran la interacción existente entre los usuarios y el sistema a nivel de las funciones que desempeñan. En este contexto, desde la Fig. 4 hasta la Fig. 18 se presentan los procesos esenciales del prototipo web.

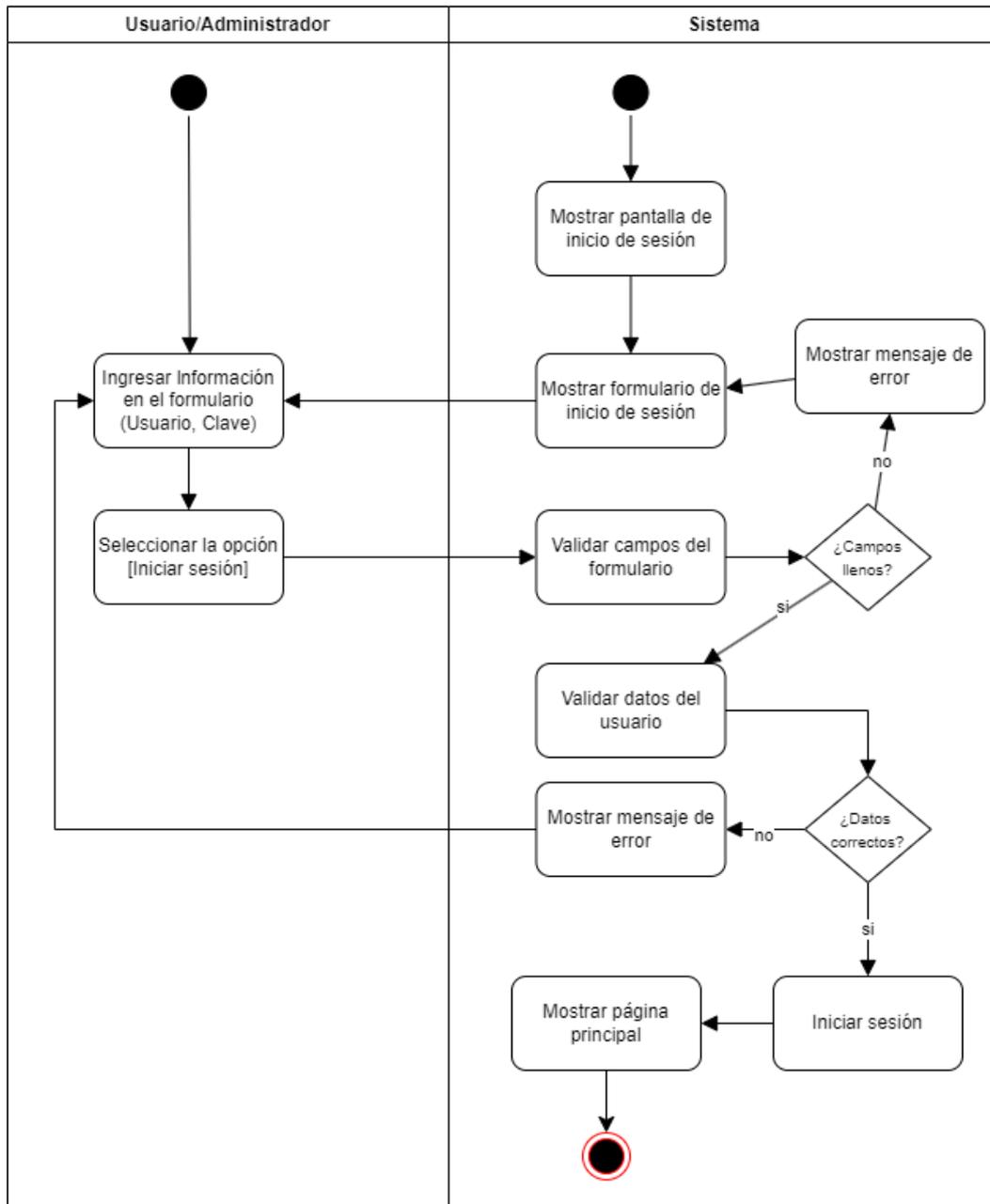


Fig. 4. Diagrama de actividad – Inicio de sesión.

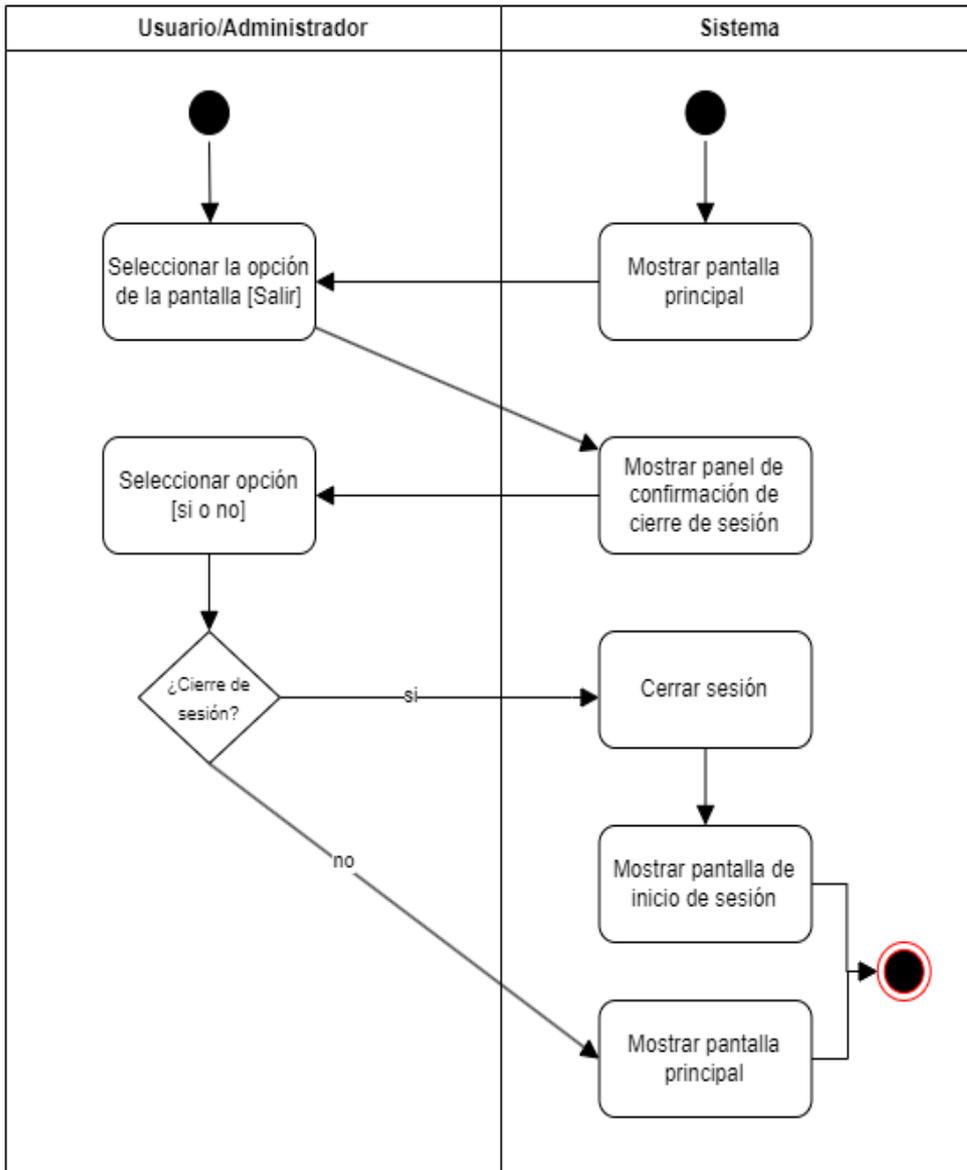


Fig. 5. Diagrama de actividad – Cierre de sesión.

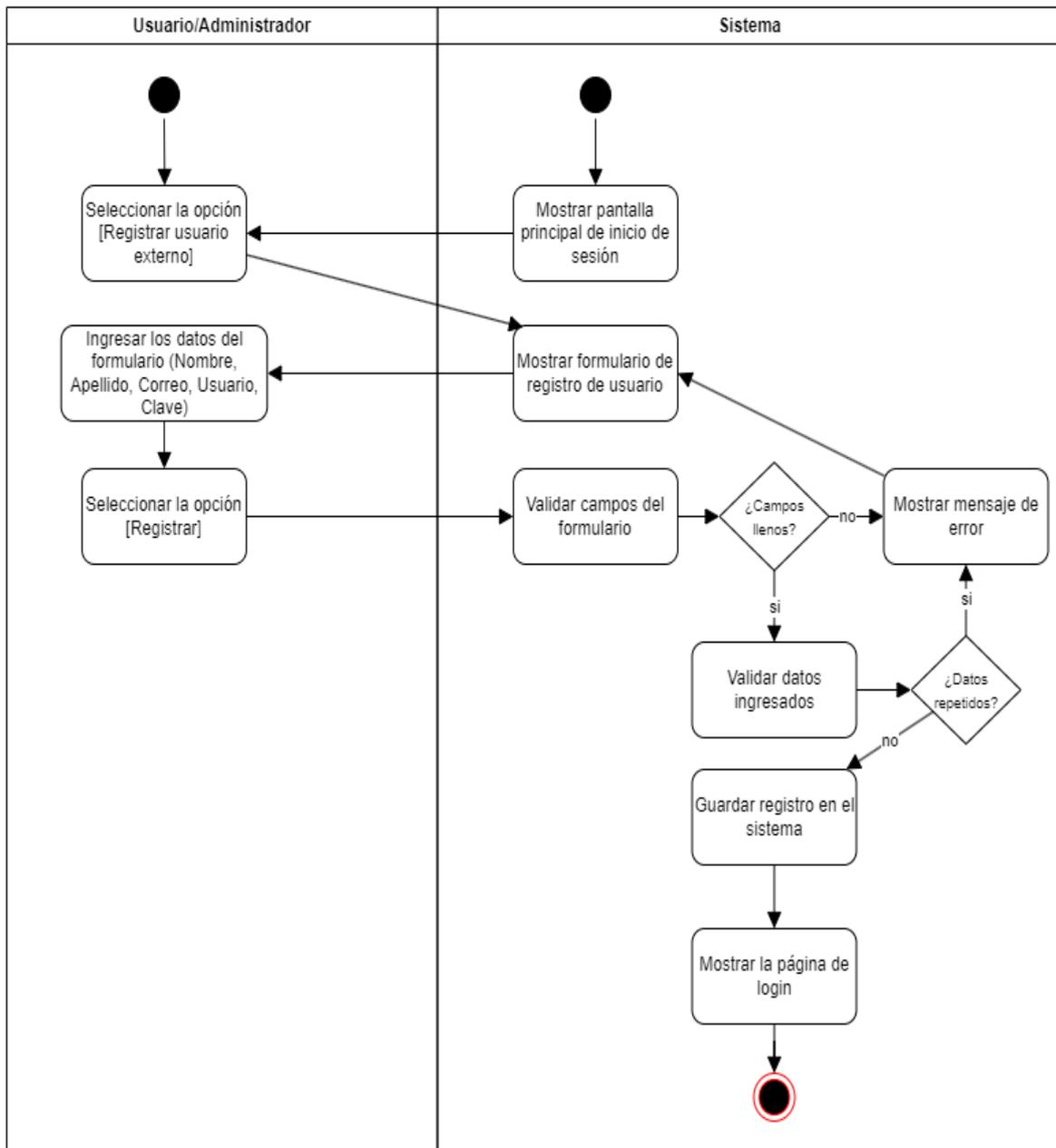


Fig. 6. Diagrama de actividad – Registro de cuenta de usuario.

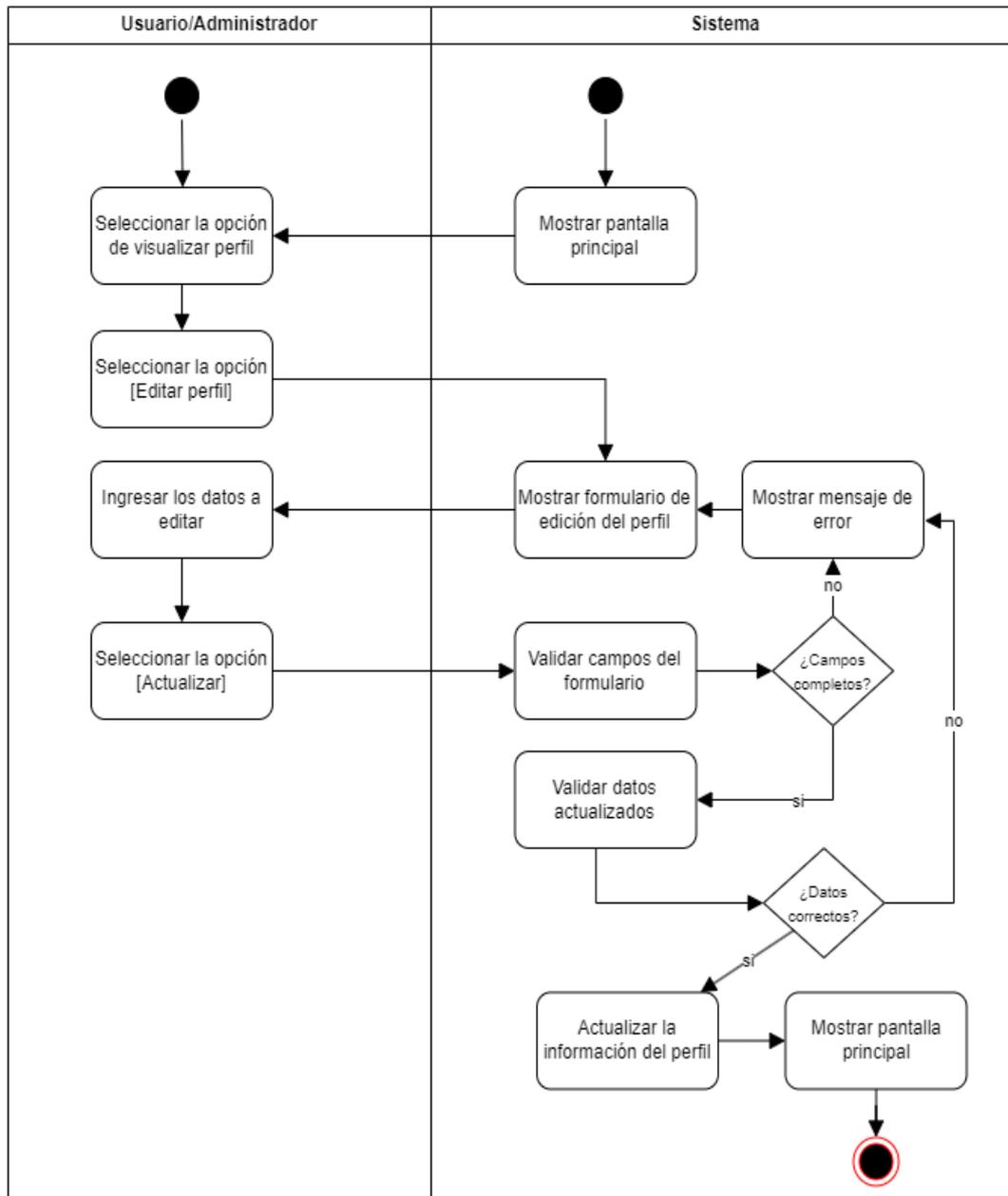


Fig. 7. Diagrama de actividad – Edición de registro de cuenta de usuario.

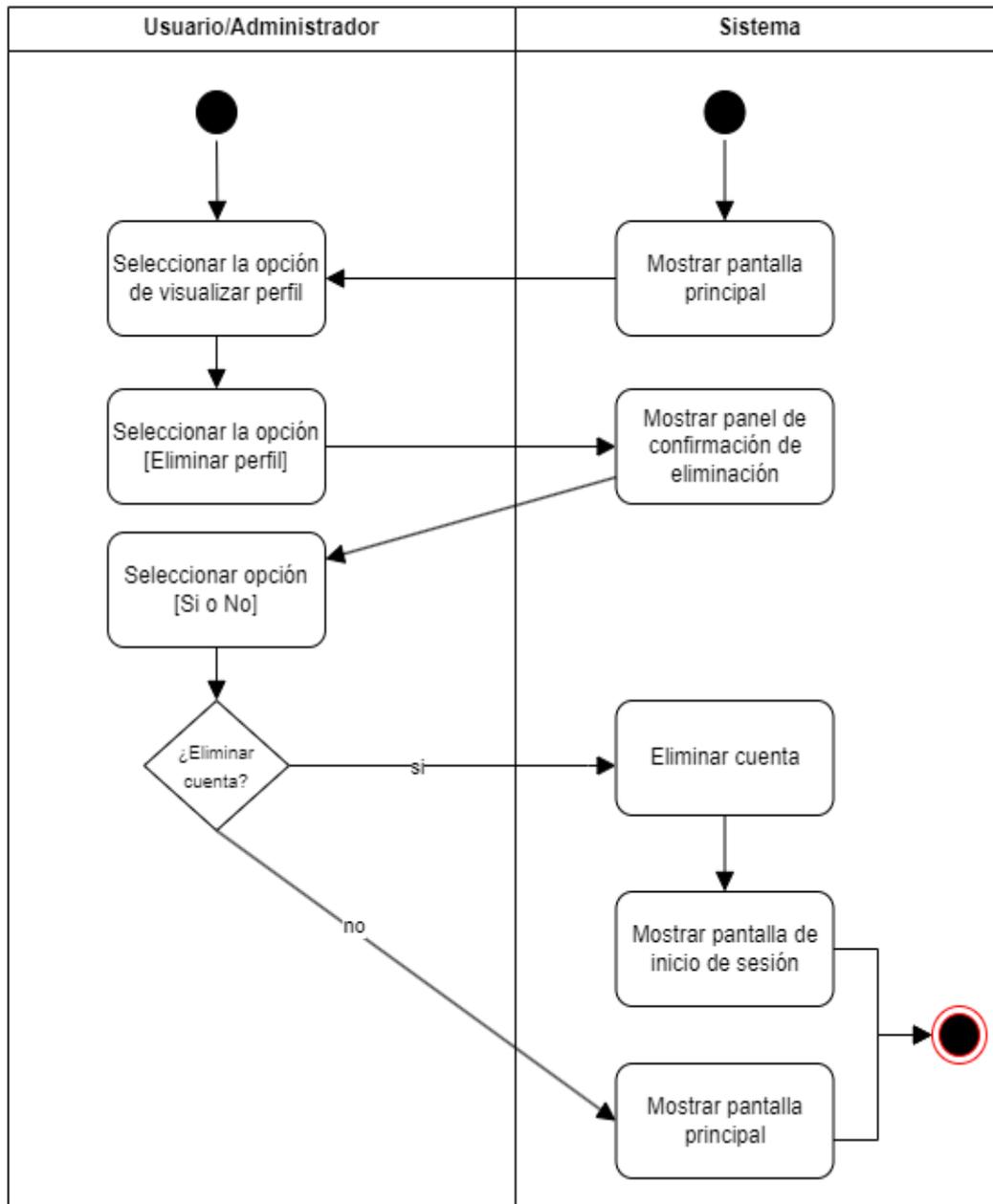


Fig. 8. Diagrama de actividad – Dar de baja cuenta de usuario.

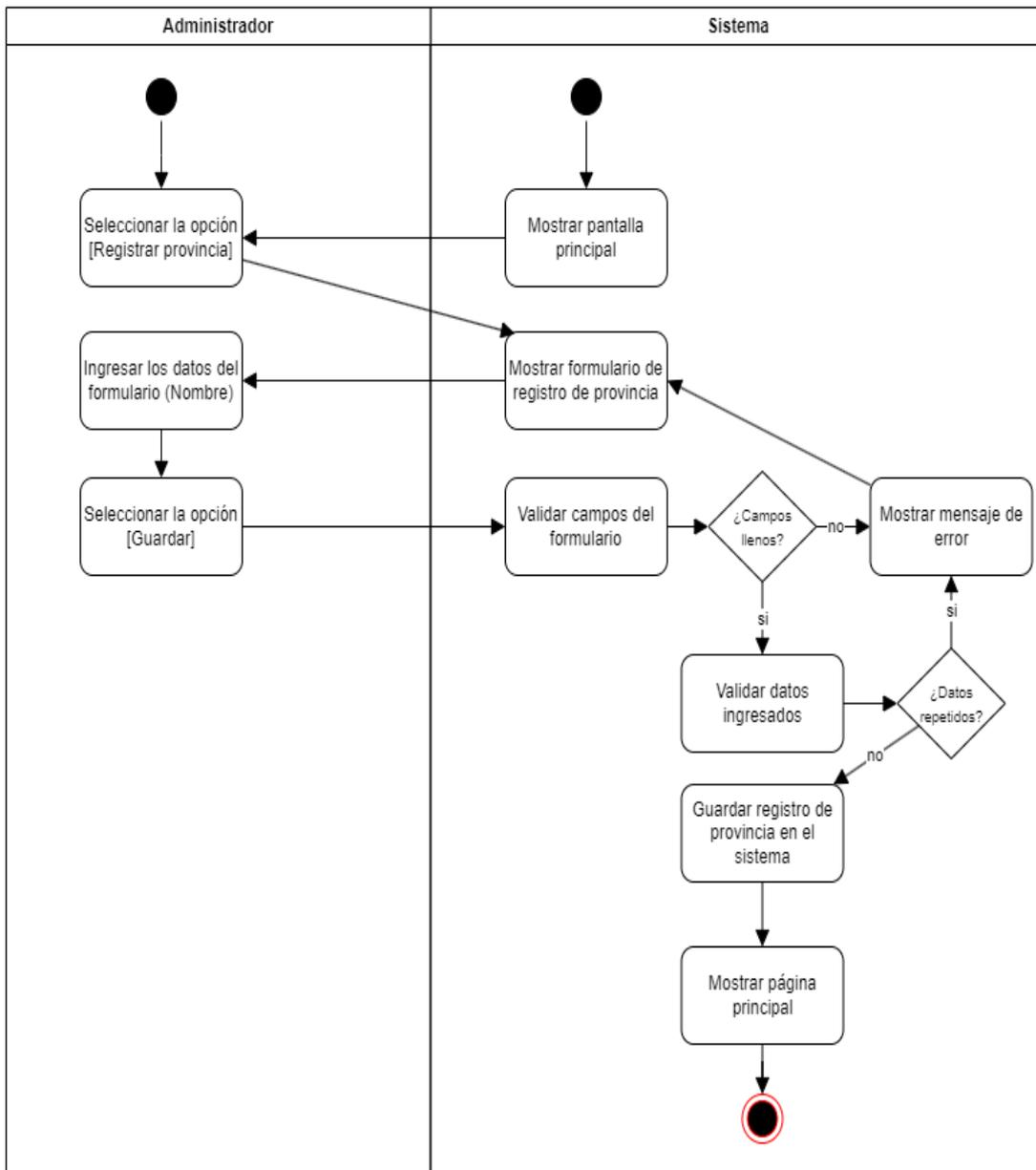


Fig. 9. Diagrama de actividad – Registro de provincia.

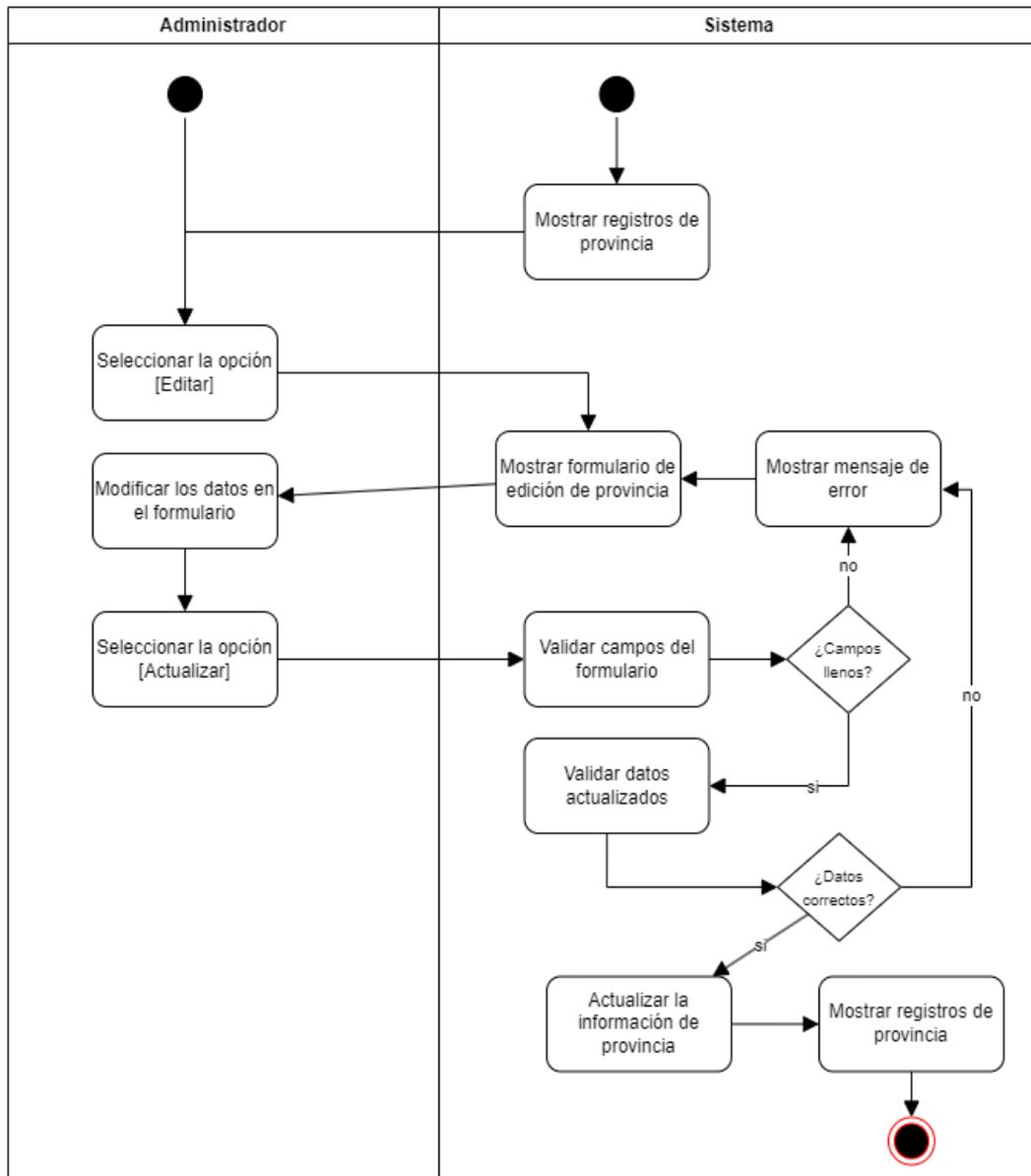


Fig. 10. Diagrama de actividad – Edición de registro de provincia.

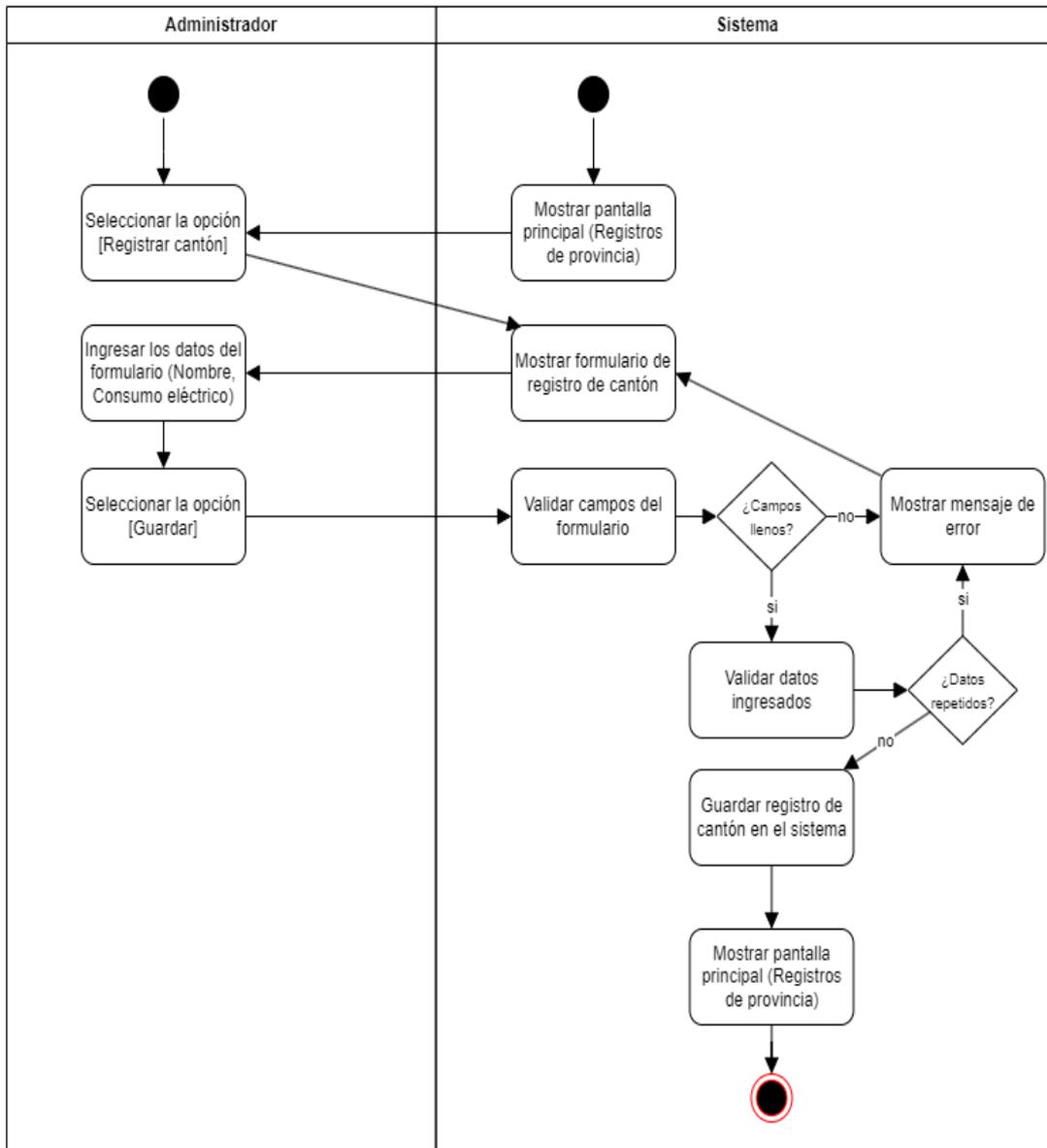


Fig. 11. Diagrama de actividad – Registro de cantón.

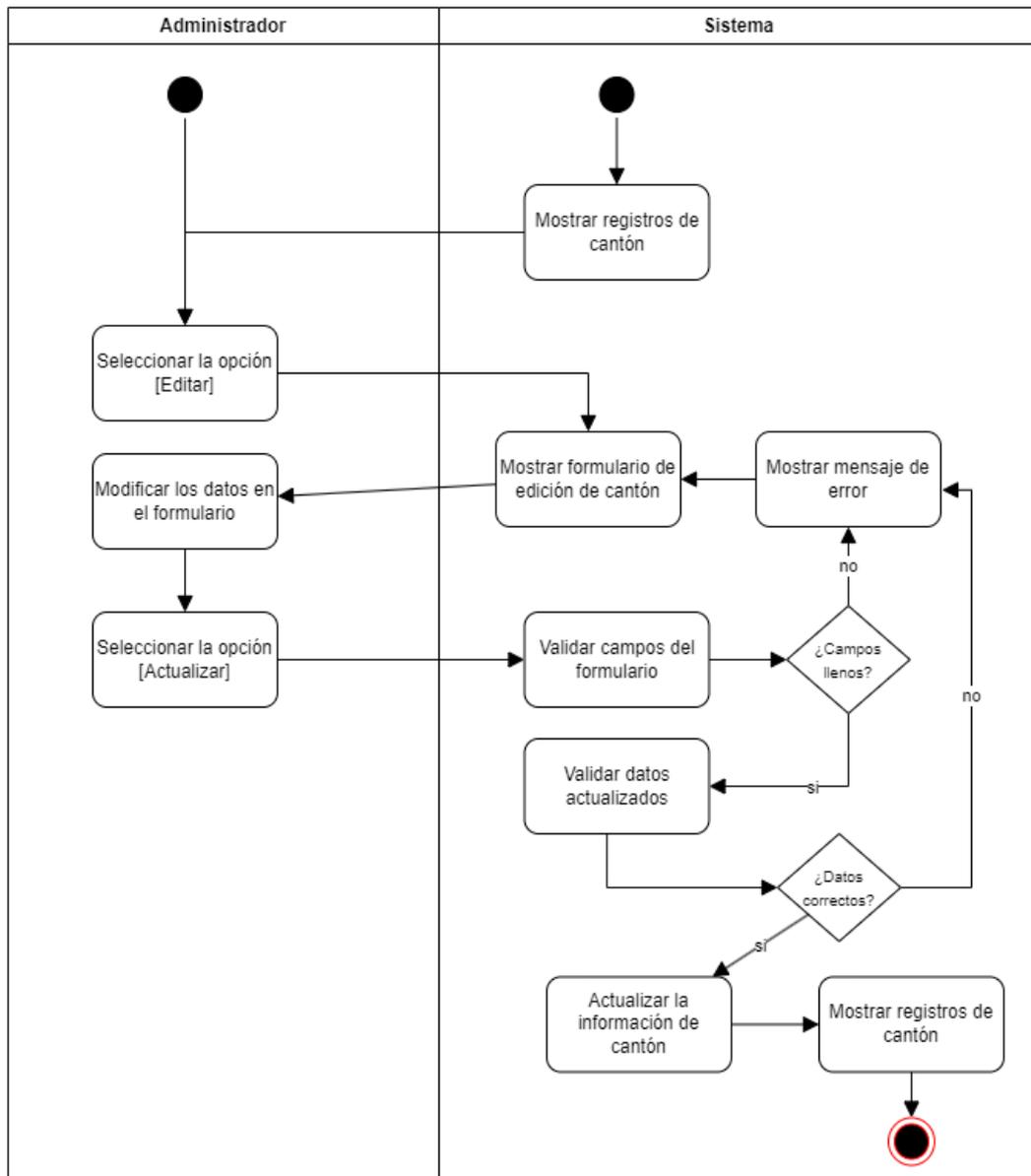


Fig. 12. Diagrama de actividad – Edición de registro de cantón.

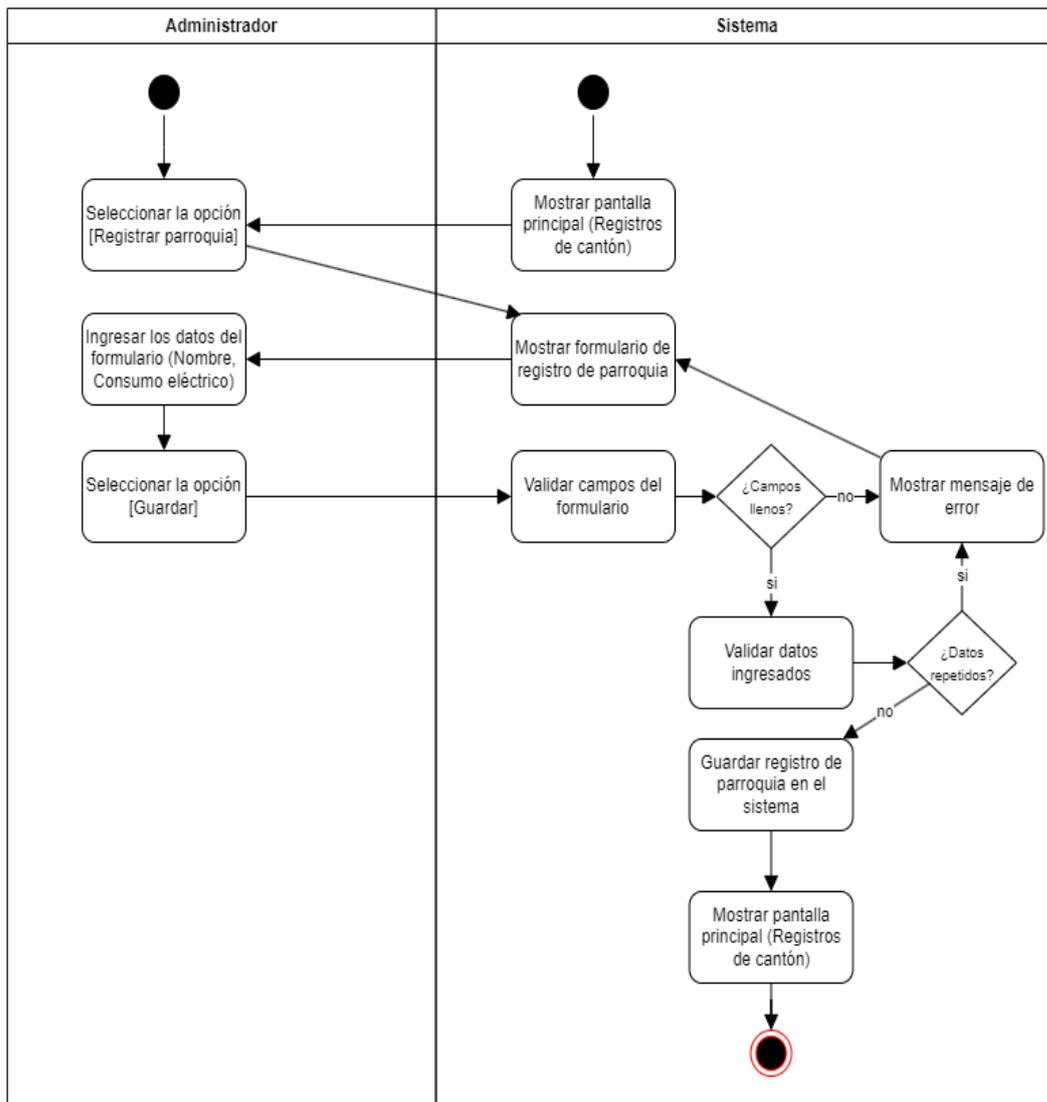


Fig. 13. Diagrama de actividad – Registro de parroquia.

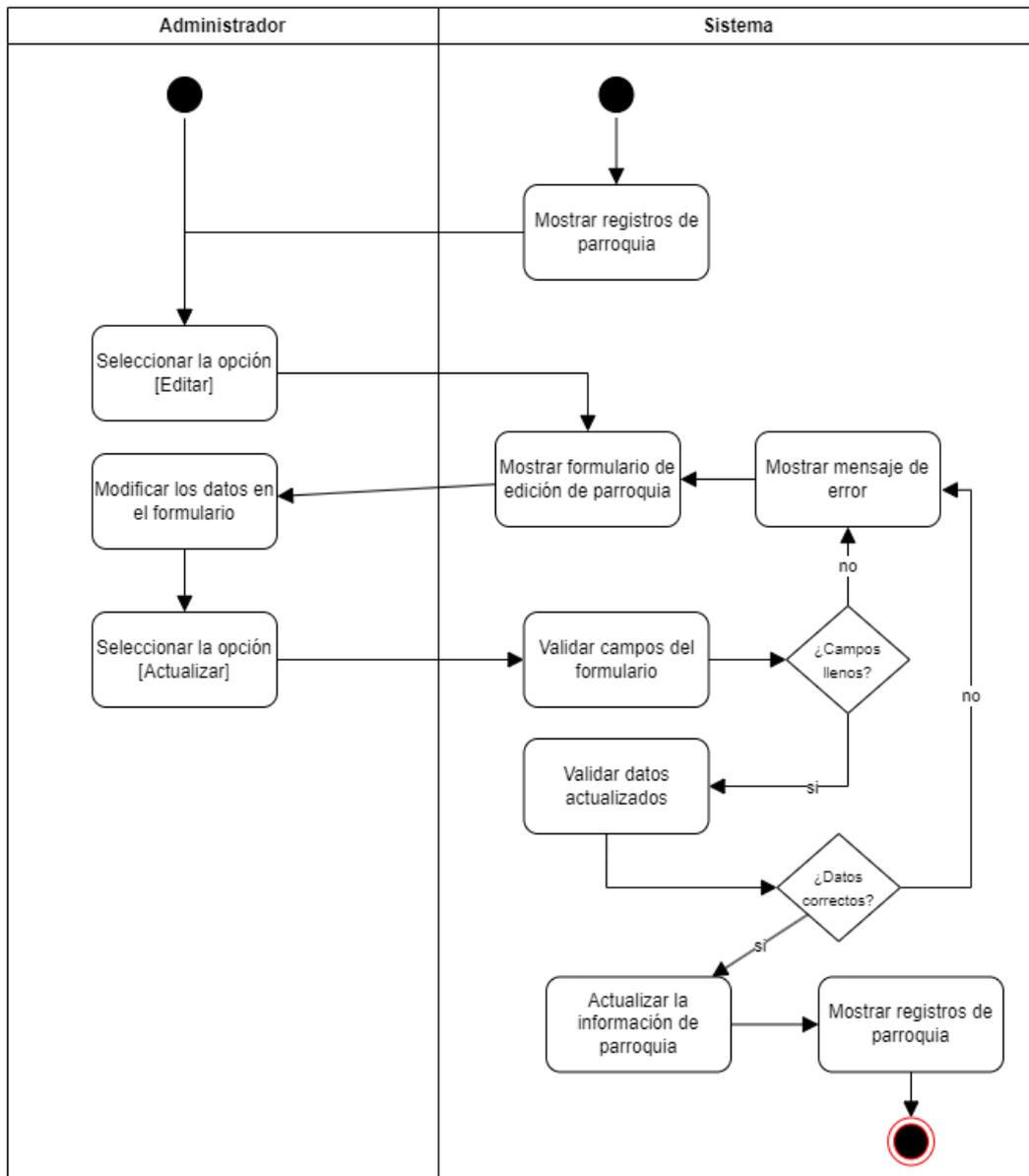


Fig. 14. Diagrama de actividad – Edición de registro de parroquia.

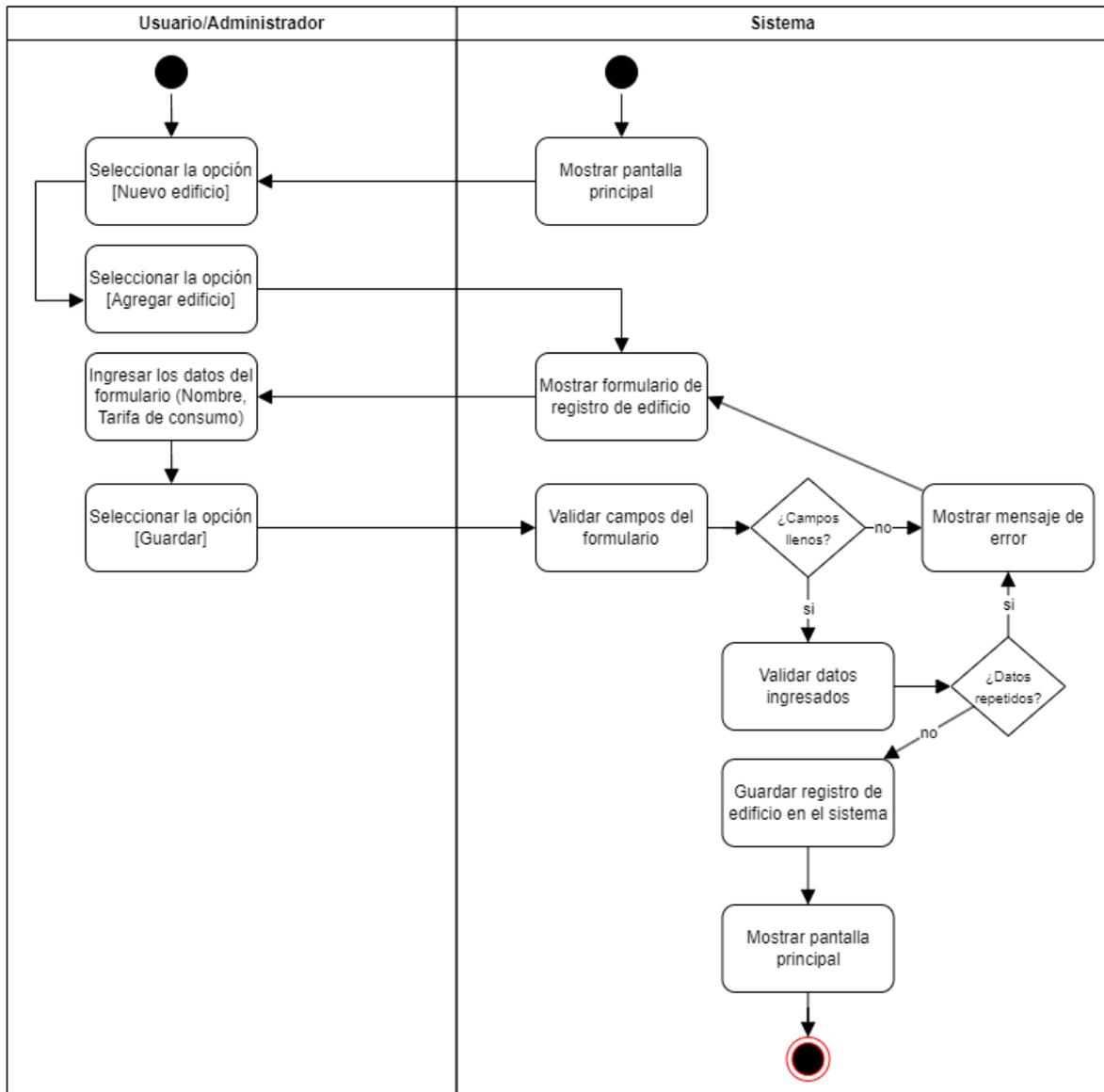


Fig. 15. Diagrama de actividad – Registro de edificio.

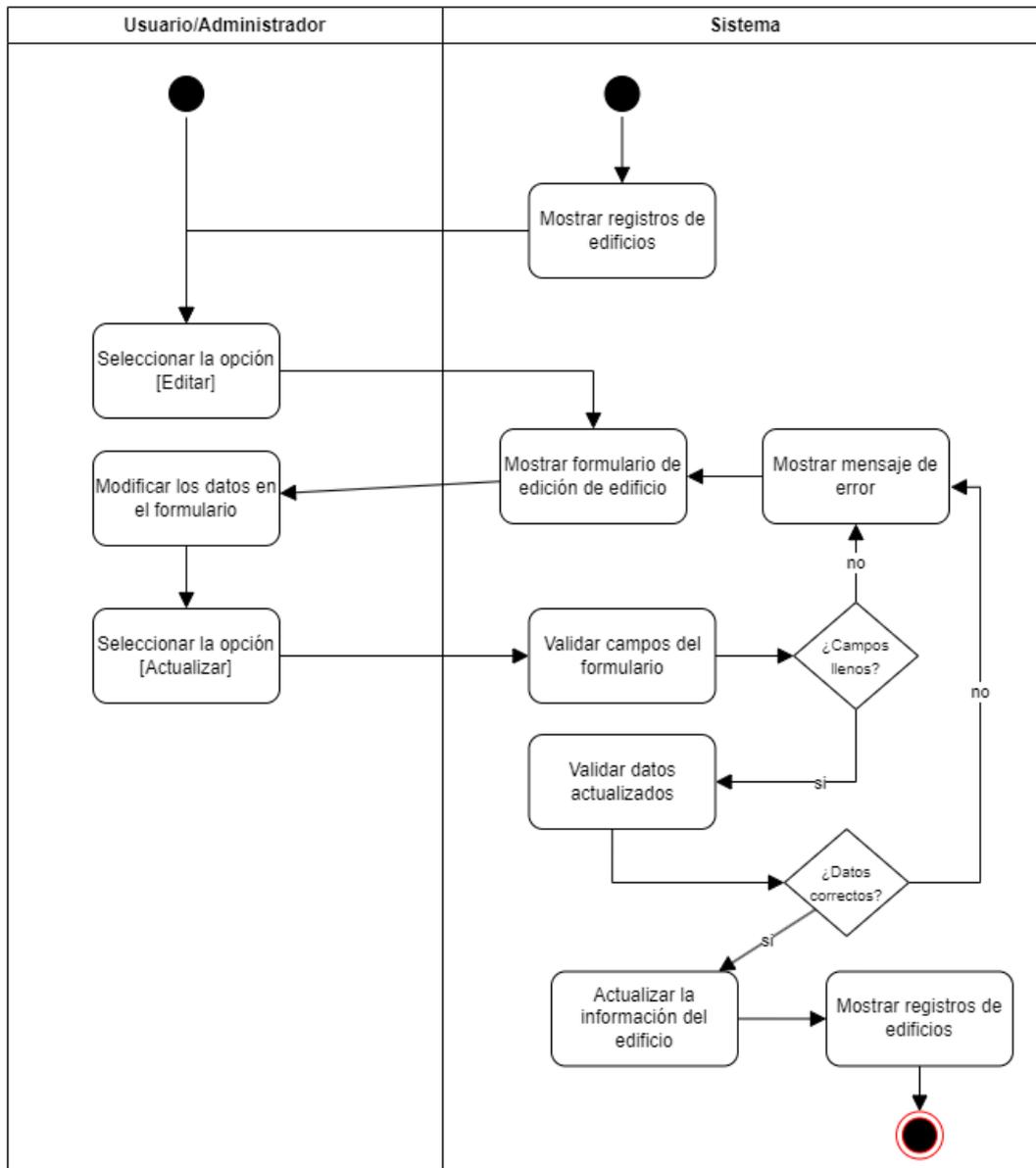


Fig. 16. Diagrama de actividad – Edición de registro de edificio.

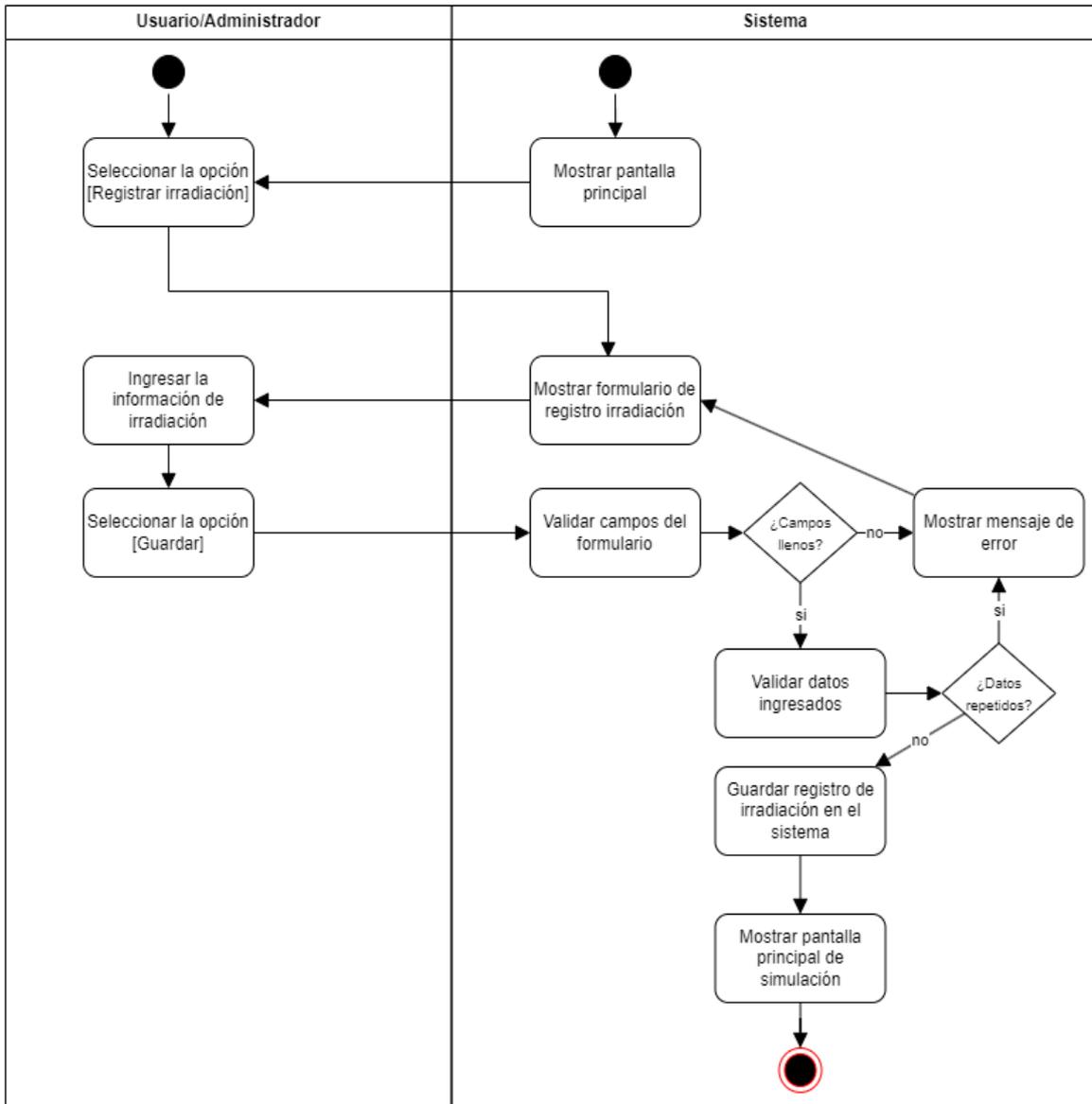


Fig. 17. Diagrama de actividad – Registro de irradiación.

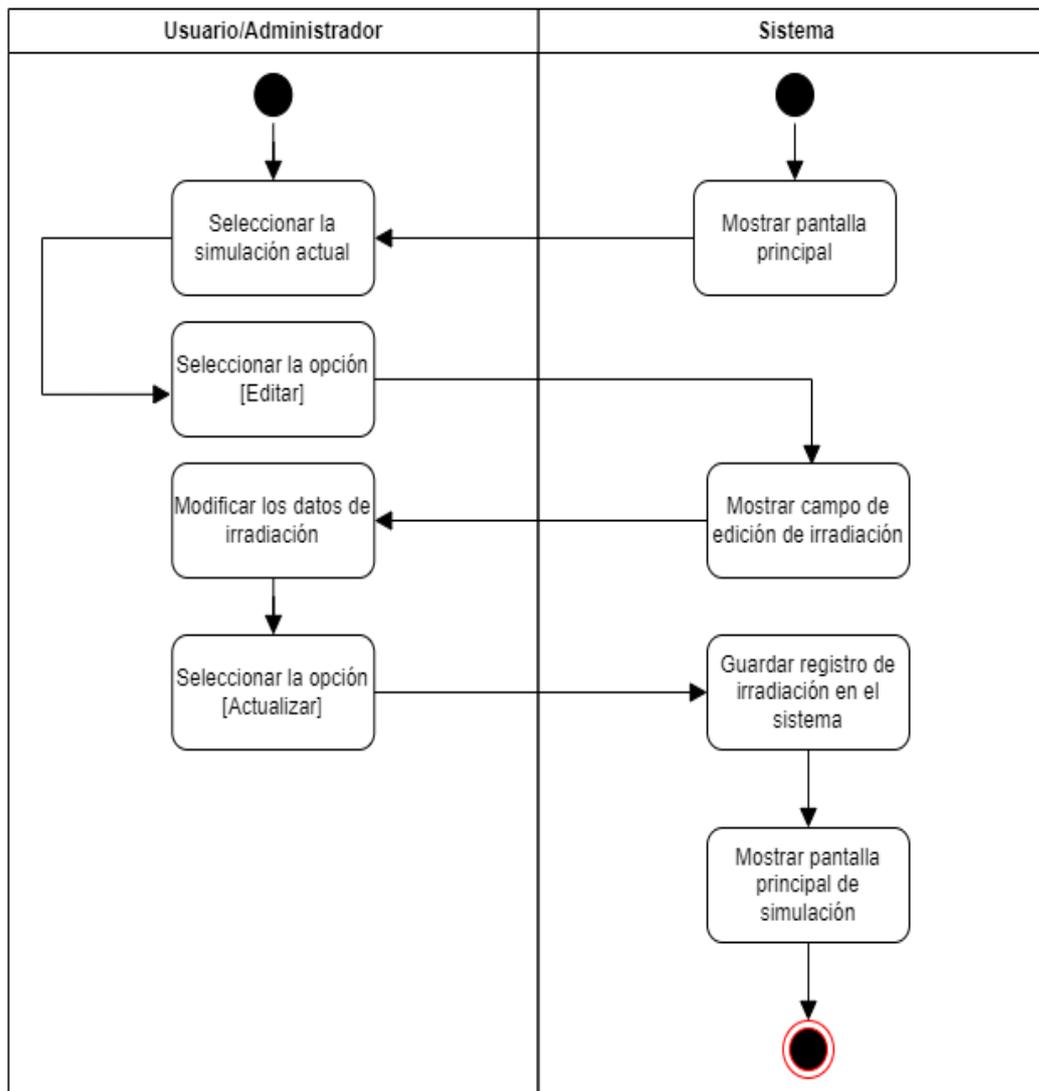


Fig. 18. Diagrama de actividad – Edición de registro de irradiación.

### 3.4. Vista de despliegue – Diagrama de componentes

La vista de componentes muestra de manera sencilla los componentes individuales de mayor importancia a través de un diseño estático. En este contexto, la **Fig. 19** presente el diagrama de componentes para el prototipo web donde se destaca la interacción de los componentes del backend desarrollado en Flask con el frontend desarrollado en Next JS y la capa de datos mediante la conexión con la base de datos MariaDB.

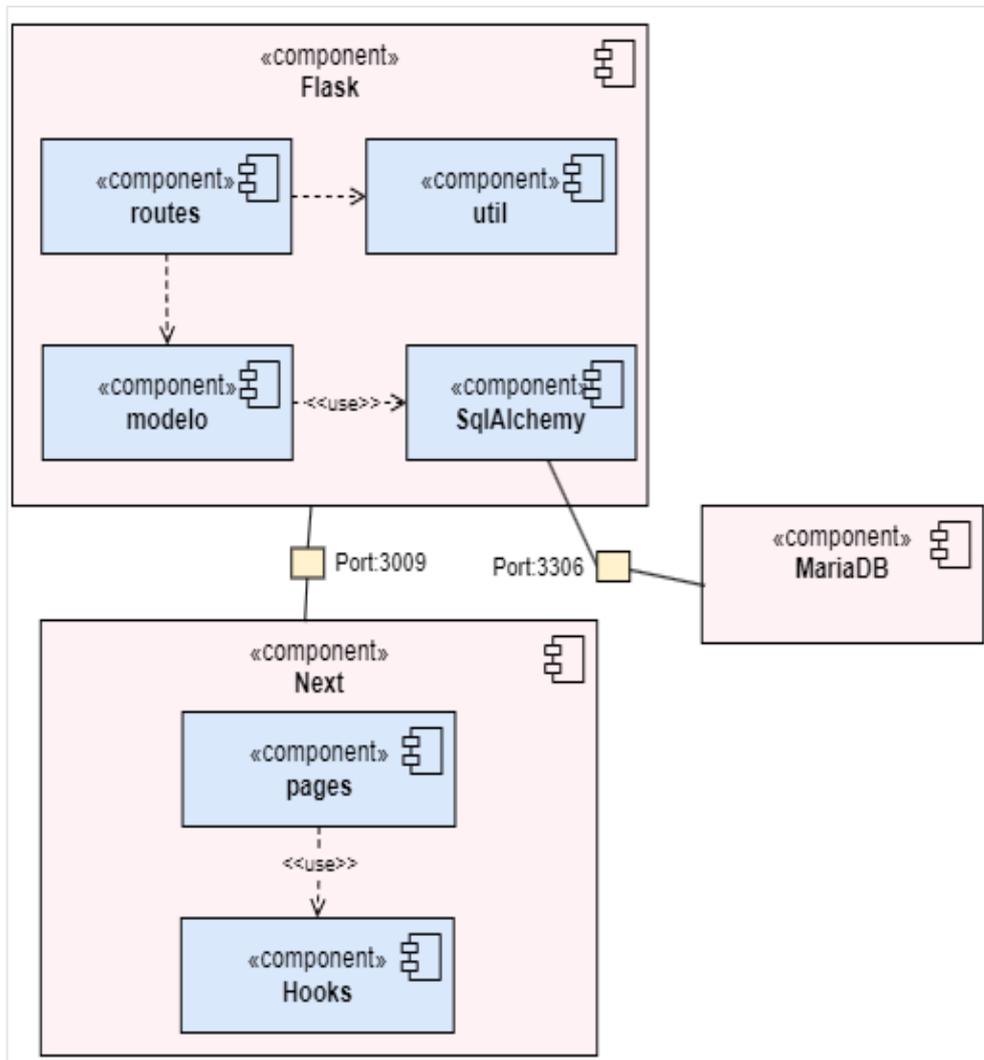


Fig. 19. Diagrama de componentes del prototipo web.

### 3.5. Vista física – Diagrama de despliegue

La vista de despliegue presenta todos los componentes que forman parte del prototipo durante el despliegue, tales como procesadores, nodos y dispositivos, así como los enlaces de comunicación que van a existir entre cada uno de estos. La **Fig. 20** muestra el diseño con las especificaciones de despliegue para la arquitectura de 3 capas donde se destaca el backend desarrollado con Flask, el frontend desarrollado con Next.js y la capa de base de datos mediante el uso de MariaDB.

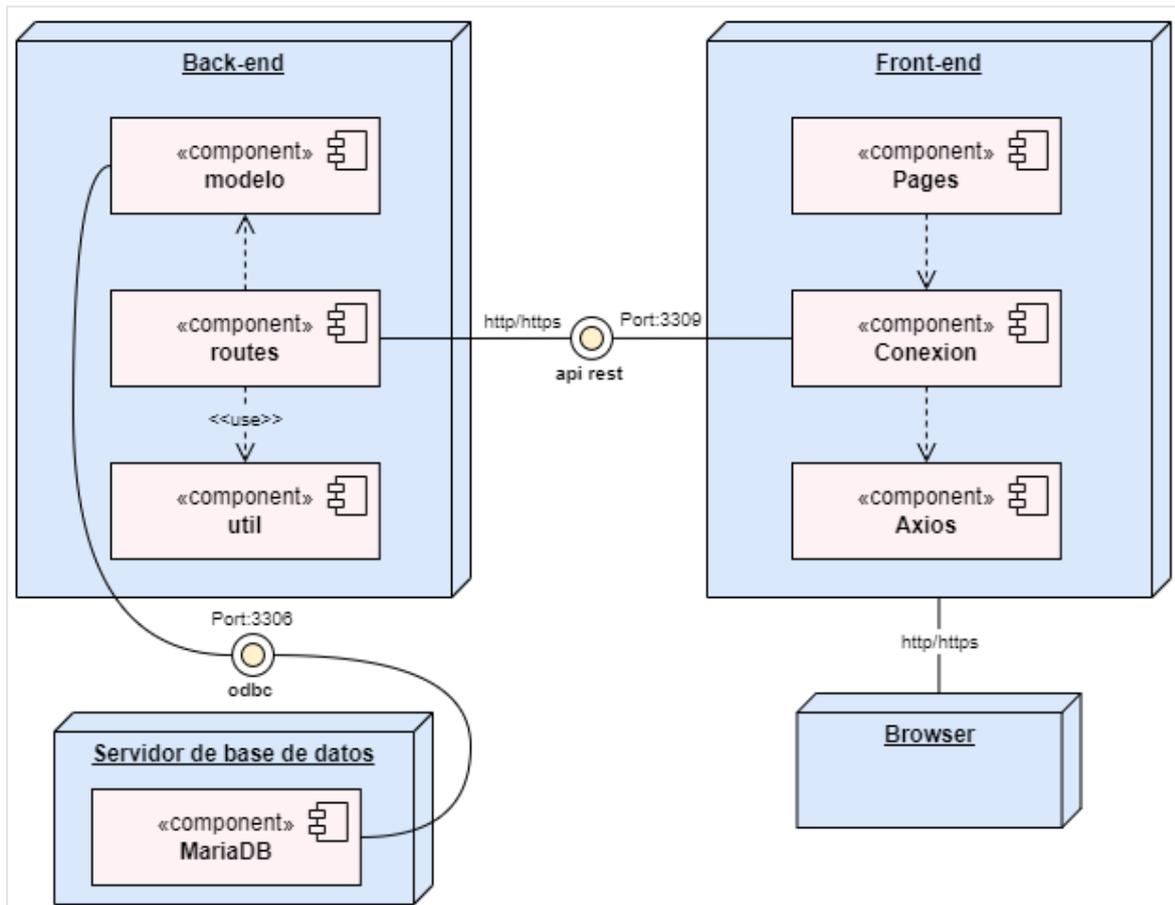


Fig. 20. Diagrama de despliegue del prototipo web.

## 4. Bibliografía

- [1] L. Gallego *et al.*, "BD4OPEM H2020 project. The 4+1 View Model of Software Architecture for enabling AI-based services in distribution grids," *CIREN 2021 - The 26th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution*, Online Conference, 2021, pp. 3145-3149, doi: 10.1049/icp.2021.1531.

## **Anexo 6.** Prototipos de interfaz



**Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

---

## **Prototipos de interfaz**

**Proyecto: Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático.**

**Versión 1.1**

---

---

### **Elaborado por:**

Johanna Elizabeth Ureña Hernández

### **Revisado y Aprobado por:**

Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

---

**Junio 2024**

---

# Contenido

- Historial de versiones** ----- 152
- 1. Introducción** ----- 153
  - 1.1 Propósito ----- 153
  - 1.2 Personal involucrado ----- 153
  - 1.3 Definiciones, acrónimos y abreviaturas ----- 153
- 2. Prototipos de interfaz** ----- 154
  - 2.1 Prototipo de inicio de sesión ----- 154
  - 2.2 Prototipo para registrar datos del sistema fotovoltaico ----- 154

# Historial de versiones

Versión	Fecha	Revisión	Historial de cambios	Autor	Verificación
1.0	04/06/2024	04/06/2024	Primera revisión	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.
1.1	11/06/2024	11/06/2024	Cambios en prototipos	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg.

# 1. Introducción

El presente documento contiene los prototipos de interfaces de usuario del prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático. La presente sección muestra la descripción del propósito, personal involucrado, y las definiciones y acrónimos.

## 1.1. Propósito

El propósito del presente documento es mostrar las interfaces de usuario del prototipo web, empleando el software web Figma para el diseño y construcción de las diferentes ventanas. La documentación fue revisada por el director del trabajo: Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg. para determinar si los prototipos han sido realizados de manera efectiva.

## 1.2. Personal involucrado

Nombre	Johanna Elizabeth Ureña Hernández
Rol	Analista y desarrollador.
Categoría profesional	Estudiante de la carrera de Computación.
Responsabilidades	Análisis, diseño y construcción de los requisitos del aplicativo.
Información de contacto	yeurenah@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	José Oswaldo Guamán Quinche
Rol	<ul style="list-style-type: none"><li>- Director de Trabajo de Integración Curricular.</li><li>- Analista de requerimientos.</li></ul>
Categoría profesional	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ingeniero en Sistemas.</li><li>- Docente de la carrera de Ingeniería en Computación.</li></ul>
Responsabilidades	Asesorar el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular.
Información de contacto	jose.o.guaman@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

## 1.3. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Nombre	Descripción
Usuario	Persona que hará uso del sistema con funciones limitadas.
Administrador	Persona que hará uso del sistema sin restricción en las funciones.
UNL	Universidad Nacional de Loja.
SFV	Sistema solar fotovoltaico

## 2. Prototipo de interfaz

### 2.1. Prototipo de inicio de sesión

La Fig. 1 muestra el prototipo de interfaz para el inicio de sesión, la cual permite ingresar al sistema con el uso del correo electrónico y la clave creados en el registro de la cuenta.



El prototipo de interfaz para el inicio de sesión se muestra dentro de un recuadro con esquinas redondeadas y un borde azul. En la parte superior central hay un círculo gris que representa un perfil de usuario. Debajo de él, el texto "Bienvenido, usuario" está centrado en una fuente sans-serif. Justo debajo, en un tamaño de letra más pequeño, se lee "Inicio de sesión para continuar".

Hay dos campos de entrada de texto, uno encima del otro, con el texto "Correo electrónico" y "Clave" respectivamente a la izquierda de cada campo. Los campos son rectangulares con esquinas redondeadas y un borde gris claro.

Debajo del campo de la clave, hay un enlace que dice "¿Olvidó su clave?".

En la parte inferior del formulario, hay un botón rectangular con esquinas redondeadas y un fondo azul sólido, con el texto "Inicio de sesión" en blanco centrado.

Fig. 1. Prototipo de interfaz para el inicio de sesión.

### 2.2. Prototipo para registrar datos del sistema fotovoltaico

La Fig. 2 muestra el prototipo de interfaz para el registro de la información asociada a la simulación de viabilidad de instalar los sistemas solares fotovoltaicos. En la ventana se destacan tres secciones, la primera, la cual permite registrar los datos de la irradiación, solicitando la selección de la provincia, el cantón y la respectiva parroquia, además de la fuente de consumo. La segunda sección permite registrar los datos del edificio, solicitando la selección del tipo de edificio, el consumo eléctrico mensual y la demanda de potencia eléctrica. Finalmente, la tercera sección se enfoca en registrar los datos del sistema fotovoltaico, tales como el ángulo de inclinación, la potencia, el costo de consumo, la potencia nominal, la eficiencia del sistema fotovoltaico y otros elementos claves para la simulación.

**AUTOCONSUMO  
FOTOVOLTAICO  
ECUADOR**

Opción 1
Opción 2
Opción 3

**Datos de irradiación**

Provincia

Seleccione un cantón

Seleccione la parroquia

Seleccione la fuente

**Datos del edificio**

Seleccione el tipo

Seleccione el edificio

Consumo eléctrico mensual

Demanda de potencia eléctrica

**Datos del sistema fotovoltaico**

Ángulo de inclinación

Potencia

Costo de consumo

Potencia nominal

Eficiencia del sistema fotovoltaico

Dato nuevo

Dato nuevo

Dato nuevo

Cancelar

Registrar simulación

Fig. 2. Prototipo de interfaz para registrar información del SFV.

## **Anexo 7.** Pruebas de aceptación del usuario final



**Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

---

## **Pruebas de aceptación**

**Proyecto: Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático.**

**Versión 1.1**

---

---

**Elaborado por:**

Johanna Elizabeth Ureña Hernández

**Aprobado por:**

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez.

---

**Julio 2024**

---

# Contenido

- Historial de versiones** ----- 159
- Legalización del documento** ----- 160
- 1. Introducción** ----- 161
  - 1.1 Propósito ----- 161
  - 1.2 Personal involucrado ----- 161
  - 1.3 Definiciones, acrónimos y abreviaturas ----- 161
- 2. Ejecución de pruebas de aceptación** ----- 162

# Historial de versiones

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Revisión</b>	<b>Historial de cambios</b>	<b>Autor</b>	<b>Verificación</b>
1.0	24/06/2024	24/06/2024	Primera revisión	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. Juan Carlos Solano Jiménez
1.1	01/07/2024	01/07/2024	Aceptación total de las pruebas	Johanna Elizabeth Ureña Hernández	Ing. Juan Carlos Solano Jiménez

## Legalización del documento

Por medio de la presente, se confirma que las pruebas de aceptación del prototipo web para el Trabajo de Integración Curricular, titulado "*Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático*", se han realizado con éxito y han sido verificadas por el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en su calidad de usuario final.

Se adjunta las firmas de los participantes.

F:  Firmado electrónicamente por:  
JUAN CARLOS SOLANO  
JIMENEZ

---

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez  
DOCENTE DE LA CARRERA DE  
TELECOMUNICACIONES

F:  Firmado electrónicamente por:  
JOHANNA ELIZABETH  
URENA HERNANDEZ

---

Johanna Elizabeth Ureña Hernández  
TESISTA

# 1. Introducción

El presente documento es una especificación de las pruebas de aceptación del usuario final sobre el prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático. La presente sección muestra la descripción del propósito, personal involucrado, y las definiciones y acrónimos.

## 1.1. Propósito

El propósito del presente documento es verificar el cumplimiento de las necesidades específicas de la aplicación, las mismas que fueron propuestas en las historias de usuario en el apartado de criterios de aceptación. La documentación fue revisada por el director del trabajo: Ing. José Oswaldo Guamán Quinche, Mg. para determinar su validez. Además, se consta con la participación activa del Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en calidad de usuario final.

## 1.2. Personal involucrado

Nombre	Johanna Elizabeth Ureña Hernández
Rol	Analista y desarrollador.
Categoría profesional	Estudiante de la carrera de Computación.
Responsabilidades	Análisis, diseño y ejecución de pruebas sobre el prototipo web.
Información de contacto	yeurenah@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

Nombre	Juan Carlos Solano Jiménez
Rol	- Especialista
Categoría profesional	- Ingeniero en Telecomunicaciones. - Docente de la carrera de Telecomunicaciones.
Responsabilidades	- Asesorar el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular. - Aceptación de las pruebas.
Información de contacto	juan.solano@unl.edu.ec
Aprobación	Aprobado

## 1.3. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Nombre	Descripción
Usuario	Persona que hará uso del sistema con funciones limitadas.
HU	Historia de usuario
SFV	Sistema solar fotovoltaico

## 2. Ejecución de pruebas de aceptación

La **Tabla\_1\_Anexo\_VII** presenta el listado de las pruebas de aceptación realizadas al prototipo web para la toma de decisiones y la simulación de la viabilidad de instalar SFV en las zonas residenciales en la ciudad de Loja y de Ecuador en general. Las pruebas se realizaron en función de los criterios de aceptación de las historias de usuario, por lo tanto, se llevaron a cabo en presencia y bajo supervisión del Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, en su calidad de usuario final. Además, se destaca la presencia del apartado “Fecha de aceptación” el cual permite observar cuando fue la aceptación del cumplimiento de la funcionalidad. En este sentido, tras la primera revisión realizada se alcanzó un cumplimiento del 90% de las necesidades, sin embargo, con las observaciones realizadas se pudo llegar a un cumplimiento en su totalidad de los requerimientos.

Tabla\_1\_Anexo\_VII. Pruebas de aceptación basadas en las historias de usuario.

Pruebas de aceptación basadas en las HU				
Nro	HU	Estado	Fecha de revisión	Fecha de aceptación
H001	Inicio de sesión	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H002	Registro de cuenta	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H003	Edición de cuenta	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H004	Dar de baja cuenta	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H005	Registrar información de provincia	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H006	Editar información de provincia	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H007	Registrar consumo eléctrico por sitio (cantón)	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H008	Registrar consumo eléctrico por sitio (parroquia)	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H009	Visualizar la ubicación geográfica	Aprobada	24/06/2024	01/07/2024
H010	Administrar irradiación de cantones y parroquias	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H011	Administrar la información del edificio	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H012	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024
H013	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico	Aprobada	24/06/2024	24/06/2024

A continuación, se presenta el cuestionario aplicado al Ing. Juan Carlos Solano Jiménez en su calidad de usuario final, destacando las observaciones sobre ciertos criterios de aceptación de las historias de usuario. No obstante, según las conversaciones con el Ing. Juan Solano, se acordó cumplir internamente con dichas observaciones sin la aplicación de nuevos cuestionarios.

## EVALUACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL PROTOTIPO WEB PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### INTRODUCCIÓN

El presente cuestionario tiene como objetivo la evaluación de aceptación del prototipo web, el cual se enfoca en la toma de decisiones informadas para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en las zonas residenciales de la ciudad.

### DESCRIPCIÓN

La evaluación se realiza tomando los criterios de aceptación de las historias de usuario para determinar el cumplimiento de las necesidades del usuario final, el Ing. Juan Carlos Solano Jiménez.

### INDICACIÓN

Si los criterios de aceptación de la historia de usuario se cumplen, se debe marcar con una (✓); en caso contrario, se debe marcar con una (X).

### GLOSARIO

- NUH: Número de Historia de Usuario.
- UH: Historia de Usuario.

### EVALUACIÓN

NUH	UH	Criterio de aceptación	¿Se cumple?	Observación
1	Inicio de sesión	Se debe mostrar un formulario para ingresar los datos de inicio de sesión: correo electrónico y contraseña.	✓	Se debe mostrar y ocultar la contraseña
		Debe existir un botón para dar paso al inicio de sesión en el sistema una vez se hayan ingresado las credenciales.	✓	
		Si las credenciales están vacías o no existen, se mostrará una alerta o mensaje de error.	✓	Las alertas deben mostrarse a un costado de la página.
		El sistema debe realizar la verificación de las credenciales para determinar el acceso al sistema.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario para el registro de una cuenta donde se deben rellenar campos como: nombre, apellido, correo electrónico, usuario, clave y otra información importante.	✓	

2	Registro de cuenta	Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un correo electrónico que no cumple con las especificaciones mínimas de un email (gmail.com).	✓	
		Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar una cuenta con el mismo correo electrónico.	✓	
		La nueva clave de usuario debe cumplir con las especificaciones mínimas de seguridad: mínimo 8 caracteres, letras, caracteres especiales y números.	✓	Se debe mostrar un mensaje de ayuda claro y preciso
		Se mostrará un mensaje de error si se detecta una nueva clave que no cumpla con los requisitos mínimos de seguridad.	✓	
		Debe existir un botón "Registro" para dar paso al registro de la cuenta en el sistema.	✓	
		Mostrar mensaje de ayuda para orientar al registro de los parámetros de la nueva cuenta.	✓	
		Si existen parámetros vacíos se debe mostrar la alerta respectiva.	✓	
3	Edición de cuenta	Se debe mostrar la opción para modificar la información de la cuenta personal mediante un botón en el perfil de usuario.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario con la información de la cuenta cargada con la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre, apellido y usuario.	✓	
		Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.	✓	
		En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición.	✓	
		El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.	✓	
4	Dar de baja cuenta	Se debe mostrar la opción para dar de baja la cuenta personal mediante un botón en el perfil de usuario.	✓	
		Se debe mostrar un panel de confirmación para la eliminación.	✓	
		El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.	✓	
5	Registrar información de provincia	Debe existir la opción para agregar un nuevo registro de provincia desde la pantalla principal.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario para el registro de información de las provincias, donde se pedirá rellenar campos como: nombre de provincia.	✓	
		Debe existir un botón "Guardar" para dar paso al registro de la nueva provincia en el sistema.	✓	
		Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de provincia con el mismo nombre.	✓	

		Mostrar mensajes de confirmación.	✓	
6	Editar información de provincia	Se debe mostrar la opción para modificar la información de una provincia directamente desde la tabla de lista de provincia.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario con la información de la provincia cargada en los parámetros, permitiendo la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre de la provincia.	✓	
		Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.	✓	
		En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro de provincia.	✓	
		El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.	✓	
		En caso de actualizar los datos de una provincia y ya exista un registro con el mismo nombre, se mostrará un mensaje de error correspondiente.	✓	
7	Registrar censo eléctrico por sitio (cantón)	Debe existir la opción para agregar un nuevo registro electrónico por sitio.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario para el registro de la información del cantón, donde se pedirá rellenar campos como: nombre del cantón y consumo eléctrico.	✓	
		Debe existir un botón para dar paso al registro del nuevo cantón en el sistema.	✓	
		Si existen parámetros por completar se debe mostrar la alerta respectiva.	✓	Las alertas deben ser precisas.
		Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de cantón con el mismo nombre.	✓	
		Mostrar mensajes de ayuda para orientar al registro de los parámetros del nuevo cantón.	✓	
		El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de acuerdo a una fuente determinada o por la posición geográfica.	✓	
		El sistema permitirá registrar el consumo eléctrico de acuerdo a la zona urbanística por lo que puede ser urbano o rural.	✓	
		El sistema mostrará la opción para modificar la información de un cantón directamente desde su registro.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario con la información del cantón cargada en los parámetros, permitiendo la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre del cantón y consumo eléctrico.	✓	
		Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.	✓	
		En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro del cantón.	✓	

		El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.	✓	
		En caso de actualizar los datos de un cantón y ya exista un registro con el mismo nombre, se mostrará un mensaje de error correspondiente.	✓	
8	Registrar censo eléctrico por sitio (parroquia)	Debe existir la opción para agregar un nuevo registro de parroquia desde el registro de un cantón.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario para el registro de la información de la parroquia, donde se pedirá rellenar campos como: nombre de la parroquia y consumo eléctrico.	✓	
		Debe existir un botón para dar paso al registro de la nueva parroquia en el sistema.	✓	
		Si existen parámetros por completar se debe mostrar la alerta respectiva.	✓	
		Se mostrará un mensaje de error en caso de detectar un registro de parroquia con el mismo nombre.	✓	
		Mostrar mensajes de ayuda para orientar al registro de los parámetros de la nueva parroquia.	✓	
		Se debe mostrar la opción para modificar la información de una parroquia directamente desde su registro.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario con la información de la parroquia cargada en los parámetros, permitiendo la posibilidad de cambiar los datos. Se pueden modificar los siguientes campos: nombre de la parroquia y consumo eléctrico.	✓	
		Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.	✓	
		En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro de la parroquia.	✓	
		El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.	✓	
9	Visualizar la ubicación geográfica	En caso de actualizar los datos de una parroquia y ya exista un registro con el mismo nombre, se mostrará un mensaje de error correspondiente.	✓	
		Se debe mostrar la opción para visualizar la ubicación geográfica de un lugar en particular.	✓	
		El sistema debe mostrar un mapa con las coordenadas geográficas por sitio.	✓	Reducir el tamaño del mapa.
		El mapa debe ser interactivo.	✓	
		Se debe mostrar la opción para registrar la irradiación de los diferentes cantones y parroquias de las provincias del Ecuador.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario donde se pedirá ingresar la irradiación del cantón o de la parroquia, directamente desde su registro.	✓	

10	Administrar irradiación de cantones y parroquias	Se mostrará el botón para guardar la información de la irradiación del cantón o parroquia seleccionada.	✓	
		Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.	✓	
		En caso de presentar campos vacíos se mostrará la alerta respectiva.	✓	
		Se debe mostrar la opción para actualizar la irradiación de los diferentes cantones y parroquias de las provincias del Ecuador.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario con el registro de irradiación cargado, permitiendo realizar su modificación.	✓	
		En caso de realizar modificaciones se debe mostrar un panel de confirmación para la edición del registro.	✓	
		El sistema permitirá cancelar la operación mediante un botón de cancelación.	✓	
		Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.	✓	
		En caso de presentar campos vacíos se mostrará la alerta respectiva.	✓	
11	Administrar la información del edificio	Se debe mostrar la opción para registrar la información relacionada a los edificios, por lo tanto, el sistema debe mostrar un formulario donde se pedirá el tipo de edificio y la tarifa del consumo eléctrico que se maneja (TCD, BTCD, BTSD, MTCD y BMT).	✓	
		Se mostrará el botón para guardar la información del edificio en el sistema.	✓	
		Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.	✓	
		En caso de presentar campos vacíos se mostrará la alerta respectiva.	✓	
		Se debe mostrar la opción para registrar el consumo eléctrico por edificio desde el propio registro.	✓	
		El sistema debe mostrar un formulario donde se pedirá registrar el consumo mensual sin demanda o el consumo mensual con demanda.	✓	
		Se mostrará el botón para guardar la información del consumo eléctrico del edificio en el sistema.	✓	
Se mostrarán los mensajes de ayuda para guiar el llenado de los campos.	✓			
12	Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico	El sistema debe permitir registrar la potencia nominal del sistema fotovoltaico en kW con un mínimo de 0 kW y un máximo de 100 kW, la inclinación de los paneles solares en grados con un mínimo de 0 grados y máximo de 90 grados, la eficiencia del módulo en porcentaje con un mínimo de 0% y un máximo de eficiencia equivalente a 50% y el costo por kW con un valor mínimo de \$1.50.	✓	
		Se mostrará el botón "Calcular" para registrar la información del sistema fotovoltaico en la base de datos.	✓	

		Se mostrarán las ayudas para guiar el registro de los campos.	✓	
		El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo del dimensionamiento del sistema utilizando variables numéricas como: altitud, ubicación, radiación solar y otras variables.	✓	
		El sistema presentará la estimación del tamaño óptimo del sistema.	✓	
		El sistema realizará el cálculo sobre los valores a pagar de la planilla eléctrica, considerando variables como: ubicación y tamaño.	✓	
		A partir del cálculo de los valores a pagar de la planilla eléctrica el sistema calculará el ahorro anual estimado.	✓	
		El sistema presentará la estimación del ahorro anual.	✓	
		El sistema calculará el autoconsumo anual para conocer la comparación entre la energía obtenida por el sistema y el consumo eléctrico real.	✓	
		El sistema presentará el autoconsumo anual.	✓	
		A partir del ahorro anual calculado, el sistema realizará el cálculo del retorno de la inversión.	✓	
		El sistema presentará el retorno de inversión.	✓	
13	Visualizar el rendimiento del sistema fotovoltaico	El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo de la irradiación diaria. Se utilizarán los datos proporcionados del sistema fotovoltaico y la altitud.	✓	
		El sistema mostrará mediante un gráfico de barras los resultados obtenidos del cálculo.	✓	
		El gráfico de barras presentará la comparación entre los resultados del plano horizontal y el plano inclinado para cada mes del año.	✓	
		Los valores se expresarán en kWh/m <sup>2</sup> .	✓	
		El sistema mediante el modelamiento matemático realizará el cálculo de la factura eléctrica.	✓	
		El sistema mostrará mediante un gráfico de barras los resultados obtenidos del cálculo.	✓	
		El gráfico de barras presentará la relación de los valores de la factura original con los obtenidos en el cálculo y el costo del consumo mensual.	✓	

Se adjunta las firmas de los participantes:



Firmado electrónicamente por:  
JUAN CARLOS SOLANO  
JIMENEZ

F: \_\_\_\_\_

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez  
DOCENTE DE LA CARRERA DE  
TELECOMUNICACIONES



Firmado electrónicamente por:  
JOHANNA ELIZABETH  
UREÑA HERNANDEZ

F: \_\_\_\_\_

Johanna Elizabeth Ureña Hernández  
EVALUADOR/TESISTA

**Anexo 8.** Encuesta para evaluar el grado de aceptación del prototipo



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

### FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

**Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de  
Loja mediante el uso del modelamiento matemático**

Preguntas de encuesta para evaluar el grado de  
aceptación del prototipo web.

**AUTORA:**

*Johanna Elizabeth Ureña Hernández*

**Loja - Ecuador**

**2024**

*Educamos para Transformar*



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

## ENCUESTA PARA EVALUAR EL GRADO DE ACEPTACIÓN DEL PROTOTIPO WEB BASADO EN LA METODOLOGÍA TAM

### INTRODUCCIÓN

El presente cuestionario tiene como objetivo la recopilación de la información asociada al grado de aceptación del prototipo web, el cual se enfoca en la toma de decisiones informadas para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en las zonas residenciales de la ciudad.

### DESCRIPCIÓN

Las interrogantes formuladas abordan los criterios de evaluación basados en la metodología TAM, tales como la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida por parte de los usuarios. Esto facilita reconocer la medida en la que una persona encuentra útil el prototipo y, con ello, verificar la aceptación por parte de los usuarios finales.

### GLOSARIO

- SFV: Sistemas Fotovoltaicos.

### PREGUNTAS

1. ¿Considera que el sistema es sencillo y fácil de usar?
  - Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
2. ¿Encuentra intuitiva la interfaz del sistema al realizar una nueva simulación de instalación de SFV?
  - Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
3. ¿Cree que el sistema proporciona instrucciones claras para realizar una simulación?
  - Muy en desacuerdo

- En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
4. ¿La navegación entre cada sección del sistema es sencilla?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
5. ¿El sistema proporciona información relevante sobre la instalación de SFV en su localidad?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
6. ¿El sistema le permite conocer la reducción de costos del consumo eléctrico con la instalación de SFV?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
7. ¿Considera que el sistema facilita la decisión sobre la instalación de SFV en su hogar?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
8. ¿El sistema facilita comparar escenarios de consumo, tarifas según localidad y tipo de edificio?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

- De acuerdo
  - Muy de acuerdo
9. ¿Planea usar el sistema para realizar nuevas simulaciones de instalación de SFV en su hogar o localidad?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo
10. ¿Recomendaría el sistema a otros interesados en instalar SFV?
- Muy en desacuerdo
  - En desacuerdo
  - Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
  - De acuerdo
  - Muy de acuerdo

**Anexo 9.** Evaluación del grado de aceptación basado en la metodología TAM



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

**Evaluación del Grado de Aceptación del Prototipo Web para la  
Estimación de la Viabilidad de Instalar SFV Basado en la  
Metodología TAM**

**AUTORA:**

*Johanna Elizabeth Ureña Hernández*

**Loja - Ecuador**

**2024**

*Educamos para Transformar*



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

## EVALUACIÓN DEL GRADO DE ACEPTACIÓN DEL PROTOTIPO WEB PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VIABILIDAD DE INSTALAR SFV BASADO EN LA METODOLOGÍA TAM

### I. Introducción al contexto de la evaluación

Evaluar el grado de aceptación del prototipo es fundamental para comprender su efectividad y uso frente a los usuarios. En este contexto, la utilización de los criterios de evaluación de la metodología TAM proporcionó un marco claro y preciso para conocer como los usuarios finales perciben la utilidad, facilidad de uso y la intención del sistema. Por lo tanto, la presente evaluación se llevó a cabo para conocer el grado de aceptación del sistema, que se basa en estimar la viabilidad de instalar sistemas fotovoltaicos (SFV) en modalidad de autoconsumo en los hogares.

### II. Planificación de la evaluación

La **Tabla\_1** muestra los aspectos relevantes del proceso, destacando la duración estimada de cada encuesta, la fecha de evaluación, la definición de los participantes, el contexto de la evaluación, el acceso al formulario de Google, el acceso al sistema desplegado en la red y los factores de evaluación.

Tabla\_1. Aspectos de evaluación del grado de aceptación.

Aspectos de evaluación	
Aspecto	Descripción
Duración estimada por encuesta	25 min
Periodo de aplicación de encuesta	08/07/2024 – 12/07/2024
Participantes	<ul style="list-style-type: none"><li>- Johanna Elizabeth Ureña Hernández</li><li>- Especialista</li><li>- Director del TIC</li><li>- Estudiantes de la carrera de Computación</li></ul>
Contexto de evaluación	Evaluar el grado de aceptación mediante el uso de la aplicación en un ambiente controlado
Acceso a formulario (URLs)	<a href="https://forms.gle/tb3WF6wc3seVBQvL8">https://forms.gle/tb3WF6wc3seVBQvL8</a>

Acceso al sistema (URLs)	<a href="https://computacion.unl.edu.ec/sfv/">https://computacion.unl.edu.ec/sfv/</a>
Factores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilidad percibida</li> <li>- Facilidad de uso percibida</li> </ul>

### III. Diseño de la evaluación

El proceso de diseño de la evaluación se realizó en seis actividades fundamentales. Primero, se diseñaron las preguntas de la encuesta estructurada. Posteriormente, se determinó la muestra adecuada para la encuesta. Como tercera actividad, se estableció la selección de variables. Seguidamente, como cuarta actividad, se procedió a la formulación de hipótesis para evaluar los resultados obtenidos. Posteriormente, como quinta actividad, se definió el diseño del experimento, y finalmente, el establecimiento de los niveles de puntuación para los criterios de decisión.

#### a. Diseño de las preguntas de encuesta

La **Tabla\_2** presenta las preguntas de la encuesta, detalladas en el **Anexo 8**, las cuales fueron aplicadas a usuarios generales y especialistas para obtener una visión en relación a la experiencia de uso y la efectividad de las simulaciones de la viabilidad de instalar SFV. En este sentido, se logró determinar el grado de aceptación del prototipo desde un punto de vista general como específico.

Tabla\_2. Preguntas de encuesta para la evaluación.

<b>Cuestionario para el grado de aceptación</b>	
<b>Identificador</b>	<b>Pregunta</b>
PE1	¿Considera que el sistema es sencillo y fácil de usar?
PE2	¿Encuentra intuitiva la interfaz del sistema al realizar una nueva simulación de instalación de SFV?
PE3	¿Cree que el sistema proporciona instrucciones claras para realizar una simulación?
PE4	¿La navegación entre cada sección del sistema es sencilla?
PE5	¿El sistema proporciona información relevante sobre la instalación de SFV en su localidad?
PE6	¿El sistema le permite conocer la reducción de costos del consumo eléctrico con la instalación de SFV?

PE7	¿Considera que el sistema facilita la decisión sobre la instalación de SFV en su hogar?
PE8	¿El sistema facilita comparar escenarios de consumo, tarifas según localidad y tipo de edificio?
PE9	¿Planea usar el sistema para realizar nuevas simulaciones de instalación de SFV en su hogar o localidad?
PE10	¿Recomendaría el sistema a otros interesados en instalar SFV?

Pregunta de Encuesta (PE).

Seguidamente, se utilizó la escala de Likert para obtener una medida detallada y cuantificable de la percepción de los usuarios finales con respecto al uso del prototipo. En este sentido, la **Tabla\_3** exhibe la escala de valoración utilizada, la cual comprende una escala del 1 al 5 con su respectivo criterio de decisión para evitar la confusión de los encuestados. Asimismo, estos criterios de decisión se establecieron como respuesta a las interrogantes. Esto permitió recopilar datos que permitieron determinar el grado de aceptación del sistema, identificando así la satisfacción general con el prototipo y las funcionalidades ofrecidas.

Tabla\_3. Puntuaciones basada en la escala de Likert.

Escala	Criterio de decisión
1	Muy en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Muy de acuerdo

#### b. Determinación de la muestra

Para la determinación de la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual permitió seleccionar a los sujetos de prueba en función de ciertas características, como su disponibilidad y pertinencia para el estudio.

Este enfoque permitió la inclusión de usuarios que proporcionaran información de importancia sobre la aceptación y uso del prototipo web. Por lo tanto, se determinó un total de **63 encuestados** entre usuarios generales y especialistas.

### c. Establecimiento de variables dependiente e independiente

La determinación de las variables permitió establecer con precisión el enfoque de evaluación. Por lo tanto, se consideró al *prototipo web* como variable independiente y al *grado de aceptación de la aplicación* como variable dependiente, basándose en la utilidad de uso percibida y facilidad de uso percibida por parte de los usuarios finales. En resumen:

- Variable independiente: Prototipo web
- Variable dependiente: Grado de aceptación de la aplicación

### d. Formulación de hipótesis

La **Tabla\_4** muestra la hipótesis formulada para evaluar los resultados de las encuestas aplicadas a los usuarios finales en relación con la variable dependiente.

Tabla\_4. Formulación de hipótesis.

Hipótesis nula	Hipótesis alternativa
H <sub>0</sub> : La aplicación no tiene una aceptación entre los usuarios debido a su falta de utilidad y facilidad de uso.	H <sub>1</sub> : ¬H <sub>0</sub>

### e. Diseño del experimento

El diseño de la evaluación se define como **experimental**, ya que permite abordar la variable dependiente al poner a prueba el prototipo web y medir su impacto de aceptación mediante la aplicación de las encuestas a la muestra establecida. Para respaldar la aplicación de estas encuestas, se puede consultar la sección de anexos de la evaluación, donde se muestra la **evidencia fotográfica** que documenta el proceso.

### f. Definición de los niveles de puntuación

La **Tabla\_5** muestra los niveles de puntuación establecidos para cada uno de los criterios de decisión de la escala de Likert. Por otro lado, la **Tabla\_6** presenta los rangos de media ponderada para cada criterio de decisión y su respectiva escala. El propósito de estas tablas es facilitar la interpretación de los resultados y la hipótesis planteada.

Tabla\_5. Puntuaciones basada en la escala de Likert.

Criterio de decisión	Nivel de puntuación
Muy en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

Tabla\_6. Rangos de aceptación basado en la media ponderada.

Criterio de decisión	Rango de media ponderada	Escala
Muy en desacuerdo	1.0 a 1.4	Muy baja
En desacuerdo	1.5 a 2.4	Baja
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	2.5 a 3.4	Media
De acuerdo	3.5 a 4.4	Alta
Muy de acuerdo	4.5 a 5.0	Muy alta

#### IV. Ejecución de la evaluación

Se llevó a cabo el proceso de evaluación aplicando la encuesta a la muestra establecida, seguida de la tabulación de los resultados. A continuación, en la **Tabla\_7** se presenta la recopilación de los resultados obtenidos, mostrando los porcentajes correspondientes a cada uno de los criterios de decisión.

Tabla\_7. Resultados de la evaluación.

Resultados de la evaluación basada en TAM					
Identificador	Criterios de decisión				
	Muy en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Muy de acuerdo (%)
PE1	-	4.8	9.5	58.7	27
PE2	-	3.2	12.7	60.3	23.8
PE3	19	12.7	11.1	50.8	6.4
PE4	-	-	4.8	63.5	31.7
PE5	1.6	1.6	20.6	47.6	28.6
PE6	-	3.2	9.5	60.3	27
PE7	-	1.6	19	50.8	28.6

PE8	-	1.6	14.3	57.1	27
PE9	1.6	3.2	14.3	54	27
PE10	-	-	6.3	61.9	31.7

Pregunta de Encuesta (PE): Porcentaje (%).

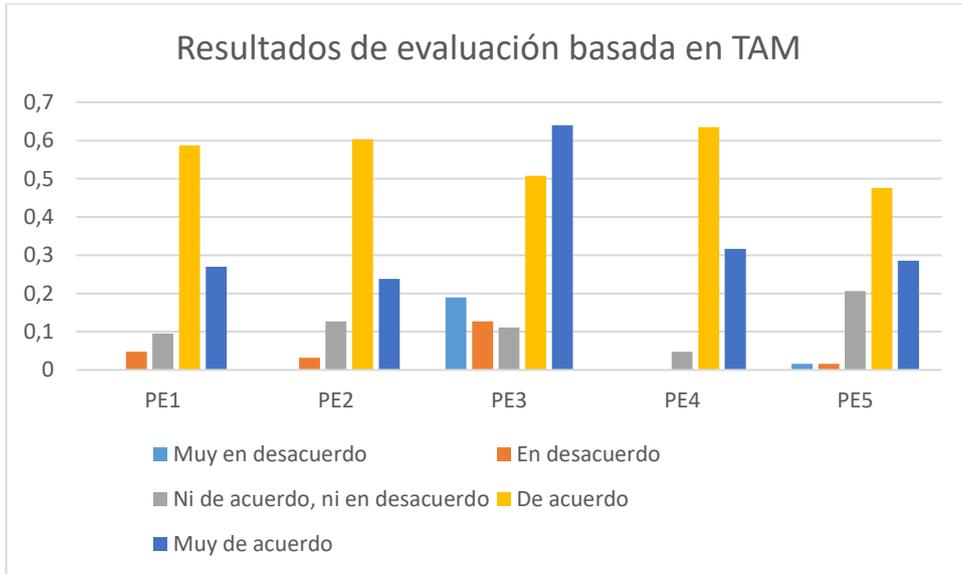
En la **Tabla\_8** se recopilan los resultados mostrando la frecuencia absoluta junto con su correspondiente relación en porcentajes. Esto permite conocer el número de respuestas asignadas a cada criterio de decisión facilitando la asignación de las frecuencias absolutas de la **Tabla\_10**.

Tabla\_8. Resultados de la evaluación con frecuencias absolutas.

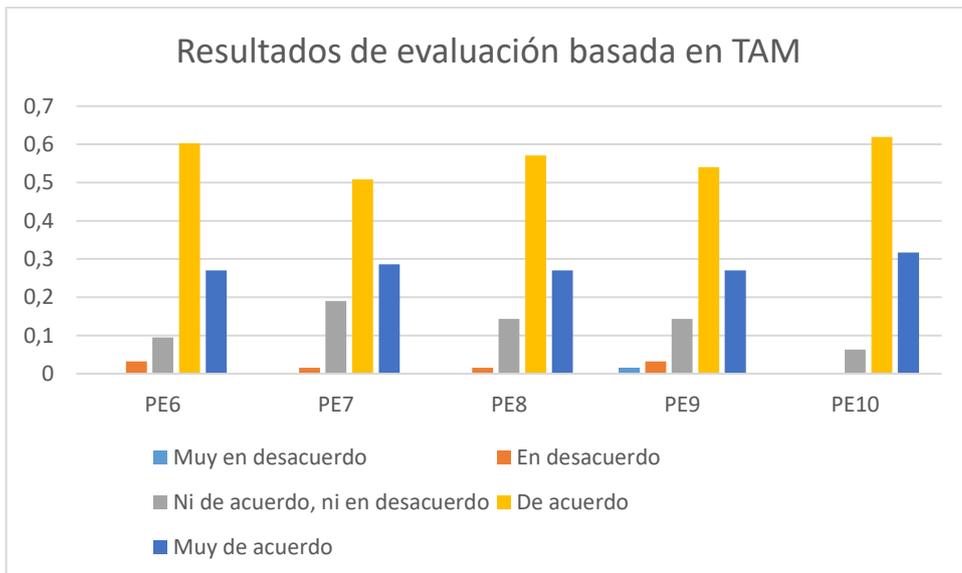
CD	PE1		PE2		PE3		PE4		PE5		PE6		PE7		PE8		PE9		PE10	
	fi	%	fi	%																
Muy en desacuerdo	-	-	-	-	12	19	-	-	1	1.6	-	-	-	-	-	-	1	1.3	-	-
En desacuerdo	3	4.8	2	3.2	8	12.7	-	-	1	1.6	2	3.2	1	1.6	1	1.6	2	3.2	-	-
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	6	9.5	8	12.7	7	11.1	3	4.8	13	20.6	6	9.5	12	19	9	14.3	9	14.3	4	6.3
De acuerdo	37	58.7	38	60.3	32	50.8	40	63.5	30	47.6	38	60.3	32	50.8	36	57.1	34	54	39	61.9
Muy de acuerdo	17	27	15	23.8	4	6.4	20	31.7	18	28.6	17	27	18	28.6	17	27	17	27	20	31.7
<b>Total</b>	63	100	63	100	63	100	63	100	63	100	63	100	63	100	63	100	63	100	63	100

Criterio de Decisión (CD); Pregunta de Encuesta (PE); Frecuencia Absoluta (fi); Porcentaje (%).

En la **Figura\_1\_Anexo\_X** y **Figura\_2\_Anexo\_X** se presentan los gráficos de barras que muestran el valor porcentual obtenido por los criterios de decisión según la escala de Likert para cada pregunta de la encuesta. En los gráficos, el eje y representa los valores porcentuales con un máximo del 70%, el cual es el valor más alto alcanzado. Además, el eje x muestra la identificación de las preguntas (P), de las cuales se derivan las barras que representan el valor alcanzado por los criterios.



Figura\_1\_Anexo\_X. Resultados de la evaluación.



Figura\_2\_Anexo\_X. Resultados de la evaluación.

## V. Análisis de los resultados

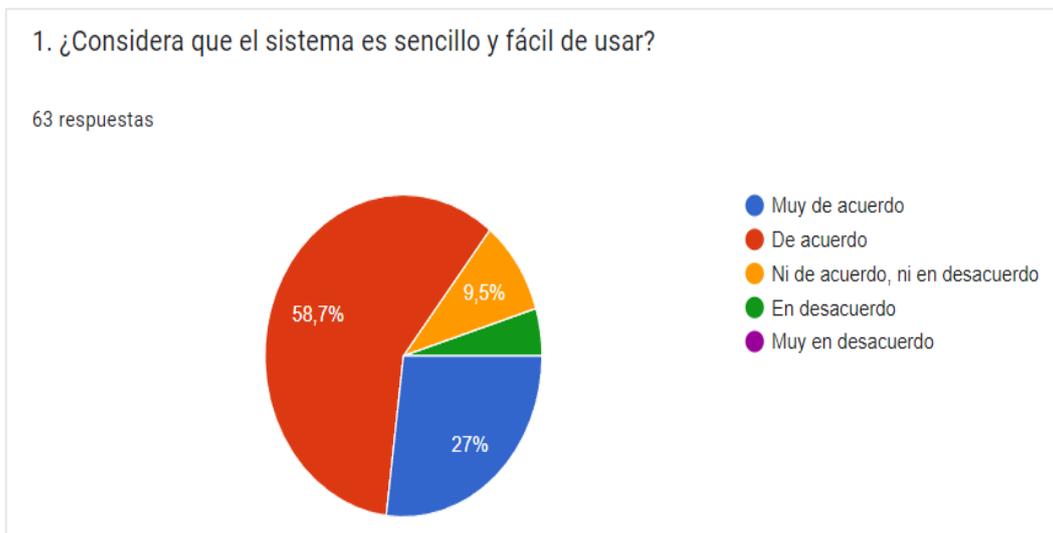
Se analizaron los resultados de cada pregunta de la encuesta, y finalmente, se concluyó la evaluación con la decisión acerca de la hipótesis planteada.

### a. Interpretación gráfica de los resultados

Analizar los resultados de cada pregunta de la encuesta es fundamental para comprender los porcentajes en cada criterio de decisión, lo cual proporciona una perspectiva integral sobre la percepción de uso y utilidad de la aplicación por parte de los usuarios finales. Por lo tanto, el análisis

permitió elaborar la interpretación general de la encuesta, la cual fue aplicada a un total de **63 individuos**.

La **Figura\_3\_Anexo\_X** muestra los resultados de la primera pregunta sobre si los usuarios consideran que el sistema es fácil de usar. Este análisis destaca que el 58.7% de los encuestados están de acuerdo y el 27% manifiesta que está convencido con esta afirmación. Además, un 9.5% se muestra indeciso y el 4.8% está en desacuerdo. Estos resultados reflejan una notable variabilidad en la percepción de la facilidad de uso de la aplicación.

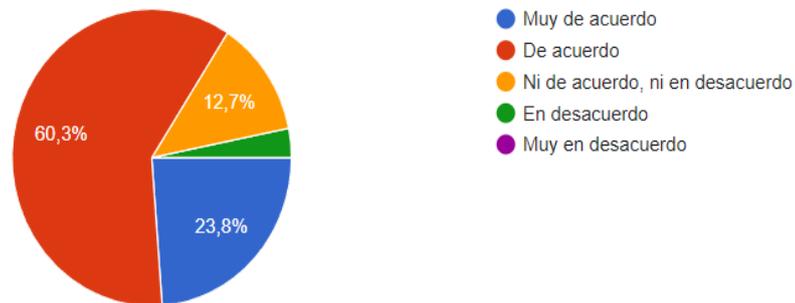


Figura\_3\_Anexo\_X. Resultados de PE1.

La **Figura\_4\_Anexo\_X** muestra los resultados de la segunda pregunta sobre si los usuarios consideran que la interfaz es intuitiva al momento de usar la aplicación. Este análisis destaca que el 60.3% de los encuestados están de acuerdo, mientras que el 23.8% manifiesta que está convencido con la facilidad de uso de la interfaz. Además, un 12.7% se muestra indeciso y el 3.2% está en desacuerdo. Estos resultados ponen en evidencia que la mayoría de los usuarios encuentran la interfaz lo suficientemente intuitiva al realizar una simulación, sin embargo, existe una minoría que opina lo contrario.

2. ¿Encuentra intuitiva la interfaz del sistema al realizar una nueva simulación de instalación de SFV?

63 respuestas

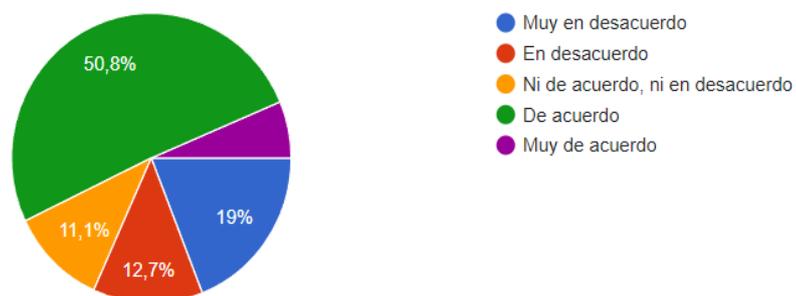


Figura\_4\_Anexo\_X. Resultados de PE2.

La **Figura\_5\_Anexo\_X** muestra los resultados de la tercera pregunta acerca de las instrucciones proporcionadas por la aplicación. Este análisis destaca que el 50.8% de los encuestados están de acuerdo y solo el 6.3% está convencido con la eficiencia de las instrucciones. Además, un 11.1% está indeciso, el 12.7% está en desacuerdo y un 19% está completamente en desacuerdo. Estos resultados sugieren una percepción variable en relación a la utilidad y claridad de las instrucciones proporcionadas por el sistema al momento de uso.

3. ¿Cree que el sistema proporciona instrucciones claras para realizar una simulación?

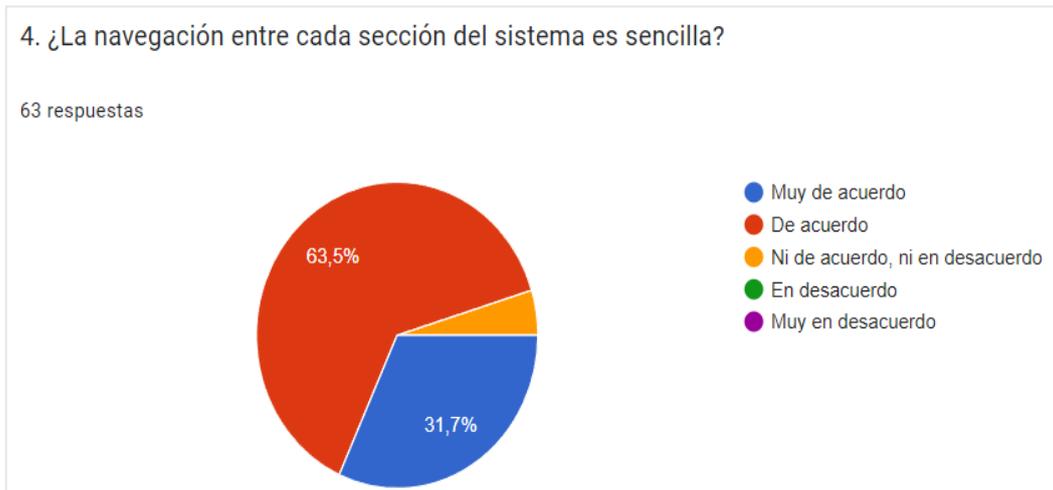
63 respuestas



Figura\_5\_Anexo\_X. Resultados de PE3.

La **Figura\_6\_Anexo\_X** muestra los resultados de la cuarta pregunta sobre la navegación interna entre secciones de la aplicación. En este análisis se destaca que el 63.5% de los encuestados están de acuerdo con la navegación interna. Además, el 31.7% está muy de acuerdo, mientras que

el 4.8% se encuentra indeciso. Estos resultados indican que la navegación entre secciones del aplicativo satisface las necesidades de los usuarios.



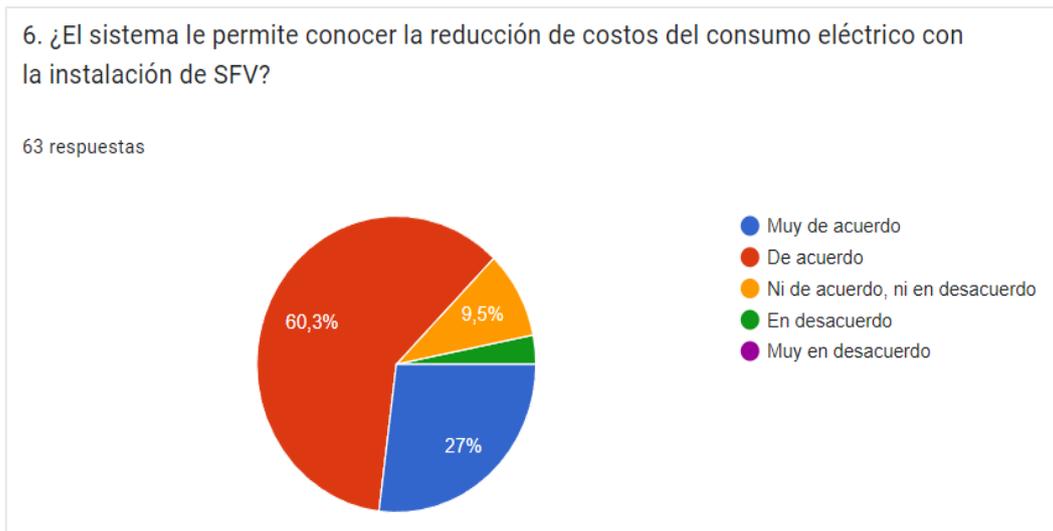
Figura\_6\_Anexo\_X. Resultados de PE4.

La **Figura\_7\_Anexo\_X** presenta los resultados de la quinta pregunta acerca de la información proporcionada sobre la instalación de SFV. Este análisis indica que el 47.6% de los encuestados están de acuerdo y el 28.6% está convencido con la información y guía proporcionados por la aplicación. Además, el 20.6% se muestra indeciso, mientras que un 1.6% no está de acuerdo y otro 1.6% está en completo desacuerdo. Estos resultados demuestran una percepción positiva de la utilidad de la información proporcionada, aunque existe una porción que se encuentra indeciso.



Figura\_7\_Anexo\_X. Resultados de PE5.

La **Figura\_8\_Anexo\_X** muestra los resultados de la sexta pregunta sobre el conocimiento de la reducción de costos a partir de la simulación. Este análisis destaca que el 60.3% de los encuestados están de acuerdo y el 27% manifiesta que está convencido con la información proporcionada de la reducción de costos. Además, un 9.5% se muestra indeciso y el 3.2% está en desacuerdo. Estos resultados reflejan que la mayoría de los usuarios están conformes con la información sobre la reducción de costos proporcionada a través de la simulación.

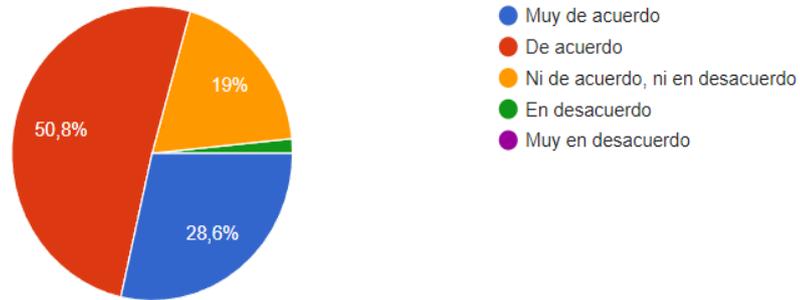


Figura\_8\_Anexo\_X. Resultados de PE6.

La **Figura\_9\_Anexo\_X** ilustra los resultados de la séptima pregunta sobre la ayuda para la toma de decisiones. Este análisis destaca que el 50.8% de los encuestados están de acuerdo y el 28.8% está convencido que la simulación ayuda en la decisión de instalar un SFV. Además, un 19% se muestra indeciso y el 1.6% está en desacuerdo. Estos resultados demuestran que una parte significativa de los usuarios considera que la simulación ayuda en la toma de decisiones relacionada a la instalación de SFV, aunque un grupo menor sigue indeciso.

7. ¿Considera que el sistema facilita la decisión sobre la instalación de SFV en su hogar?

63 respuestas

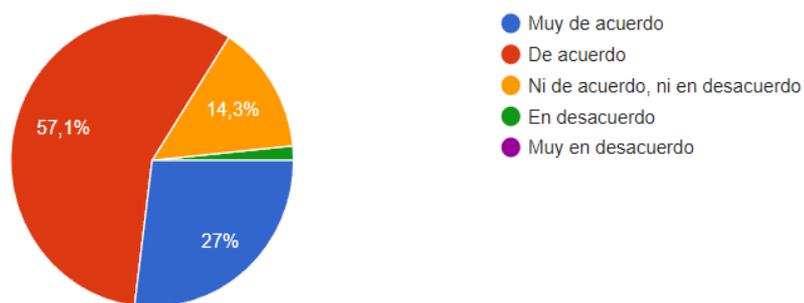


Figura\_9\_Anexo\_X. Resultados de PE7.

La **Figura\_10\_Anexo\_X** ilustra los resultados de la octava pregunta sobre la ayuda para comparar tarifas según la localidad. Este análisis destaca que el 57.1% de los encuestados están de acuerdo y el 27% está convencido con la posibilidad de comparación ofrecida. Además, un 14.3% se muestra indeciso y el 1.6% está en desacuerdo. Estos resultados sugieren que los usuarios valoran positivamente la posibilidad de comparar tarifas, aunque una porción no está convencida de la utilidad.

8. ¿El sistema facilita comparar escenarios de consumo, tarifas según localidad y tipo de edificio?

63 respuestas



Figura\_10\_Anexo\_X. Resultados de PE8.

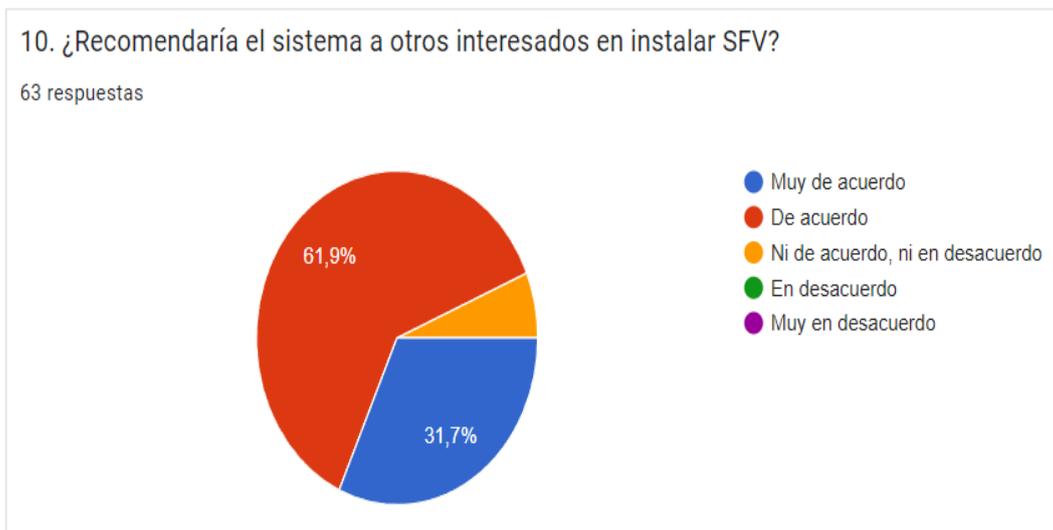
La **Figura\_11\_Anexo\_X** ilustra los resultados de la novena pregunta acerca de usar la aplicación nuevamente. Este análisis destaca que el 54% de los encuestados están de acuerdo y el 27% está convencido de que lo hará. Además, un 14.3% se muestra indeciso, un 3.2% está en desacuerdo

y el 1.6% no se convenció. Los resultados demuestran que una gran mayoría de los usuarios tiene la intención de usar la aplicación en el futuro.



Figura\_11\_Anexo\_X. Resultados de PE9.

La **Figura\_12\_Anexo\_X** ilustra los resultados de la décima pregunta sobre recomendar la aplicación. Este análisis destaca que el 61.9% de los encuestados están de acuerdo sobre la utilidad y los beneficios ofrecidos. Además, un 31.7% está convencido, mientras que el 6.3% está indeciso. Estos resultados ponen de manifiesto que los usuarios perciben la utilidad e importancia de la aplicación.



Figura\_12\_Anexo\_X. Resultados de PE10.

## b. Evaluación de la hipótesis

Para evaluar la hipótesis, primeramente, se asignaron las puntuaciones de los criterios de decisión de la **Tabla\_5** a cada una de respuesta de las encuestas, como se detalla en la **Tabla\_9**. Este proceso facilitó la manipulación de los datos para identificar los criterios de decisión predominantes y con ello aceptar o rechazar las hipótesis.

Tabla\_9. Asignación de valores para los criterios de decisión.

EC	Preguntas									
	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10
1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	4	4	3	4	3	5	4	4	4	4
3	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	3	1	4	4	4	3	4	4	4
8	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5
9	4	4	4	5	4	4	5	4	5	5
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	4	4	3	5	3	5	5	5	5	4
12	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4
13	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
14	4	3	4	4	1	4	3	3	1	4
15	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4
16	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3
17	2	2	2	4	3	3	3	3	2	3
18	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4
19	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5
20	2	4	2	4	3	4	3	4	3	4
21	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

23	5	5	4	3	4	5	4	5	4	5
24	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5
25	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
27	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	5	5	1	5	5	5	5	5	3	5
29	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
30	5	5	4	5	4	2	5	4	5	4
31	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
32	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
33	4	4	2	5	5	4	4	4	4	4
34	5	4	1	5	5	4	4	5	4	5
35	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
37	4	2	5	4	4	4	3	4	2	4
38	4	4	2	4	4	4	5	4	4	4
39	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
40	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5
41	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4
42	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
43	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
44	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
45	4	4	2	4	4	4	3	4	3	4
46	4	3	2	4	3	4	4	3	3	4
47	2	3	2	4	3	4	3	3	4	3
48	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4
49	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
50	3	4	4	4	2	2	3	3	3	4
51	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5
52	4	4	1	5	4	5	4	4	5	4
53	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4

54	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4
55	4	4	2	4	4	3	3	4	4	4
56	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4
57	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
58	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
59	4	4	4	4	4	3	2	2	4	4
60	4	4	1	4	4	3	4	4	5	5
61	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
62	4	4	1	4	5	5	5	4	5	4
63	5	5	3	5	3	4	4	4	4	4

Encuesta (EC); Pregunta de Encuesta (PE).

Posteriormente, para evaluar los datos obtenidos se realizó la sumatoria de las frecuencias de cada respuesta para conocer la frecuencia acumulada de cada criterio de decisión establecido en la escala de Likert, como se muestra en la **Tabla\_10**. Se destaca que, para verificar la validez de los valores de frecuencia absoluta mostradas en la **Tabla\_10** deben ser los mismos de la **Tabla\_8**.

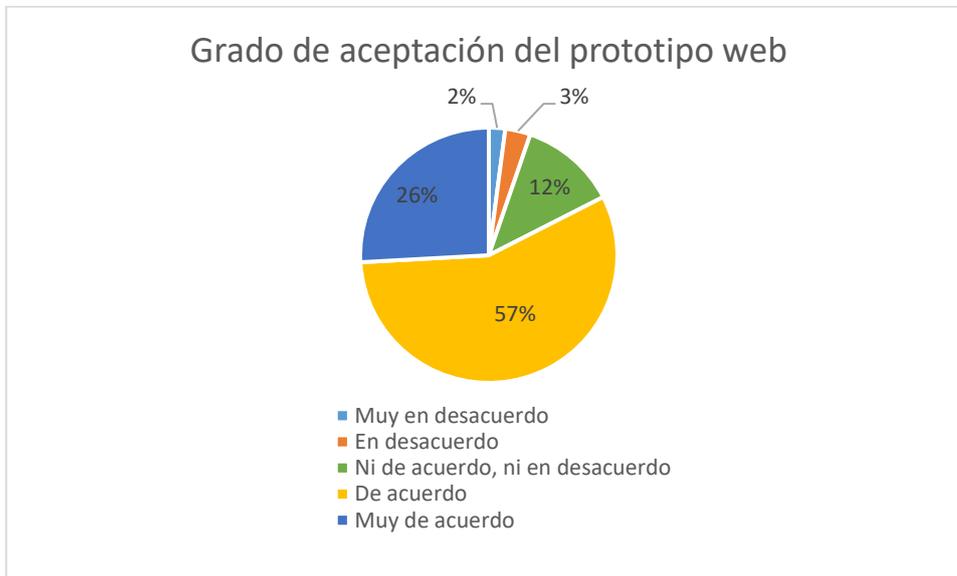
Tabla\_10. Cálculo de frecuencias por criterio de decisión.

CD	Preguntas										F
	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	
Muy en desacuerdo	0	0	11	0	1	0	0	0	1	0	13
En desacuerdo	3	2	8	0	1	2	1	1	2	0	20
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	6	8	7	3	13	6	12	9	9	4	77
De acuerdo	37	38	32	40	30	38	32	36	34	40	357
Muy de acuerdo	17	15	5	20	18	17	18	17	17	19	163
<b>Total</b>	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	<b>630</b>

Criterio de Decisión (CD); Pregunta de Encuesta (PE); Frecuencia Absoluta Acumulada (F).

Finalmente, para llegar a la interpretación definitiva antes de aceptar o rechazar la hipótesis, se elaboró el gráfico de barras presentado en la **Figura\_13\_Anexo\_X**. Este gráfico tiene como propósito mostrar cuales

son los criterios de mayor incidencia, revelando una predominancia de las respuestas “De acuerdo” y “Muy de acuerdo” en la evaluación del grado de aceptación del prototipo web. Esta información se basa en los valores de frecuencia acumulada de la **Tabla\_10**.



Figura\_13\_Anexo\_X. Grado de aceptación del prototipo.

### Con media ponderada

La **Tabla\_11** muestra los valores de la media ponderada para cada pregunta de la encuesta (PE1 a PE10) en relación a los porcentajes obtenidos para cada criterio de decisión de la escala de Likert. Asimismo, para conocer la escala en la que se encuentra cada media ponderada se utilizó los rango de media de la **Tabla\_6**.

Para la media ponderada se aplicó la siguiente fórmula:

$$\bar{x}_p = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Donde:

- $\bar{x}_p$  = es la media ponderada
- $x_i$  = son los valores asignados a los criterios
- $w_i$  = son los porcentajes de las respuestas

Tabla\_11. Resultados de media ponderada.

MP	Preguntas									
	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10
Valor	4.09	4.05	3.14	4.27	4.00	4.11	4.06	4.10	4.03	4.24
Escala	Alta	Alta	Media	Alta						

Media Ponderada (MP); Pregunta de Encuesta (PE).

A partir de los resultados de la media ponderada para cada pregunta de encuesta, se calcula el promedio general obteniendo un resultado de **4.00**.

Para este proceso se aplicó la ecuación de la media aritmética:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde:

- $\bar{x}$  = es la media aritmética
- $x_i$  = son los valores promediar
- $n$  = es el número total de valores

### Finalización del análisis

La **Figura\_13\_Anexo\_X** muestra un gráfico pastel que presenta los porcentajes de predominancia de los criterios de decisión sobre la evaluación. Se destaca que el criterio “De acuerdo” alcanza un 57%, mientras que el criterio “Muy de acuerdo” representa un 26%. Por otro lado, el criterio “Ni de acuerdo, ni en desacuerdo” alcanza un 12%, el criterio “En desacuerdo” alcanza un 3%, y finalmente, el criterio “Muy en desacuerdo” representa un 2% en relación con el nivel de aceptación del prototipo web.

Además, al calcular la media ponderada y obtener un promedio general de **4.00** con su respectiva relación con los valores de calidad establecidos en la **Tabla\_6**, se establece que la calidad se considera como “Alta”. Esto sugiere que la aceptación del sistema es buena entre los usuarios. Asimismo, estos resultados indican que la mayoría de los usuarios toman la aplicación como fácil de usar y de gran utilidad en su campo de implementación. En este sentido, el alto porcentaje de respuestas positivas sugiere que el prototipo cumple con las expectativas de los usuarios generales y puede ser considerada como una herramienta valiosa. Además, el resultado indica que, con el 83% de los encuestados

manifestando estar de acuerdo o convencidos de su utilidad, el prototipo tiene un alto grado de aceptación lo que podría facilitar su adopción y uso. En consecuencia, basado en los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  que se muestra en la **Tabla\_4**.

## VI. Anexos

Se presenta la evidencia fotográfica del proceso de evaluación.



Evidencia\_1. Evidencia de evaluación



Evidencia\_2. Evidencia de evaluación



Evidencia\_3. Evidencia de evaluación



Evidencia\_4. Evidencia de evaluación



Evidencia\_5. Evidencia de evaluación



Evidencia\_6. Evidencia de evaluación

**Anexo 10. Manual de usuario**

## MANUAL DE USUARIO DEL PROTOTIPO WEB PARA LA SIMULACIÓN DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS (SFV)

### ACCESO A MANUAL

El manual de usuario muestra la guía explicativa sobre el funcionamiento del prototipo web. Para acceder al manual seguir el siguiente enlace:

**Manual de usuario – Simulación SFV** (Recurso digital)

## Anexo 11. Acta de confidencialidad



FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES  
CARRERA DE COMPUTACIÓN

### Acta de confidencialidad del proyecto “Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático”

Yo, **Johanna Elizabeth Ureña Hernández**, con cédula de identidad nro. **1104268741**, me comprometo a mantener la confidencialidad y el carácter privado de la información relacionada con el proyecto "*Prototipo web para el cálculo de energía solar fotovoltaica en la ciudad de Loja mediante el uso del modelamiento matemático*", el cual es parte íntegra del proyecto del proyecto "*Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: Caso práctico en la región sur*" a cargo del Ing. Juan Carlos Solano Jiménez.

La información confidencial a la que me comprometo a mantener en privado incluye, pero no se limita a:

- Todas las fórmulas y algoritmos utilizados para el cálculo de la energía solar fotovoltaica.
- Los datos de irradiación solar recopilados y utilizados en el proyecto.
- La estructura y arquitectura del código fuente de la aplicación web.
- El proceso de simulación y la forma de abordar el mismo.

Esto implica que no divulgaré ni compartiré dicha información con terceros sin el consentimiento previo de las partes involucradas, excepto para los fines específicos del proyecto, y a mantenerla en estricta reserva, limitando el acceso únicamente a las personas que lo necesiten. Entiendo que el incumplimiento de este compromiso de confidencialidad puede tener graves consecuencias, incluyendo sanciones legales y/o contractuales.

Atentamente,

F: 

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.  
DOCENTE DE LA CARRERA DE  
TELECOMUNICACIONES

F: 

Johanna Elizabeth Ureña Hernández  
TESISTA

**Anexo 12.** Fórmulas y ecuaciones del modelado matemático



UNL

Universidad Nacional de Loja

### FÓRMULAS MATEMÁTICAS IMPLEMENTADAS EN EL MODELAMIENTO MATEMÁTICO

Ecuación	Fórmulas
Estimación de la irradiación horaria	$r_d = \frac{D_h(0)}{D_d(0)} \quad r_g = \frac{G_h(0)}{G_d(0)}$ <p>Donde <math>r_d</math> y <math>r_g</math> se calculan tomando como guía las siguientes expresiones:</p> $r_d = \frac{\pi}{T} \left( \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \omega_s \times \cos \omega_s} \right)$ $r_g = r_d(a + b \times \cos \omega)$ <p>Donde <math>a</math> y <math>b</math> se expresan de la siguiente manera:</p> $a = 0,409 + 0,5016 \times \sin(\omega_s - 1,047)$ $b = 0,6609 - 0,4767 \times \sin(\omega_s - 1,047)$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>w</math> y <math>w_s</math>: Son valores representados en radianes.</li> <li><math>T</math>: Es la longitud del día en horas.</li> </ul>
Irradiación directa horaria	$B_h(0) = G_h(0) - D_h(0)$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>D_h(0)</math>: Es la irradiación difusa horaria.</li> <li><math>G_h(0)</math>: Es irradiación global diaria.</li> </ul>
Radiación sobre superficies orientadas	$G_h(\beta, \alpha) = B_h(\beta, \alpha) + D_h(\beta, \alpha) + R_h(\beta, \alpha)$ <p>La <u>irradiación directa</u> <math>B_h(\beta, \alpha)</math> se calcula con la siguiente fórmula:</p> $B_h(\beta, \alpha) = \frac{B_h(0)}{\cos \theta_{zs}} \times \max(0, \cos \theta_s)$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\theta_{zs}</math>: Es el ángulo cenital.</li> <li><math>\theta_s</math>: Es al ángulo de incidencia.</li> </ul> <p>Según el modelo de Pérez, la <u>irradiación difusa</u> <math>D_h(\beta, \alpha)</math> se calcula con la siguiente fórmula:</p>

	$D_h^c(\beta, \alpha) = D_h(0) \times \left[ k_3 \frac{\cos \theta_s}{\cos \theta_{zs}} \right]$ $D_h^1(\beta, \alpha) = D_h(0) \times \left[ \frac{(1 + \cos \beta)(1 - k_3)}{2} + k_4 \sin \beta \right]$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>D_h^1(\beta, \alpha)</math>: Es la irradiación difusa isotrópica.</li> <li>• <math>k_3</math> y <math>k_4</math>: Son valores adimensionales.</li> </ul> <p>La <u>irradiación reflejada</u> <math>R_h(\beta, \alpha)</math> se calcula con la siguiente fórmula:</p> $R_h(\beta) = G_h(0)p \frac{(1 - \cos \beta)}{2}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>p</math> : Es la capacidad reflectiva del suelo, el cual se puede asumir como 0,2.</li> </ul>
Irradiación global diaria	$G_{am}(\beta, 0) = B_{am}(0)R_b + D_{am}(0) \frac{1 + \cos \beta}{2} + pG_{am}(0) \frac{1 - \cos \beta}{2}$ <p>El factor <math>R_b</math> para el hemisferio sur se calcula con la siguiente fórmula:</p> $R_b = \frac{\omega_{ss} \times \sin \delta \times \sin(\phi + \beta) + \cos \delta \times \cos(\phi + \beta) \times \sin \omega_{ss}}{\omega_s \times \sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \sin \omega_s}$ $\omega_{ss} = \text{Max} [\omega_s - \arccos(-\tan \delta \times \tan(\phi + \beta))]$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\omega_s</math>: Es el ángulo solar diario del amanecer.</li> <li>• <math>\delta</math>: Es la declinación solar.</li> <li>• <math>\phi</math>: Es la altitud de la ubicación actual.</li> <li>• <math>\beta</math>: Es el ángulo de elevación de la superficie de captación.</li> </ul>
Irradiación anual global	$FI(\alpha, \beta) = \frac{G_a(\alpha, \beta)}{G_a((\alpha_{opt}, \beta_{opt}))}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>G_a(\alpha, \beta)</math>: Representa la irradiación global anual sobre una superficie.</li> <li>• <math>G_a((\alpha_{opt}, \beta_{opt}))</math>: Representa la irradiación global anual sobre una superficie óptima orientada al hemisferio sur e inclinada en relación al plano horizontal.</li> </ul>

	<p>El ángulo para <math>G_a((\alpha_{opt}, \beta_{opt}))</math> se obtiene con la fórmula:</p> $\beta_{opt} \cong \frac{Latitud(^{\circ})}{3} + 20^{\circ}$
--	---

**Anexo 13:** Certificado de traducción del resumen

**CERTIFICADO DE TRADUCCION**

**Lcdo. Luis Hernán Sánchez Villa**

**Licenciado en Ciencias de la Educación, especialización Idioma Inglés**

**CERTIFICO:**

Que he realizado la traducción del idioma español al idioma inglés, del resumen derivado de la tesis denominada "PROTOTIPO WEB PARA EL CALCULO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA CIUDAD DE LOJA, MEDIANTE EL USO DEL MODELAMIENTO MATEMATICO" de autoría de la señorita Johanna Elizabeth Ureña Fernández, con cedula de identidad número 1104268741, estudiante de la Carrera de Computación de la facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada, hacer uso del presente, en lo que considere pertinente.



---

Lcdo. Luis Hernán Sánchez Villa

CI: 1102404314

Senescyt: 1008-02-154120