



Universidad  
Nacional  
de Loja

## **Universidad Nacional de Loja**

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

**Naturales No Renovables**

**Maestría en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia**

**Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador  
primario Paquishatramo Conguime - Chinapinza, propiedad de la  
Empresa Eléctrica Regional de Sur.**

**Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Magíster en  
Electricidad, Mención Sistemas  
Eléctricos de Potencia.**

**AUTOR:**

Ing. Carlos Aníbal Cuenca Alulima

**DIRECTOR:**

Ing. Santiago Abraham Medina León Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 19 de enero de 2023

Ing. Santiago Abraham Medina León Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propiedad de la Empresa Eléctrica Regional de Sur.** , previo a la obtención del título de **Magíster en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia**, de la autoría de la estudiante **Carlos Aníbal Cuenca Alulima, con cedula de identidad N° 1103998959**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

**SANTIAGO  
ABRAHAM  
MEDINA LEON**

Firmado digitalmente por  
SANTIAGO ABRAHAM  
MEDINA LEON

Fecha: 2023.01.27  
16:51:46 -05'00'

Ing. Santiago Abraham Medina León Mg. Sc

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

**Yo, Carlos Aníbal Cuenca Alulima**, declaro ser autor del Trabajo del presente Trabajo de Titulación 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 Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Cédula de Identidad:** 1103998959

**Fecha:** 2 de mayo de 2023

**Correo electrónico:** carlos.a.cuenca.a@unl.edu.ec

**Teléfono:** 09930144046

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Carlos Aníbal Cuenca Alulima** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propiedad de la Empresa Eléctrica Regional de Sur.**, como requisito para optar el título de **Magíster en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia**, 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 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 Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dos días del mes de mayo de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autor:** Carlos Anibal Cuenca Alulima

**Cédula de Identidad:** 1103998959

**Dirección:** Loja

**Correo electrónico:** carlos.a.cuenca.a@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0993014046

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Santiago Abraham Medina León Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo es la etapa final de uno de mis sueños tan anhelados en mi vida profesional personal y personal, es por esto que dedico este trabajo a mi Padre que desde el cielo me está apoyando para que estos sueños se cumplan, a mi Madre Adela Alulima por acompañarme siempre cumplir todas las metas y sueños que me propongo, a mi esposa Sonia y mis hijas Génesis y Arianna, por su inmenso amor y comprensión han permitido finalizar con éxito mi maestría.

***Carlos Aníbal Cuenca Alulima***

## **Agradecimiento**

Luego de culminar con mi Maestría en Sistemas Eléctricos de Potencia, quiero agradecer a todas las personas que aportaron para que este proyecto de mi vida profesional sea posible. A los docentes de la maestría por compartir sus experiencias y conocimientos, así como a mis compañeros y grupo de estudio por todos los momentos compartidos a nivel profesional y personal.

*Carlos Aníbal Cuenca Alulima*

## 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
<b>Índice de Tablas</b> .....	ix
<b>Índice de Figuras</b> .....	x
<b>Índice de Anexos</b> .....	xi
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
2.1 Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	6
<b>4.1. Capítulo I</b> .....	6
<b>4.1.1. Generación distribuida</b> .....	6
4.1.1.1. Aspectos técnicos .....	7
4.1.1.2. Ventajas y desventajas de la generación distribuida .....	9
4.1.1.3. Sistemas de conexión de la GD a la red de suministro .....	9
4.1.1.4. Aplicaciones de la generación distribuida.....	10
4.1.2. Generación distribuida en otros países.....	11
4.1.2.1. Generación distribuida en Ecuador .....	11
4.1.3. Perspectivas sobre la normativa de la generación distribuida.....	12

4.1.3.1. Normativa internacional referente a la generación distribuida .....	12
4.1.3.2. Normativa nacional referente a la generación distribuida.....	13
4.1.4. Aspectos económicos de la generación distribuida.....	14
4.1.4.1. Evaluación de costos de la generación distribuida.....	15
4.1.4.2. Análisis beneficio costo .....	16
4.1.4.3. Eficiencia económica .....	17
4.1.4.4. Beneficios económicos de la generación distribuida.....	18
<b>4.2. Capítulo II.....</b>	<b>19</b>
4.2.1. Estado actual del alimentador Paquisha .....	19
4.2.1.1. Flujo de carga estado actual .....	21
4.2.2. Análisis del ingreso del sistema de generación distribuida.....	23
4.2.2.1. Flujo de potencia con el ingreso de la generación distribuida .....	25
4.2.3. Análisis económico de la implementación del sistema de generación distribuida...	27
<b>5. Metodología .....</b>	<b>31</b>
<b>6. Resultados.....</b>	<b>33</b>
<b>7. Discusión .....</b>	<b>35</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>36</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>37</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>38</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>40</b>



## Índice de Tablas:

<b>Tabla 1.</b>	Tamaño relativo de la generación distribuida .....	7
<b>Tabla 2.</b>	Costos estimados de implementación del sistema de GD .....	29
<b>Tabla 3.</b>	Costos anuales operativos estimados para la implementación del GD.....	29
<b>Tabla 4.</b>	Cálculo del VPN para la implementación del proyecto de GD.....	30

## Índice de Figuras:

<b>Figura 1.</b>	Esquema de un sistema de generación fotovoltaico.....	8
<b>Figura 2.</b>	Alimentador primario Paquisha .....	20
<b>Figura 3.</b>	Distribución de carga en el alimentado Paquisha, para el estado actual .....	21
<b>Figura 4.</b>	Resultados del flujo de carga en la cabecera del A/P, para el estado actual.....	22
<b>Figura 5.</b>	Resultados del flujo de carga en el punto de instalación del proyecto, para el estado actual.....	23
<b>Figura 6.</b>	Resultados del flujo de carga en el punto más alejado del A/P, para el estado actual .....	23
<b>Figura 7.</b>	Configuración obtenida en PVSyst al ingresar los datos del proyecto .....	24
<b>Figura 8.</b>	Resultados del flujo de carga en la cabecera del A/P, al ingresar la GD.....	25
<b>Figura 9.</b>	Resultados del flujo de carga en el punto de instalación del proyecto, al ingresar la GD .....	26
<b>Figura 10.</b>	Resultados del flujo de carga en el extremo más alejado, al ingresar la GD .....	27
<b>Figura 11.</b>	Aporte del sistema solar fotovoltaico .....	27
<b>Figura 12.</b>	Distribución de la probabilidad de generación fotovoltaica en el punto analizado .....	28

## Índice de Anexos:

<b>Anexo 1.</b>	Resultados obtenidos en PvSyst.....	40
<b>Anexo 2.</b>	Resultados Cyme estado actual.....	41
<b>Anexo 3.</b>	Resultados Cyme estado proyectado.....	45
<b>Anexo 4.</b>	Certificación de traducción del resumen.....	50

## **1. Título**

**Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propiedad de la Empresa Eléctrica Regional de Sur.**

## 2. Resumen

Se analiza el impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha de la provincia de Zamora Chinchipe que pertenecen a la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA). La investigación comienza con el desarrollo y verificación de un modelado del alimentador, el cual será simulado a través de software especializado. Se realiza una corrida de flujos de potencia para determinar las condiciones iniciales del alimentador, como: perfiles de voltaje, pérdidas técnicas y carga en las líneas. Para el sistema fotovoltaico se emplea el mismo análisis y simulación. Con la finalidad de determinar las mejoras técnicas del ingreso de generación distribuida en el alimentador primario.

### **Palabras claves:**

*Generación distribuida, interconexión eléctrica, alimentador primario, sistemas fotovoltaicos*

## **2.1 Abstract**

EERSSA's Paquisha primary feeder in the province of Zamora Chinchipe is analyzed in light of the impact of distributed generation. Research begins with the development and verification of a feeder model, which is simulated using specialized software. A power flow run is performed to determine the initial conditions of the feeder, such as voltage profiles, technical losses and load on the lines. The same analysis and simulation is used for the photovoltaic system to determine technical improvements to the distributed generation input in the primary feeder.

### **Keywords:**

Distributed generation, electrical interconnection, primary feeder, photovoltaic systems.

### **3. Introducción**

El crecimiento energético se ha convertido en uno de los aspectos de mayor relevancia en la actualidad, debido principalmente al vertiginoso aumento en los requerimientos de energía eléctrica por el crecimiento y diversificación de la carga; y por el aspecto ambiental, ya que la generación convencional de energía eléctrica implica la producción de subproductos que afectan al medio ambiente.

Es por esto que se han concentrado esfuerzos en el desarrollo e implementación de generación a través de energías limpias y generación distribuida; ya que estas permiten el uso estratégico de los recursos energéticos en puntos cercanos al consumidor y que produzcan el mínimo impacto ambiental. La generación distribuida trae consigo múltiples beneficios tanto para el ambiente como para la población en general.

El presente trabajo se estructura en dos capítulos, en el primero se analiza aspectos conceptuales respecto a la generación distribuida, sus tipos, sus ventajas y desventajas, normativa internacional y nacional que regula a las mismas. Adicionalmente, se presenta algunas consideraciones económicas a tenerse en cuenta para desarrollar un proyecto de generación distribuida.

En el segundo capítulo se presenta el desarrollo del trabajo en base a los objetivos planteados. Aquí se podrá encontrar detalles del dimensionamiento del sistema, análisis del impacto y evaluación económica.

De manera subsecuente, se presenta la metodología seguida en el desarrollo del presente trabajo, seguido del análisis y discusión de resultados, para finalmente exponer las conclusiones y recomendaciones.

## **Objetivos:**

### **Objetivo general.**

Analizar el impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propiedad de la Empresa Eléctrica Regional de Sur.

### **Objetivos específicos.**

- Identificar los beneficios que presenta la Generación Distribuida mediante el uso de nuevas tecnologías con mayor eficiencia.
- Determinar la sostenibilidad y factibilidad económica de los resultados obtenidos con la generación distribuida.
- Evaluar el efecto que produce el ingreso de Generación Distribuida a los Alimentadores Primarios.



## **4. Marco teórico**

### **4.1. Capítulo I**

#### **4.1.1. Generación distribuida**

El término generación distribuida (GD) hace referencia a las diversas tecnologías de producción de energía eléctrica que se encuentren integradas a los sistemas de distribución y cercanas a los centros de consumo. La IEEE define a los recursos distribuidos las pequeñas centrales, generalmente de 10 MW o menos que permiten la interconexión en casi cualquier punto del sistema de energía. (Konstantinos, 2004; Zareipour et al., 2004).

La GD difiere del concepto tradicional de generación centralizada, donde son las grandes centrales las encargadas de generar electricidad, la misma que se transmite a los usuarios finales a través de líneas de transmisión y distribución, además este puede estar conectado a la red de media o baja tensión.

En un sistema eléctrico distribuido, los micro y pequeños generadores suministran energía directamente a los consumidores, prescindiendo de la etapa de transmisión. La energía eléctrica excedente es inyectada en la red de distribución para satisfacer la demanda en otros lugares.

La generación distribuida permite aumentar la capacidad del sistema, además las diversas tecnologías existentes permiten operar con una amplia gama de combustibles, proporcionando alternativas de generación de energía limpias, eficientes, confiables y flexibles. La generación distribuida incluye generadores basados en biomasa, turbinas de combustión, sistemas fotovoltaicos, celdas de combustible, turbinas eólicas, microturbinas, tecnologías de almacenamiento, etc.(Zareipour et al., 2004).

Una de las características de la GD es que complementa a la generación centralizada al proporcionar una respuesta a los aumentos en la demanda, con costos de capital relativamente bajos. De esta manera, la descentralización de los sistemas de energía junto con el aumento de la demanda de electricidad, han convertido a la GD en una opción bastante atractiva para clientes, distribuidores de energía, productores de energía, reguladores e investigadores.

La definición de generación distribuida no proporciona potencias nominales que definan de manera clara la capacidad de los equipos de GD, ya que la clasificación máxima depende de las condiciones de la red de distribución local, por ejemplo, el nivel de tensión. Sin embargo, es útil

introducir categorías de diferentes clasificaciones de generación distribuida. La tabla 1 muestra los tipos de generación distribuida de acuerdo a su potencia nominal(Ackermann et al., 2001).

**Tabla 1.**

*Tamaño relativo de la generación distribuida*

<b>Tipo</b>	<b>Tamaño relativo</b>
Micro generación distribuida	~1 W < 5 kW
Pequeña generación distribuida	5 kW < 5 MW
Mediana generación distribuida	5 MW < 50 MW
Gran generación distribuida	50 MW < ~300 MW

*Fuente.* Datos tomados de Distributed Generation: A Definition, publicada el 2001.

En la literatura también se emplean los términos de generación embebida, generación dispersa, recursos energéticos distribuidos y generación descentralizada, con referencia a la generación distribuida(Zareipour et al., 2004).

#### **4.1.1.1. Aspectos técnicos**

En la actualidad existe una gran cantidad de tecnologías empleadas en la GD estas se pueden clasificar en base a la energía primaria empleada para la generación. Por lo general se emplean motores alternativos, fotovoltaicos, pilas de combustible, turbinas de gas de combustión, microturbinas y aerogeneradores.

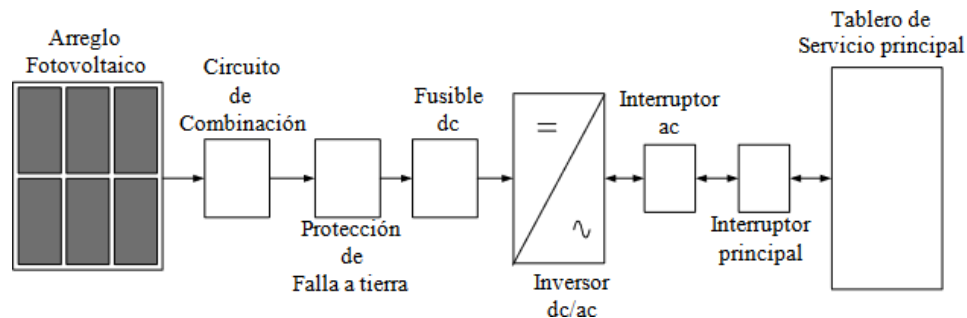
Algunas de las tecnologías empleadas en la GD se detallan a continuación:

- **Celdas de combustible:** Son dispositivos electroquímicos que convierte la energía química directamente en energía eléctrica. Esta emplea hidrógeno y oxígeno para realizar la reacción química requerida y producir energía. Los niveles de emisión de las pilas de combustible son bastante bajos, pero el costo y la confiabilidad demostrada siguen siendo problemas importantes para su penetración en el mercado
- **Microturbina:** Son pequeñas turbinas de gas que giran a una velocidad nominal de 90 000 rpm, es común emplear generadores de corriente continua acoplado a un convertidor CC/CA para producir voltajes a la frecuencia nominal.

- **Motores alternativos:** Esta tecnología puede emplear diesel o gas natural. Este tipo de tecnología también es adecuada como generación de respaldo, ya que se puede poner en marcha rápidamente. Los bajos costos de inversión inicial, sumado a su buena eficiencia, de alrededor del 30%, la hacen una de las tecnologías más atractivas para la implementación de un sistema de GD, no obstante, el principal limitante es el elevado costo del combustible(González Longatt & Fortoul P., 2008).
- **Fotovoltaica:** Las centrales fotovoltaicas suelen ser desde menos de 5 kW hasta varios MW. No producen emisiones y requieren un mantenimiento mínimo. Sin embargo, pueden ser bastante costosos. Una de las principales ventajas es que la energía fotovoltaica se puede utilizar en lugares remotos sin conexiones a la red.  
Los sistemas fotovoltaicos no contienen partes móviles, por ello resultan duraderos, confiables. Un sistema fotovoltaico puede incluir módulos o paneles solares, regulador de carga, banco de baterías, acondicionador de potencia. En la figura 1 se presenta un esquema de generación fotovoltaico. (González Longatt & Fortoul P., 2008).

**Figura 1.**

*Esquema de un sistema de generación fotovoltaico.*



*Fuente:* (González Longatt, 2008)

- **Sistemas de turbinas eólicas:** Las turbinas eólicas, son una forma relativamente económica de producir electricidad. Sin embargo, la característica estocástica del viento, hacen que este sistema sea algo impredecible(Huan, 2006).

#### **4.1.1.2. Ventajas y desventajas de la generación distribuida**

Los sistemas de generación distribuida han adquirido gran importancia debido a sus bajas emisiones, bajos niveles de ruido y alta eficiencia. De entre las principales ventajas se puede destacar su proximidad a las cargas que están sirviendo, esto reduce significativamente las pérdidas técnicas. Adicionalmente la generación distribuida puede jugar un rol importante en la mejora de la fiabilidad de la red actual, mejora de los perfiles de voltaje y de la calidad de la energía.

Para las empresas de distribución, la inclusión de la GD puede ser beneficiosa para la limitación de las demandas punta de carga en horas pico, adicionalmente la GD puede ser incorporada al sistema eléctrico en tiempos mucho más cortos en comparación con los sistemas de generación convencionales.

Los sistemas de GD se amortizan en tiempos más cortos. Muchos países están subsidiando el desarrollo de proyectos de energía renovable, esto incentiva la inversión en pequeñas plantas de generación.

El incremento de la penetración de la GD en los sistemas eléctricos, requiere que se evalúe su impacto con precisión, el objetivo primordial es evitar la degradación de la calidad de la energía, y aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico. Algunos de los problemas más comunes que se pueden presentar en sistemas con GD están relacionados con la inyección de armónicos y flickers asociados a los convertidores de potencia, además, de sobre voltajes, fluctuaciones y desbalances.

Uno de los desafíos más grandes es llevar a cabo los estudios detallados de la tecnología y la topología de la red, con el fin de evitar problemas relacionados con calidad de energía.

Se pueden desarrollar estudios para determinar el impacto de la GD en voltaje, calidad de suministro, confiabilidad de la red y beneficios económicos, así como para determinar la ubicación y el tamaño óptimos de una central de GD en un sistema de distribución para mantener el sistema en un estado sostenible desde el punto de vista económico y que sea seguro (Fernandez Sarabia, 2011).

#### **4.1.1.3. Sistemas de conexión de la GD a la red de suministro**

En la mayor parte de aplicaciones, la GD opera en paralelo con la red eléctrica, lo cual requiere de una serie de equipos que permitan efectuar la conexión física entre el generador y la

red local, de manera adecuada. Existen algunas configuraciones de equipos trabajando de manera aislada, es decir, equipos de GD que no se conectan a la red.

#### **4.1.1.4. Aplicaciones de la generación distribuida**

En la actualidad, la GD está siendo ampliamente utilizada para suplir los requerimientos eléctricos de maneras diversas, gracias a la flexibilidad que tienen las diversas tecnologías.

La generación distribuida puede ser empleada para reducir el consumo de energía de la red, reducir las emisiones ambientales al utilizar tecnología amigable con el medio ambiente. Una de las aplicaciones más relevantes por parte de las empresas distribuidoras es para mejorar el perfil de voltaje, reducir las pérdidas y la posibilidad de aumentar la fiabilidad.

De entre algunas aplicaciones de la generación distribuida podemos señalar las siguientes:

- **Suministro continuo de energía:** Esta aplicación busca que la GD opere durante la mayor cantidad de tiempo continuo posible, de esta manera, una parte o la totalidad de la energía demandada por la carga es suministrada por el equipo de generación distribuida. Las aplicaciones de suministro continuo se utilizan con mayor demanda en aplicaciones industriales como la fabricación de alimentos, plásticos, caucho, metales y producción química.
- **Calor y energía combinados (CHP):** También conocida como refrigeración, calefacción y energía o cogeneración, una parte del calor residual de la GD se emplea para calentar agua, calentar espacios, generar vapor u otras necesidades térmicas. En algunos casos, esta energía puede utilizar para operar equipos de enfriamiento especiales. Las características de la cogeneración son similares a las de la energía continua
- **Energías renovables:** Las unidades de GD pueden aplicar tecnología de generación amigable con el medio con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes.
- **Sistema de energía en espera:** Este sistema proporciona electricidad automáticamente para suplir la demanda en caso que existan problemas con la red de suministro. Algunos de los posibles usuarios incluyen edificios de apartamentos, oficinas y comerciales, hoteles, escuelas y una amplia gama de lugares de reunión públicos (Konstantinos, 2004).

#### **4.1.2. Generación distribuida en otros países**

En el contexto internacional, el uso de la generación distribuida ha sido impulsada por diversos factores, uno de ellos es la creciente preocupación respecto a la protección al medio ambiente y las emisiones de gases de efecto invernadero.

El uso de la GD se ha potenciado a nivel mundial. En varios países se ha incrementado el porcentaje de potencia de generación distribuida respecto a la potencia total instalada, llegando hasta el 37 % en Dinamarca y Holanda, 15% en Australia, Bélgica, Polonia, España y Alemania y un 5% en USA. El departamento de energía de los Estados Unidos estima que en este país existen más de 12 millones de unidades generación distribuida, no obstante, la mayor parte de unidades operan únicamente en situaciones de emergencia.

De acuerdo a los datos de la Agencia Internacional de Energía, en los próximos 20 años, los países desarrollados incrementarán un 50 % la demanda de energía eléctrica.

A pesar que la generación distribuida se ha potenciado en los últimos años, la disponibilidad de recursos, las características físicas, el nivel de madurez tecnológica y los factores económicos, sociales y políticos, son elementos que obstaculizan el desarrollo de este tipo de tecnología (Durán Contreras, 2013).

##### **4.1.2.1. Generación distribuida en Ecuador**

En la actualidad en Ecuador el suministro de energía eléctrica para la mayoría de ciudades y poblaciones se realiza mediante fuentes tradicionales de energía primaria: energía térmica e hidroeléctrica, no obstante, existen sectores remotos donde la energía aún no es accesible a través de las redes de distribución.

El Ecuador dispone de fuentes variadas de energías primarias que pueden ser empleadas en la generación eléctrica, recursos como el sol, viento, vertientes, etc; poseen características favorables para su explotación. Estas se encuentran distribuidas en todo el territorio, por ello es factible el desarrollo de tecnologías de generación en distintos puntos geográficos del país.

La generación distribuida es un concepto relativamente nuevo en nuestro país, esta se ha ido adoptando de a poco. A continuación, se mencionan algunos proyectos de generación distribuida en nuestro país.

- En Zamora, la Alcaldía y el Ministerio de Energía y Minas construyen el proyecto hidroeléctrico Chorrillos, esta central aportará con 3,96 MW.
- En la parroquia San Antonio en la provincia del Cañar, se encuentra la central Ocaña que cuenta con una capacidad de 26 MW.
- En Loja, se cuenta con la central eólica Villonaco con una potencia instalada de 16.5 MW. Se han realizado estudios para los proyectos Villonaco II y III, mismos que aportarán con 110 MW. Adicionalmente ElecAustro construye el proyecto Minas de Huascachaca, en el cantón Saraguro, con una potencia instalada de 50 MW
- En Galápagos, en la Isla de San Cristóbal se construyó un parque de energía con una potencia instalada de 2,5 MW(Durán Contreras, 2013).

#### **4.1.3. Perspectivas sobre la normativa de la generación distribuida**

El desarrollo sustentable y eficiente de la generación distribuida precisa de un marco normativo que regule el uso de las mismas y que proporcionen los incentivos adecuados, considerando beneficios y costos reales de la implementación de estos al sistema.

Una manera de promover la implementación de la GD es a través de tarifas preferenciales para la compra de energía eléctrica. En nuestro país, se cuenta con tarifas para emprendedores de proyectos de hasta 50 MVA, siempre que la fuente de generación primaria provenga de fuentes renovables.

La volatilidad de precios de las fuentes primarias no renovables de energía y la alta dependencia sobre éstas, impulsan la adopción de la GD. No obstante, un progreso sostenido de este tipo de tecnologías requiere la existencia de que regule el aprovechamiento de la generación eléctrica y principalmente con energías renovables no convencionales (Durán Contreras, 2013).

##### **4.1.3.1. Normativa internacional referente a la generación distribuida**

En la actualidad existe un esfuerzo para definir estándares y directrices que permitan normar la penetración de la GD, especialmente centrado en los sistemas fotovoltaicos (PV). En diversos países de han desarrollado normas orientadas al contexto propio de cada nación. Una de estas es el conjunto de normas IEEE 1547 que se ocupa de todos los tipos de generación, esta

proporciona requisitos mínimos para interconectarse de forma segura a la red, especificaciones técnicas funcionales obligatorias.

La Norma IEEE 1547 ha sido un documento fundamental para la interconexión de los recursos energéticos distribuidos con los sistemas de energía eléctrica, siendo este el único estándar americano que trata la interconexión de sistemas de GD con la red de distribución. Además, esta normativa ha ayudado a modernizar la infraestructura de sistemas de energía eléctrica al proporcionar una base para integrar tecnologías de energía renovable limpia, así como otras tecnologías de generación distribuida y almacenamiento de energía.

La IEC 61727-2004 proporciona los requisitos de interconexión de red de sistemas fotovoltaicos. Junto con el IEEE 1547, aborda los problemas de manera similar ayudando en el objetivo global de unificar los estándares.

La norma EN 50438 es la norma europea para la micro generación conectada en paralelo con la red. Las normas alemanas, el VDE-AR-N 4105:2011 (VDE) para baja tensión y BDEW-2008 (BDEW) para media/alta tensión, detallan exhaustivamente los requisitos de la mayoría de las posibilidades de DG (Schwartfeger et al., 2014).

#### **4.1.3.2. Normativa nacional referente a la generación distribuida**

En Ecuador, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) ha emitido algunas regulaciones respecto al uso de las energías renovables no convencionales:

- Regulación N° CONELEC-006/08: Define las reglas comerciales de funcionamiento del mercado, el cálculo y la aplicación de los pliegos tarifarios. También se define la estructura de costos, el componente de distribución y la tarifa a nivel nacional.
- Regulación N° CONELEC-012/08: Define los procedimientos que emplean las empresas distribuidoras para atender reclamos de los clientes.
- Regulación N° CONELEC-013/08: Es un complemento de la anterior, en esta se define las reglas del mercado, la normativa de contratos regulados del mercado y el uso de la energía renovable no contaminante.
- Regulación N° CONELEC 001/09: Regulaciones para la participación del auto-productor, (auto - generador con cogeneración), en la comercialización de la energía. Esta busca



fomentar la cogeneración, puesto que busca que la energía térmica obtenida en los procesos de generación primarios sea aprovechada como fuente de energía. Si hay excedentes en la generación de energía, esta se debe colocar en el mercado.

- Regulación No. CONELEC 009/08: Registro de generadores menores a 1 MW, contiene el procedimiento para ejecutar u operar proyectos menores a 1 MW, cuya operación no sea de emergencia.
- Regulación No. CONELEC 002/11.- Define los principios que permiten aplicar la excepción para la participación privada en la generación eléctrica.
- Regulación No. CONELEC 003/11.- Determinación de los plazos y precios en proyectos de generación y autogeneración por iniciativa privada, incluyendo los proyectos de generación por energías renovables.
- Regulación No. CONELEC 004/11.- Tratamiento para la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales. En esta se define requisitos, precios, vigencias y formas de despacho para sistemas conectados a la red y en sistemas aislados. Además, se establece el despacho obligatorio y preferente de la energía eléctrica generada a través de recursos naturales no convencionales. (Durán Contreras, 2013).

#### **4.1.4. Aspectos económicos de la generación distribuida**

Los planificadores de los sistemas de distribución de energía eléctrica están en constante búsqueda de nuevas estrategias de planificación para satisfacer el crecimiento de la carga y proporcionar un suministro de electricidad confiable a un costo mínimo. El competitivo mercado de la oferta eléctrica obliga a los planificadores a analizar las variables económicas y técnicas que proporcionan las diversas alternativas de generación, como es el caso de la GD.

La inversión en GD es una opción de planificación del sistema de distribución muy atractiva en el caso de los costos de generación no sean muy elevados o que la disponibilidad de energía sea por un período limitado.

Resultaba ser común que las empresas de distribución adquirieran energía de los mercados mayoristas de electricidad para distribuirla los clientes finales. La reestructuración del sector

eléctrico ha estimulado la introducción de nuevos agentes incluida la prestación de servicios auxiliares con la ayuda de la GD.

En base a estas consideraciones se desarrolla el análisis costo/beneficio en la cual se trata de maximizar los beneficios, considerando las restricciones necesarias como límites de voltaje, el límite térmico del alimentador y los límites de generación de la GD.

El tipo, tamaño de las GD es la variable, por lo tanto, debe abordarse como un problema de optimización, en donde deben ejecutarse varias simulaciones para determinar las ubicaciones óptimas de GD para la reducción de la pérdida de energía y la mejora de la confiabilidad.

#### **4.1.4.1. Evaluación de costos de la generación distribuida**

La evaluación de costos es uno de los elementos más importantes en las evaluaciones de proyectos de generación distribuida. Sin embargo, un análisis completo debería incluir factores como la fiabilidad y la calidad de la energía,

En ciertas aplicaciones, seleccionar la opción de menor costo puede no ser viable para lograr los niveles de confiabilidad y calidad de energía exigida. Por lo tanto, la evaluación de los costes suele ser el elemento crítico en una evaluación de la planificación de la GD.

Los costos de operación y mantenimiento difieren significativamente entre varias opciones de GD, así como los costos de combustible, por lo que estos costes deben incluirse en los estudios de generación a nivel de distribución.

Los diversos costes relacionados con la planificación de la GD se detallan a continuación.

- **Costos fijos:** Estos no varían en función de la potencia de salida. Se incluyen los costos propios de la unidad de generación, los costos anuales de impuestos, seguros, mantenimiento programado, pruebas, etc.
- **Costos variables:** Estos costos varían con el uso, por ejemplo, el combustible de la unidad cuanto más funciona, mayores son los costos de combustible. Algunos tipos de costos de mantenimiento y servicio también son variables.
- **Costos continuos:** Estos son necesarios para mantener la instalación en funcionamiento e incluyen inspección y mantenimiento, suministros de combustible, piezas de repuesto,

impuestos, seguros, pérdidas eléctricas y tal vez otros gastos. Persisten mientras la instalación esté en uso.

#### 4.1.4.2. Análisis beneficio costo

El enfoque principal de las empresas de distribución es la reducción de costos junto con la mejora de la confiabilidad y la calidad de la energía del servicio al cliente. El análisis de costos se realiza de manera proyectada puesto que gran parte de la producción ocurrirá en el futuro.

Un método para realizar este análisis a través del valor presente neto (VPN) que permite comparar ingresos y gastos que ocurren en diferentes momentos sobre una base equitativa. Por lo general este análisis incluye la tasa de la inflación en su análisis. La ecuación 1 permite calcular el valor presente neto

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^T \left( \frac{F_t}{1 + IR} \right)^t \quad (1)$$

**Donde:**

**VPN:** Valor presente neto

**I:** Inversión inicial

**IR:** Tasa de interés

**T:** Periodo de análisis

**F<sub>t</sub>:** Flujos netos de efectivo

El uso del análisis de flujo económico descontado es apropiado para incluir la incertidumbre en los costos y las necesidades futuras. La función objetivo es maximizar el beneficio considerando el uso de GD.

El costo de la GD se compone del costo de instalación, el costo de emisión, el costo de combustible, el costo de operación y mantenimiento. Los beneficios incluyen ingresos por reducción de pérdidas y ahorros de compra de energía.

Como se ha mencionado, el objetivo que se busca con la instalación de GD es obtener los máximos beneficios, es decir se debería formular un problema de optimización empleando la capacidad de DG como variable (Bansal, 2017).

#### **4.1.4.3. Eficiencia económica**

La eficiencia económica determina que se debe evitar el desperdicio de recursos valiosos. La medida en que la generación distribuida se integra eficientemente en el mercado de la electricidad depende de la estructura del mercado, el funcionamiento del mercado y la fijación de precios. La estructura del mercado influirá en el potencial de penetración de la generación distribuida.

La tecnología a emplearse en la GD debe ser utilizable. Por lo tanto, el viento o la cogeneración son menos adecuados, ya que estos dependen ampliamente del clima o la demanda de calor (Pepermans et al., 2005).

Es por esto necesario realizar un estudio comparativo entre los posibles sistemas de GD y la disponibilidad de la energía primaria, las tecnologías de generación que emplean fuentes de energía renovables sobresalen por su sencillez, su disponibilidad de equipamiento y la capacidad para predecir la disponibilidad de la fuente primaria de energía. Estas, además, tienen otras motivaciones adicionales tales como la sostenibilidad medioambiental, la responsabilidad social, la seguridad energética, etc. En ciertos proyectos es posible lograr una buena correspondencia entre la generación renovable cercana a la fuente GD, y el consumo, lo que permite lograr un autoconsumo directo total. (Durán Contreras, 2013).

Una liberación del mercado mayorista podría implicar que los clientes se enfrenten a un monopolio a nivel de distribución, que puede desalentar fácilmente la instalación de generación distribuida. Puesto que el monopolista puede fijar precios altos por servicios auxiliares u ofrecer precios muy bajos para la energía distribuida suministrada a la red, esto afectaría claramente a los mercados minoristas. El regulador podría fijar precios (mínimos) de recompra, pero estos precios corren el riesgo de fijarse en niveles ineficientes de tal manera que se instale demasiada o muy poca capacidad de generación distribuida.

En contraparte, la liberación a nivel minorista no es una condición suficiente para el acceso no discriminatorio de la generación distribuida. Los operadores de red que poseen capacidad de generación también tienen un incentivo para discriminar contra la generación distribuida (Pepermans et al., 2005).

#### 4.1.4.4. Beneficios económicos de la generación distribuida

Algunos de los beneficios económicos de la GD se describen a continuación:

- **Impacto en el precio de la electricidad:** En los mercados de electricidad sin regulación, el operador impone el precio de la energía a precios mucho más elevados que el precio real, esto debido a que muchos proveedores incluyen en el costo de la energía el costo de los servicios auxiliares, la reserva operativa, las pérdidas, la congestión, los servicios de transmisión y la administración del mercado. Las empresas distribuidoras pueden considerar implementar sistemas de GD para satisfacer parte de su demanda de electricidad internamente. Esto les permitirá comprar menos energía de la red y, por lo tanto, reducir sus costos.
- **Aplazamiento de la inversión:** El sistema GD adecuadamente ubicado puede considerarse un factor importante en la planificación en las redes de transmisión. Para los corredores de transmisión, específicamente con bajo crecimiento de la congestión, los sistemas DG pueden aplazar las inversiones en la expansión del sistema de transmisión.
- **Empleo de fuentes de energía desperdiciadas y flexibilidad del combustible:** las tecnologías GD son capaces de emplear recursos energéticos que no son económicos o factibles de transportar o convertir. Otro recurso energético es el gas producido a partir de residuos de biomasa de tratamiento de aguas residuales, vertederos y granjas. Las tecnologías GD pueden diversificar los recursos energéticos para la producción de energía, la mayoría de las tecnologías utilizan petróleo o gas natural, y la mayor parte de la inversión en investigación se ha dirigido a pilas de combustible y turbinas de gas que utilizan gas natural.
- **Calidad de la energía y servicios auxiliares:** La instalación de GD puede regular el voltaje en áreas donde es complicado mantener el voltaje dentro de los niveles adecuados. Además, la mayoría de los sistemas de GD son capaces de proporcionar soporte de energía reactiva a nivel del sistema de distribución. Algunos sistemas son adecuados para servicios auxiliares como reserva suplementaria debido a su rápido tiempo de arranque y apagado. Esto evita mantener reservas rodantes que impliquen costos elevados.

- **Producción combinada de calor y electricidad (CHP):** la cogeneración puede aumentar la eficiencia general en la producción de electricidad a más del 90%, el uso de tecnologías GD con capacidad CHP puede ser una opción atractiva.
- **Energía confiable:** Los costos de energía no suministrada pueden ser muy elevados, estos costos son mucho mayores para las empresas con un proceso de fabricación continuo o que brindan servicios esenciales al considerar los costos sociales. Algunas tecnologías de GD pueden ser de utilidad para reducir los tiempos de interrupción del suministro eléctrico.
- **Electrificación de áreas remotas:** La GD puede proporcionar electricidad a clientes que están ubicados lejos de la red y generalmente no tienen suficiente demanda para justificar la expansión económica de la red.
- **Microrred:** La microrred permite que un grupo de cargas y sistemas de GD operan para mejorar la fiabilidad y calidad del sistema de energía de manera controlada (Zareipour et al., 2004).

## 4.2. Capítulo II

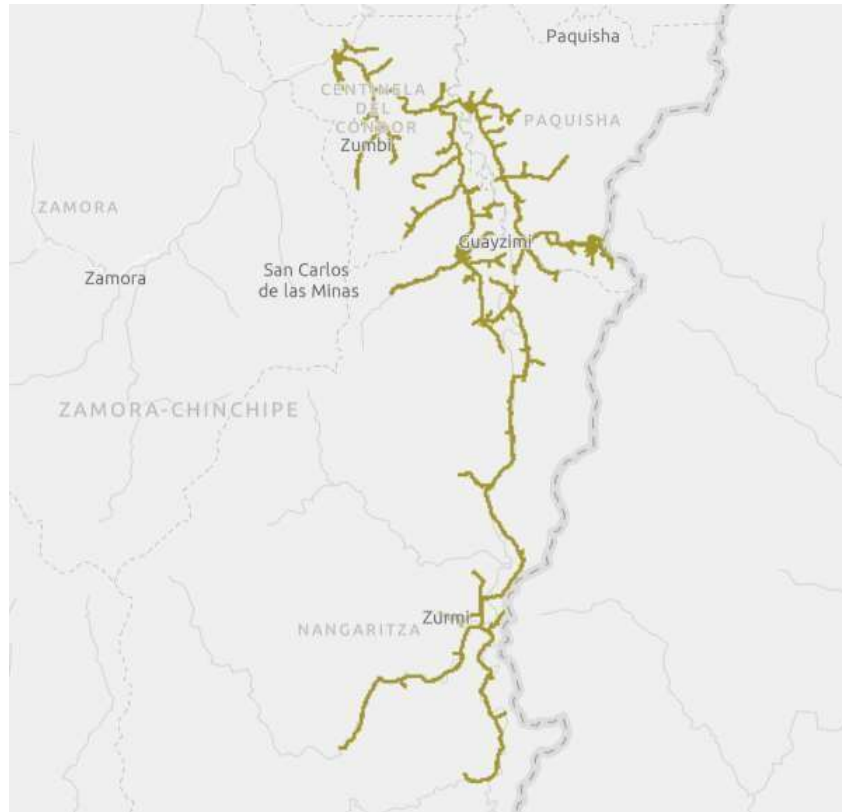
### 4.2.1. Estado actual del alimentador Paquisha

El alimentador primario (A/P) Paquisha tiene su cabecera en la su estación (S/E) Yantzaza, y se constituye en uno de los A/P ubicados más al oriente dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA). Figura 2

En la actualidad, y según los datos que se obtenidos del sistema de información geográfica SIG de la EERSSA, este alimentador proporciona energía eléctrica a 4 440 clientes a través de 597 transformadores de distribución, con una potencia total instalada de 10 752 KVA. El alimentador cubre un área aproximada de 827.3 km<sup>2</sup>.

**Figura 2.**

*Alimentador primario Paquisha*



*Fuente:* (SIG de la EERSSA, 2022)

La evaluación actual del A/P se realiza a través del software Cymdist de la firma Cyme. Se grafica la red de distribución primaria, se ingresan los diversos tramos transformadores y cargas, de acuerdo a la información obtenida del SIG.

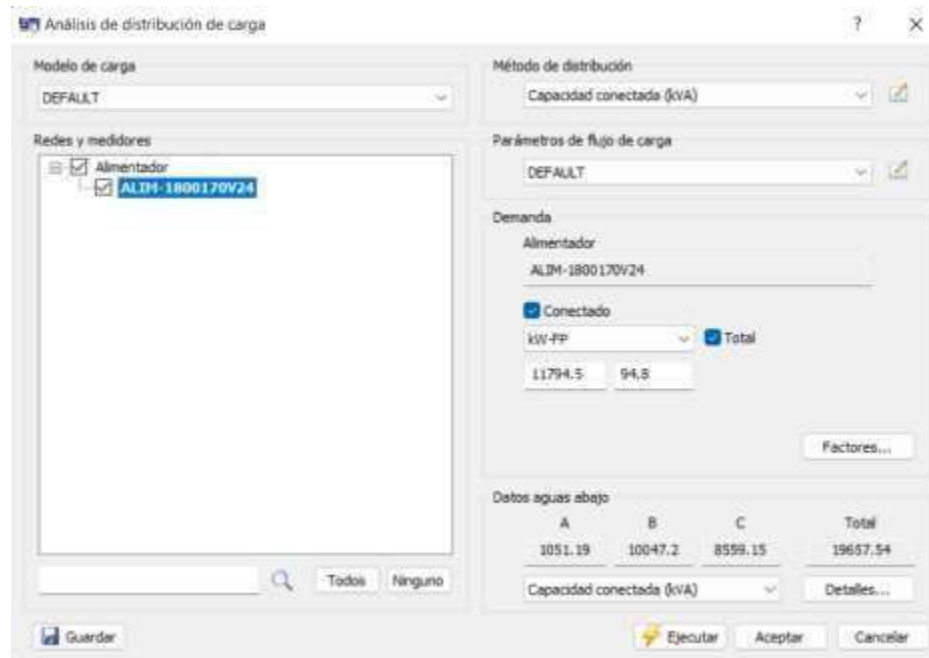
Una vez que se dispone del modelo completo desarrollado en el software, se definen los valores de la demanda del alimentador. Para esto y de acuerdo a consideraciones técnicas, se considera que los alimentadores primarios del área de concesión de la EERSSA están cargados a aproximadamente el 60% de su capacidad total instalada.

El Cymdist proporciona información de los datos de la carga aguas debajo de la cabecera. Se observa que el alimentador dispone de una capacidad total de 19 657.54 kVA. El 60% de este valor (11 794.5 kVA) es asignado como demanda.

Previo al cálculo de los flujos de carga, se realiza la distribución de la carga de acuerdo al método de los KVA totales conectados en el A/P. Estos datos se ingresan en el software, de acuerdo a lo que se expone en la figura 3.

**Figura 3.**

*Distribución de carga en el alimentado Paquisha, para el estado actual*



Fuente: (El autor, 2022)

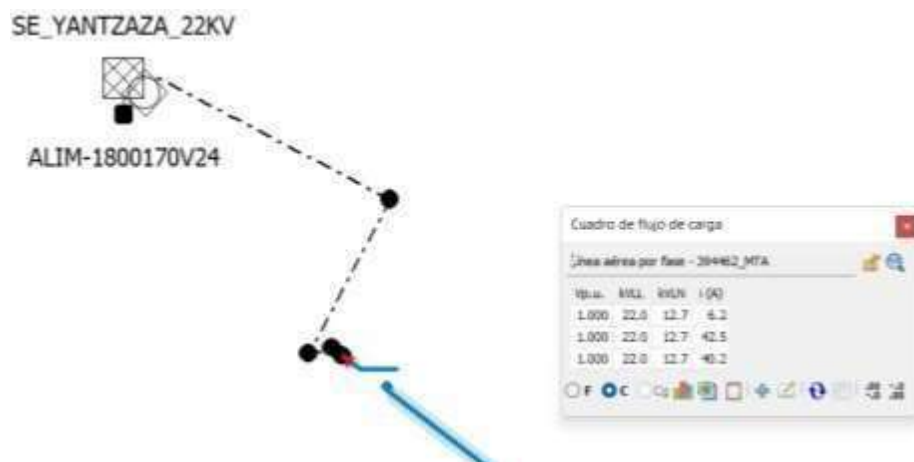
#### 4.2.1.1. Flujo de carga estado actual

Se realiza el cálculo del flujo de carga en el alimentador, en base a los datos proporcionados por el software se determina el estado actual del A/P. Del cual podemos mencionar los siguientes datos.

En la cabecera del A/P, es decir a la altura de la S/E Yantzaza, los niveles de voltaje son adecuados para las tres fases, manteniéndose en niveles de 22 kV (1 pu), sin embargo, también se verifica que existe un desbalance significativo entre las fases B y C con la fase A.



**Figura 4.** Resultados del flujo de carga en la cabecera del A/P, para el estado actual



Fuente: (El autor, 2022)

El segundo punto crítico donde se verifica los niveles de tensión, es en el lugar donde se va a instalar el proyecto de generación distribuida, esto es en el tramo Conguime – Chinapinza. Como se puede ver en la figura 4 y 5, el voltaje línea neutro en este punto llega a un nivel de 0.858pu. De acuerdo a los criterios planteados por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A., la caída de tensión máxima permisible en una red de distribución primaria rural es del 7%, en este punto el A/P presenta una caída de tensión del 14%, el doble del máximo permitido. Figura 5 (EERSSA, 2012).

El tercer punto de análisis es el extremo más alejado de la cabecera del A/P. Al ser el extremo del alimentador podría presentar los problemas más críticos. La figura 6 muestra que el nivel de voltaje en este punto es de 11.8 kV línea neutro (0.927 pu), es decir, en el punto más alejado del alimentador se presenta una caída de tensión del 7.3%.

**Figura 5.** *Resultados del flujo de carga en el punto de instalación del proyecto, para el estado actual*



Fuente: (El autor, 2022)

**Figura 6.** *Resultados del flujo de carga en el punto más alejado del A/P, para el estado actual*



Fuente: (El autor, 2022)

#### 4.2.2. Análisis del ingreso del sistema de generación distribuida

Con la finalidad de dimensionar adecuadamente la instalación, se emplea el software PVSyst 7.2, el cual cuenta con una extensa base de datos de paneles e inversores que permiten configurar adecuadamente el sistema de generación fotovoltaica. En este software se precisa el lugar geográfico donde será instalado el proyecto, la marca y modelo de los equipos empleados, y la configuración propuesta en módulos conectados en serie y en paralelo, para obtener los niveles de voltaje y potencia requeridos.

Los datos de la irradiación solar son obtenidos por el mismo programa a través de un módulo que permite enlazar el software a la página de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA).

La configuración que permite conseguir los resultados más cercanos a los requeridos es a través de 3 360 paneles solares (14 módulos en serie y 240 cadenas en paralelo) marca Jinkosolar modelo JKM370M-72, los mismos que proporcionan una potencia de salida de 1.3 MW; y un inversor de marca ABB, modelo PVI -110. En la figura 7 se puede observar la configuración obtenida para las condiciones planteadas.

**Figura 7.**

*Configuración obtenida en PVSyst al ingresar los datos del proyecto*



Fuente: (El autor, 2022)

Una vez se dispone de la configuración, se ingresa la misma al Cymdist, para calcular los nuevos flujos de carga al incluir la generación distribuida.

#### 4.2.2.1. Flujo de potencia con el ingreso de la generación distribuida

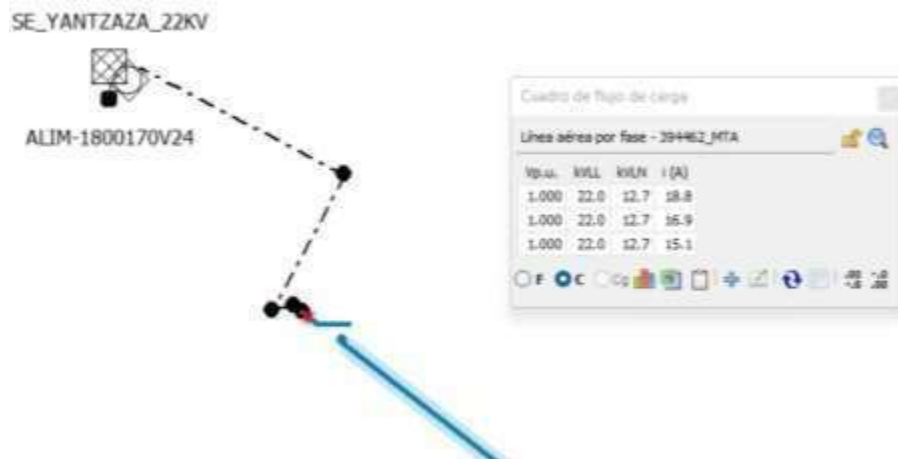
Se realiza la simulación del flujo de potencia, ingresando la configuración de la central fotovoltaica en el tramo Conguime - Chinapinza del alimentador Paquisha. Se analizan los niveles de voltaje en los mismos lugares que en la simulación de estado inicial.

A nivel de la cabecera, los niveles de voltaje se mantienen adecuados, y la corriente circulante se distribuye de mejor manera entre las tres fases del A/P, como se expone en la figura 8.

A nivel del ramal donde se ubica el sistema de GD, podemos evidenciar una mejora significativa en los niveles de voltaje, siendo el caso más severo el voltaje en la fase B, donde se alcanza niveles de 0.972 pu, es decir, la caída de voltaje en este punto llega a 2.8%, cumpliendo con la normativa técnica de la EERSSA. La figura 9 muestra los flujos de potencia en el punto de instalación del proyecto, al ingresar la generación distribuida.

**Figura 8.**

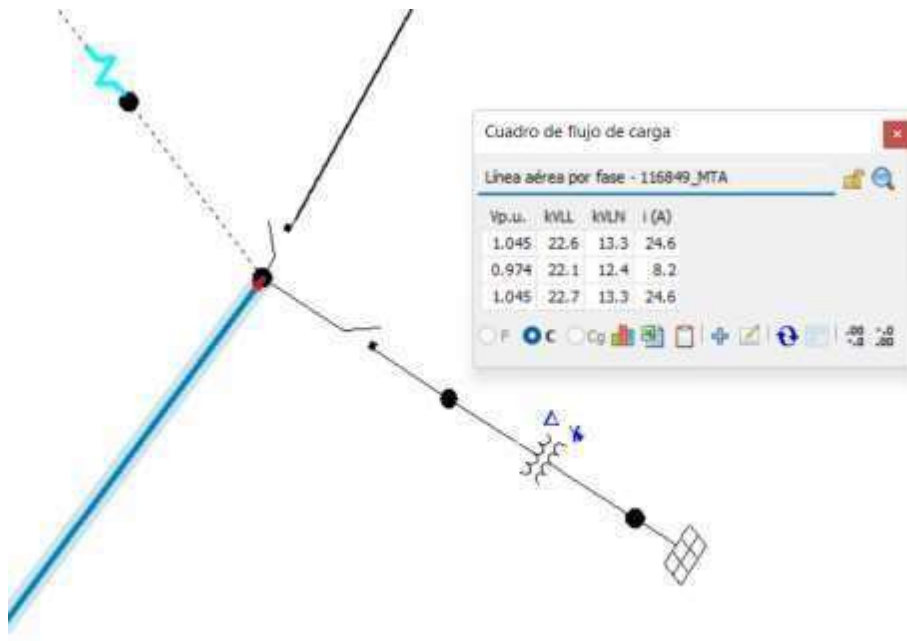
*Resultados del flujo de carga en la cabecera del A/P, al ingresar la GD*



Fuente: (El autor, 2022)

**Figura 9.**

*Resultados del flujo de carga en el punto de instalación del proyecto, al ingresar la GD*



*Fuente:* (El autor, 2022)

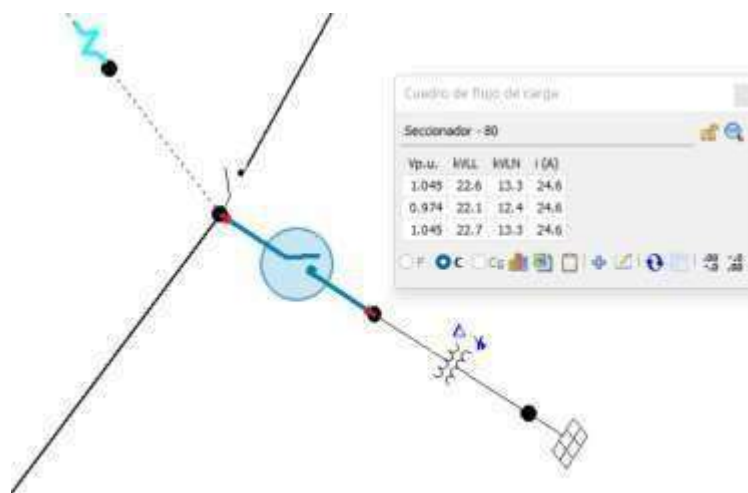
En el extremo más alejado del A/P, debido a la GD se alcanza un nivel de voltaje de 0.967 pu, se tiene una caída de tensión de 3.3% en este punto del alimentador, resultados que se pueden observar en la figura 10, así mismo en la figura 11 se observa el aporte del sistema solar de 1MW al alimentador primario.

**Figura 10.** Resultados del flujo de carga en el extremo más alejado, al ingresar la GD



Fuente: (El autor, 2022)

**Figura 11.** Aporte del sistema solar fotovoltaico



Fuente: (El autor, 2022)

#### 4.2.3. Análisis económico de la implementación del sistema de generación distribuida

El software PVSyst permite además ingresar costos de los diversos elementos que conforman la instalación, esto permite a la herramienta realizar un análisis de viabilidad económica del proyecto, este análisis es presentado en el informe completo que entrega el software en anexos.

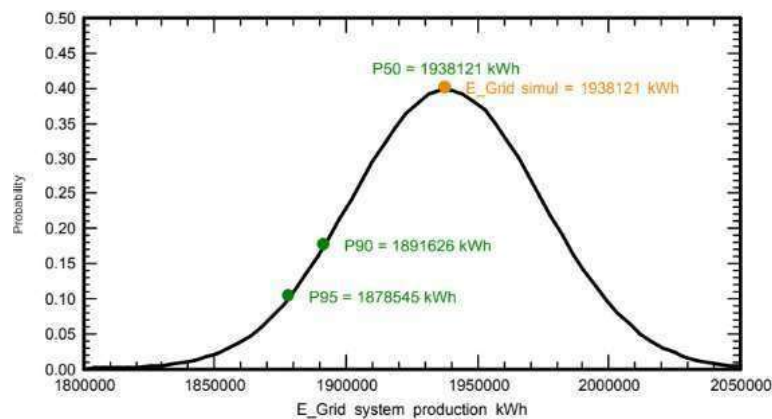
En primera instancia, el software determina la generación promedio de energía que se obtiene a través del sistema fotovoltaico en un año, teniendo en consideración que este depende

directamente de la irradiación solar que se obtiene en el punto de ubicación del proyecto. Al depender de las condiciones climáticas del lugar, la irradiación es de naturaleza estocástica y no es correcto realizar una estimación determinista.

El software realiza una distribución normal de la probabilidad de generación en el punto de análisis, como podemos ver en la figura 12.

**Figura 12.**

*Distribución de la probabilidad de generación fotovoltaica en el punto analizado*



*Fuente: (PVSyst, 2022)*

La estimación de la producción anual se efectúa con el promedio de la distribución normal, es decir, con el valor de la producción de energía que tiene una mayor probabilidad de ocurrencia. El software PVSyst muestra que la producción promedio se sitúa en 1 938121 kWh/año.

De acuerdo a la regulación CONELEC 04/11, el precio referencial de pago al productor de energía solar fotovoltaica en el punto de entrega es de 40.03 cUSD/kWh. En base a estas consideraciones el ingreso anual bruto que se obtendría es de 775 200 USD.

Los costos de la instalación del sistema de GD en el tramo Conguime-Chinapinza, son estimados a partir de instalaciones fotovoltaicas similares y son asumidas por el autor. Las mismas se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2.***Costos estimados de implementación del sistema de GD*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
	Módulos fotovoltaicos JKM			
1	370M-72	3 360	547	1837920
2	Inversores PVI-110	10	19 000	190 000
3	Soportes para los módulos	3 360	105	352 800
3	Estudios de ingeniería	-	160 000	160 000
4	Costos de instalación	-	1 435000	1 435000
5	Costos de solar	-	47640	47 640
6	Seguros	-	20 000	20 000
7	Impuestos (aproximado)	-	1 135462	1 135462.4
<b>TOTAL</b>				<b>5 178822.4</b>

*Fuente.* El autor.

En cuanto a los costos de operación, se consideran algunos parámetros, los mismos que se detallan en la tabla 3.

**Tabla 3.***Costos anuales**operativos estimados para la implementación del GD.*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio total</b>
1	Salarios	288 800
2	Reparaciones	120 000
3	Limpieza	112000
4	Seguridad y gastos administrativos	43 600
<b>TOTAL</b>		<b>95 600</b>

*Fuente:* El autor

Para realizar un análisis adecuado de los flujos de capital a través de un periodo definido, lo más conveniente es traer los valores de ingresos/gastos futuros al presente, esto se efectúa mediante el valor presente neto (VPN), aplicando la ecuación 1.



La inversión inicial puede ser por el monto total, o se puede hacer a través de un financiamiento, de ser el caso, los gastos en forma de pago anual a la institución financiera deben incluirse en los flujos netos de efectivo para cada año. Estos flujos incluyen los ingresos por venta de energía menos los costos operativos y menos los pagos anuales al banco por concepto de pago si se opta por un financiamiento. La tasa de interés para este tipo de proyectos es del 2.9 % (Chávez et al., 2022).

Realizamos el análisis a 20 años plazo, considerando una inversión total inicial cubierta totalmente por el proyectista en el año 0, sin ningún tipo de financiamiento. Para cada año se actualizan los ingresos y gastos de acuerdo a la ecuación 1. El cálculo del VPN anual y el acumulado se presentan en la tabla 4. Al término del año 20 se obtiene una rentabilidad de 5 034775, es decir del 97% de la inversión inicial, por lo que el proyecto es económicamente viable.

**Tabla 4.**

*Cálculo del VPN para la implementación del proyecto de GD*

<b>Año</b>	<b>VPN anual (USD)</b>	<b>VPN acumulado (USD)</b>
<b>0</b>	-5178822,4	-5178822,4
<b>1</b>	661012,051	-4517810,35
<b>2</b>	642382,945	-3875427,4
<b>3</b>	624278,858	-3251148,55
<b>4</b>	606684,993	-2644463,55
<b>5</b>	589586,971	-2054876,58
<b>6</b>	572970,818	-1481905,76
<b>7</b>	556822,952	-925082,812
<b>8</b>	541130,177	-383952,635
<b>9</b>	525879,666	141927,031
<b>10</b>	511058,957	652985,988
<b>11</b>	496655,935	1149641,92
<b>12</b>	482658,829	1632300,75
<b>13</b>	469056,199	2101356,95
<b>14</b>	455836,928	2557193,88
<b>15</b>	442990,212	3000184,09
<b>16</b>	430505,551	3430689,64
<b>17</b>	418372,741	3849062,38
<b>18</b>	406581,867	4255644,25
<b>19</b>	395123,292	4650767,54

## **5. Metodología**

### **Área de Estudio**

Se desarrollará el análisis por el ingreso de GD al alimentador primario Paquisha, tramo Consingue-Chinapinza, de la Empresa Eléctrica Regional del Sur.

En el alimentador se efectúa un estudio de flujo de potencia para determinar las condiciones de funcionamiento del circuito, además se diseñan las características del ingreso de un sistema de generación solar fotovoltaico, se determinan los parámetros de operación por el ingreso de generación distribuida, para determinar las corrientes y voltajes en los diferentes nodos del alimentador.

Las simulaciones efectuadas permiten analizar las mejoras que representa el ingreso de generación distribuida al circuito, se identifican condiciones de operación del alimentador de forma numérica.

### **Procedimiento**

El desarrollo de la investigación corresponde a un diseño analítico con el objetivo de analizar las mejoras que representa el ingreso de generación distribuida al alimentador Paquisha, las simulaciones efectuadas permiten identificar las características del sistema fotovoltaico para simular el ingreso de generación distribuida y evaluar el impacto del ingreso de generación distribuida al circuito, para identificar las mejoras a la red.

### **Procesamiento y análisis de datos**

En el presente Trabajo de Titulación se utilizaron los siguientes métodos:

## **El método de Observación**

Este método permite identificar los equipos y características del alimentador Paquisha.

## **Método analítico**

Se utiliza para identificar los sistemas y modelos de cálculo utilizados en la simulación, identificando las características de la generación distribuida y cómo esta ingresa al alimentador Paquisha.

## **Método sintético**

Permite interpretar y procesar la base de datos del Sistema de Información Geográfica de la EERSSA.

## **Técnicas**

### **Observación**

Permite identificar las características del alimentador Paquisha para su posterior procesamiento de la base de datos, simulación y obtención de resultados.

### **Simulación**

Esta técnica permite obtener los escenarios de simulación para determinar las condiciones de operación del alimentador Paquisha por el ingreso de generación distribuida, haciendo uso de software especializado.

## **6. Resultados**

La simulación efectuada en software especializado PvSyst permite identificar las características de la generación distribuida que ingresará al alimentador Paquisha, la cual fue diseñada para una generación de 1MW a 22000V, para ello es necesaria la instalación de 3360 paneles solares de 370Wp los mismos que deberán conectarse formando grupos de 14 módulos en serie, con lo cual se tendrán 240 cadenas de paneles, estas cadenas deberán ser conectadas a 10 inversores de 110 kWac es decir 24 cadenas de 14 módulos en serie por inversor.

### **Análisis de mejoras en la red por el ingreso de generación distribuida.**

Con la simulación del estado actual de alimentador Paquisha se pudo determinar que aproximadamente el 70% del alimentador presenta inconvenientes en cuanto a nivel de voltaje, y con ello en la calidad del servicio de energía, de las mediciones obtenidas con la simulación en el software Cyme 9.0 se observa que los niveles de tensión a la salida de la sub estación Yantzaza tanto con el ingreso de generación distribuida como sin el ingreso se encuentran en óptimas condiciones es decir 22000 voltios, en cuanto a la corriente se puede notar un desequilibrio en las fases teniendo solo 6.2 amperios en la Fase A y aproximadamente 40 amperios para las fases B y C esto debido a que la mayor parte de sus transformadores se encuentran conectados a la fase B y fase C, con el ingreso de generación distribuida trifásica vemos un comportamiento de equilibrio de fases debidas al flujo en ambos sentidos de la corriente y que cierta cantidad de generación en la fase A es ingresada al anillo nacional.

Para el tramo en el que se pretende ingresar el proyecto podemos observar que en la actualidad las mediciones se encuentran alrededor de los 38 amperios para la fase B con un voltaje de 10900 V es decir 0.858 por unidad, con el ingreso de la generación distribuida considerando las mejoras eléctricas en las redes para poder ingresar con energía trifásica se tiene un voltaje en la fase B de 0.972 por unidad el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos por las normas técnicas de diseño y construcción de la empresa eléctrica regional del sur, así también se puede observar el aporte de 24.6 amperios por fase de la planta solar.

En la parte del final de circuito aguas abajo del proyecto planteado en la presenta investigación se pasó de tener voltajes de 11.8 kV es decir 0.927 por unidad lo que representa una

caída del 7.3% con respecto al voltaje a la salida de la sub estación a tener un voltaje de 12.3 kV, es decir 0.967 por unidad, con lo cual se puede notar que luego del ingreso de los paneles solares se tiene una caída de tensión correspondiente al 3.3%.

Es decir, de la simulación realizada con los software PvSyst y Cime se puede determinar que el ingreso de generación distribuida en alimentadores primarios ayuda a mejorar los niveles de tensión permitiendo de esta manera contar con un servicio con mayor calidad de energía entregando beneficios a los usuarios finales y a la distribuidora.

## **7. Discusión**

El análisis efectuado al alimentador Paquisha fue efectuado considerando el medio día cómo hora de máxima generación, se identifican caídas de tensión a lo largo y ancho del circuito, al ingresar generación distribuida se evidencia que las caídas de tensión mejoran, mejorado el índice de caídas de voltaje que presenta el circuito.

El alimentador Paquisha se ha caracterizado por presentar fluctuaciones en los parámetros de funcionamiento cómo caídas de tensión, pérdidas de potencia, etc., las cuales han comprometido la estabilidad y capacidad del mismo, siendo la generación distribuida una alternativa para mejorar los índices de operación del circuito, como se evidencia con la simulación del flujo de potencia efectuado, el ingreso de generación distribuida a la red debe ser planificado a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de garantizar el buen funcionamiento del circuito.

## **8. Conclusiones**

El ingreso de generación distribuida al alimentador Paquisha evidencia que el uso de este tipo de tecnologías permite mejorar las condiciones de funcionamiento del circuito.

El análisis efectuado por el ingreso de generación distribuida al alimentador Paquisha representaría un costo de 25 centavos por KWh generado, por lo cual el proyecto resulta económicamente viable.

El ingreso de generación fotovoltaica al alimentador Paquisha mejoraría los indicadores de pérdidas de energía por distribución, además de mejorar los perfiles de voltaje en todo el alimentador.

## **9. Recomendaciones**

Desarrollar un análisis de sensibilidad para determinar la capacidad de generación fotovoltaica óptima a ingresar al alimentador Paquisha considerando la demanda de energía del sector.

Evaluar escenarios de generación distribuida en diferentes nodos del alimentador Paquisha para identificar el nodo óptimo, atendiendo criterios económicos y técnicos.

Analizar el ingreso de baterías de alta eficiencia para mejorar el aporte de el sistema fotovoltaico en horarios de pico de demanda.



## 10. Bibliografía

- Ackermann, T., Andersson, G., & Soder, L. (2001). Distributed Generation: A Definition. *Electric Power Systems Research*, 57, 195-204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7796\(01\)00101-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7796(01)00101-8)
- Bansal, R. (2017). *Handbook of Distributed Generation: Electric Power Technologies, Economics and Environmental Impacts*. Springer International Publishing. <https://books.google.com.ec/books?id=q09GDgAAQBAJ>
- Chávez, J., Guzmán, J., Caiza, A., & Gordón, J. (2022). Propuesta de una planta fotovoltaica de 824,86 MW en Manabí, Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 9, 85-100. <https://doi.org/10.26423/rctu.v9i1.640>
- Durán Contreras, E. (2013). *La generación distribuida y sus retos frente al nuevo marco legal del mercado eléctrico ecuatoriano* [Tesis de Máster, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4519/3/TESIS.pdf>
- EERSSA. (2012). *Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales*. [http://www.eerssa.gob.ec/eerssa/lotaip/2017/noviembre/archivos/a3/Normas\\_tecnicas\\_para\\_el\\_diseno\\_de\\_redes\\_electricas\\_urbanas\\_y\\_rurales.pdf](http://www.eerssa.gob.ec/eerssa/lotaip/2017/noviembre/archivos/a3/Normas_tecnicas_para_el_diseno_de_redes_electricas_urbanas_y_rurales.pdf)
- Fernandez Sarabia, A. (2011). *Impact of distributed generation on distribution system* [Master thesis, Aalborg University]. [https://projekter.aau.dk/projekter/files/52595515/Report\\_Angel\\_Fernandez\\_Sarabia.pdf](https://projekter.aau.dk/projekter/files/52595515/Report_Angel_Fernandez_Sarabia.pdf)
- González Longatt, F. M., & Fortoul P., C. L. (2008). *Impacto de la generación distribuida en el comportamiento de los sistemas de potencia* /. [http://190.169.28.5:8080/OPAC/texto\\_completo/tesis.php?cota=ingenieria/TESIS I2008 G643](http://190.169.28.5:8080/OPAC/texto_completo/tesis.php?cota=ingenieria/TESIS I2008 G643)
- Huan, B. (2006). *Stability of distribution systems with a large penetration of distributed generation* [Doctoral thesis, Technical University Dortmund]. <https://dnb.info/997637463/34>
- Konstantinos, A. (2004). *Integration of Distributed Generation in Low Voltage Networks: Power Quality and Economics* [Master thesis, University of Strathclyde in Glasgow]. [https://www.esru.strath.ac.uk//documents/msc\\_2004/angelopoulos.pdf](https://www.esru.strath.ac.uk//documents/msc_2004/angelopoulos.pdf)

Pepermans, G., Driesen, J., Haeseldonckx, D., Belmans, R., & D'haeseleer, W. (2005).

Distributed generation: Definition, benefits and issues. *Energy Policy*, 33(6), 787-798.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.004>

Schwartfeger, L., Santos-Martin, D., Wood, A., Watson, N., & Miller, A. (2014). *Review of Distributed Generation Interconnection Standards*.

Zareipour, H., Bhattacharya, K., & Cañizares, C. (2004). Distributed generation: Current status and challenges. *IEEE Proceedings of NAPS*.

## 11. Anexos

### ANEXO No. 1 Resultados obtenidos en Pvsyst

PVSYST V6.81		20/10/22	Página 1/10
<b>Sistema Conectado a la Red: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi</b>		
<b>Sitio geográfico</b>	<b>Chinapinza Conguime</b>	<b>País</b>	<b>Ecuador</b>
<b>Ubicación</b>	Latitud -4.04° S	Longitud	-78.61° W
Tiempo definido como	Hora Legal Huso horario UT-5	Altitud	1264 m
<b>Datos meteorológicos:</b>	<b>Conguime</b>	Meteonorm 7.2, Sat=100% - Sintético	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Simulación entrada de paneles solares</b>		
	Fecha de simulación:	20/10/22 14h06	
<b>Parámetros de la simulación</b>	Tipo de sistema	<b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b>	
<b>Orientación plano captador</b>	Inclinación	25°	Acimut 0°
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteonorm
<b>Horizonte</b>	Sin horizonte		
<b>Sombreados cercanos</b>	Sin sombreado		
<b>Necesidades del usuario :</b>	Carga ilimitada (red)		
<b>Características del conjunto FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	Si-mono	Modelo	<b>JKM 370M-72</b>
Base de datos Pvsyst original		Fabricante	Jinkosolar
Número de módulos FV		En serie	14 módulos
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	3360
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	<b>1243 kWp</b>
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	511 V
Superficie total		Superficie módulos	<b>6520 m²</b>
		En paralelo	240 cadenas
		Pnom unitaria	370 Wp
		En cond. de funciona.	1127 kWp (50°C)
		l mpp	2204 A
		Superficie célula	5742 m²
<b>Inversor</b>		Modelo	<b>PVI-110.0</b>
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	ABB
Características		Voltaje de funcionam.	485-800 V
Paquete de inversores		Núm. de inversores	20 * MPPT 50 %
		Pnom unitaria	110 kWac
		Potencia total	1100 kWac
		Relación Pnom	1.13
<b>Factores de pérdida del conjunto FV</b>			
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	3.9 mOhm	Fracción de pérdidas 1.5 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas -0.8 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas 1.0 % en MPP
Pérdidas de "desajuste" cadenas			Fracción de pérdidas 0.10 %
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05

Traducción y garantía, Solo el texto inglés está garantizado

## ANEXO No. 2 Resultados Cyme estado actual

PVSYST V6.81	20/10/22	Página 2/10														
<b>Sistema Conectado a la Red: Resultados principales</b>																
<b>Proyecto :</b>	<b>Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi</b>															
<b>Variante de simulación:</b>	<b>Simulación entrada de paneles solares</b>															
<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema Orientación Campos FV Módulos FV Conjunto FV Inversor Paquete de inversores Necesidades del usuario	Tipo de sistema inclinación Modelo Núm. de módulos Modelo Núm. de unidades Carga ilimitada (red)														
<b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b> 25° acimut 0° JKM 370M-72 Pnom 370 Wp 3360 Pnom total <b>1243 kWp</b> PVI-110.0 Pnom 110 kW ac 10.0 Pnom total <b>1100 kW ac</b>																
<b>Resultados principales de la simulación</b>																
Producción del sistema	<b>Energía producida</b>	<b>1938 MWh/año</b>														
	Índice de rendimiento (PR)	83.91 %														
Inversión	Total incl. impuestos	5178822.40 USD														
Costo anual	Anualidades (Préstamo 9.00%, 10 años)	605223.43 USD/año														
Costo de energía		<b>0.25 USD/kWh</b>														
	Producción específica	1559 kWh/kWp/año														
	Específico	4.17 USD/Wp														
	Costo de explotación	95600.00 USD/año														
	Payback period	<b>11.1 años</b>														
<b>Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 1243 kWp</b>																
		<b>Índice de rendimiento (PR)</b> 														
Simulación entrada de paneles solares Balances y resultados principales																
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR								
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh									
Enero	154.1	67.67	20.82	124.7	118.9	133.9	128.7	0.831								
Febrero	145.1	68.33	21.07	126.1	121.2	135.9	130.8	0.834								
Marzo	164.0	80.13	21.18	155.1	149.8	166.5	160.3	0.832								
Abril	161.7	61.94	20.61	168.1	163.4	179.6	172.9	0.827								
Mayo	163.1	68.83	19.70	182.4	177.8	195.6	188.2	0.830								
Junio	147.3	57.77	17.75	170.5	166.2	186.1	179.1	0.845								
Julio	145.3	67.28	17.21	163.5	159.1	180.0	173.3	0.853								
Agosto	163.3	58.88	17.02	173.8	169.2	189.4	182.4	0.844								
Septiembre	171.1	64.62	16.76	168.2	163.0	183.2	176.3	0.843								
Octubre	180.7	70.18	17.41	159.8	153.6	173.5	167.0	0.841								
Noviembre	164.4	74.53	17.85	134.4	128.7	147.3	141.7	0.848								
Diciembre	166.1	76.93	19.53	131.4	125.3	142.7	137.3	0.841								
Año	1926.3	810.08	18.90	1858.0	1796.2	2013.9	1938.1	0.839								
Legendas:	GlobHor	Irradiación global horizontal	DiffHor	Irradiación difusa horizontal	T_Amb	Temperatura Ambiente	GlobInc	Global incidente plano receptor	GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EArray	Energía efectiva en la salida del conjunto	E_Grid	Energía inyectada en la red	PR	Índice de rendimiento

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

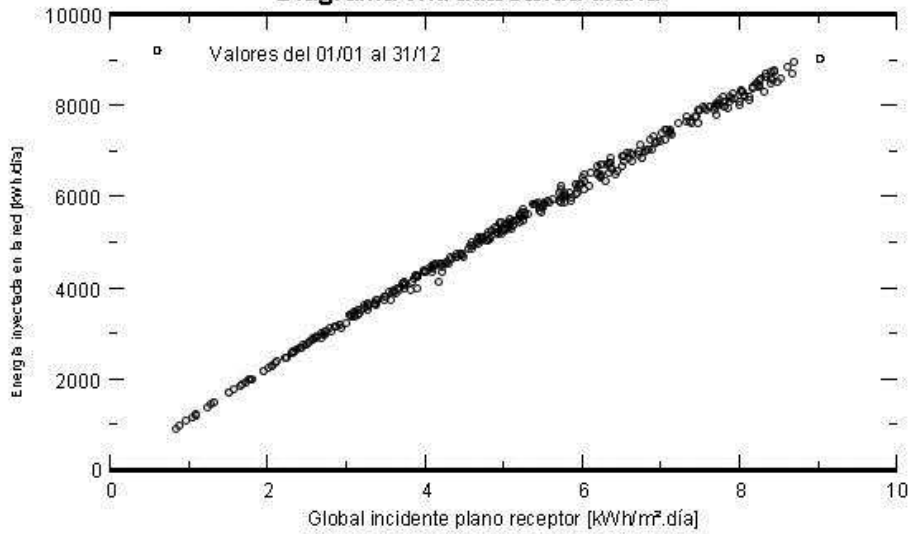
### Sistema Conectado a la Red: Gráficos especiales

**Proyecto :** Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi

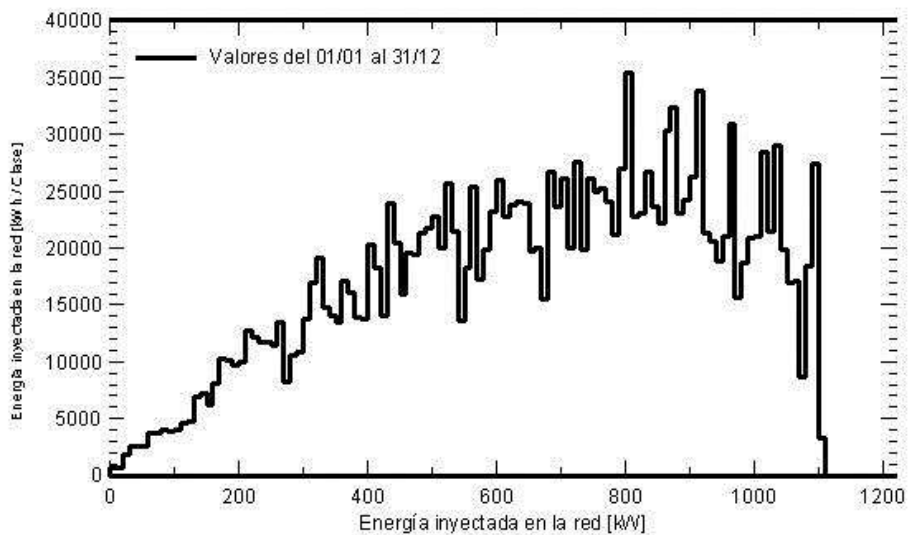
**Variante de simulación :** Simulación entrada de paneles solares

<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema	<b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b>	
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	JKM370M-72	Pnom 370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total <b>1243 kWp</b>
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom 110 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total <b>1100 kW ac</b>
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

**Diagrama entrada/salida diaria**



**Distribución de la potencia de salida del sistema**



Traducción de la garantía, Sólo en inglés está garantizado.

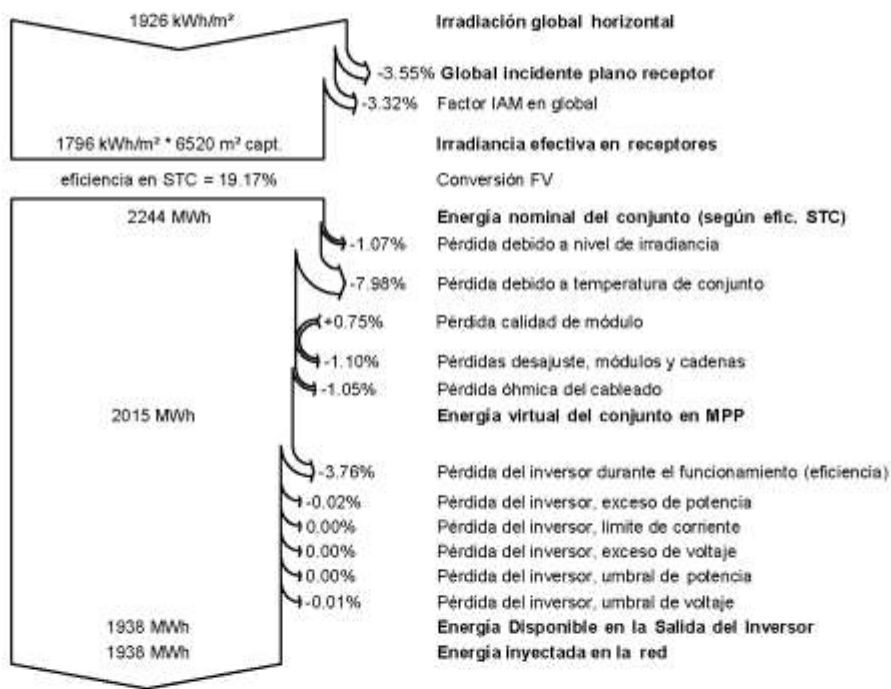
### Sistema Conectado a la Red: Diagrama de pérdidas

**Proyecto :** Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi

**Variante de simulación :** Simulación entrada de paneles solares

<b>Parámetros principales del sistema</b>	Tipo de sistema: <b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b>
Orientación Campos FV	inclinación 25° acimut 0°
Módulos FV	Modelo JKM 370M-72 Pnom 370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos 3360 Pnom total <b>1243 kWp</b>
Inversor	Modelo PVI-110.0 Pnom 110 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades 10.0 Pnom total <b>1100 kW ac</b>
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)

Diagrama de pérdida durante todo el año



Sistema Conectado a la Red: Evaluación P50 - P90

**Proyecto :** Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi

**Variante de simulación :** Simulación entrada de paneles solares

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema		No hay escenario 3D, no hay sombreados	
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut	0°	
Módulos FV	Modelo	JKM 370M-72	Pnom	370 Wp	
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total	<b>1243 kWp</b>	
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom	110 kW ac	
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total	<b>1100 kW ac</b>	
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)				

**Evaluación de la previsión de la probabilidad de producción**

La distribución de la probabilidad de producción del sistema para diferentes años depende principalmente de los datos meteorológicos utilizados para la simulación, y depende de las siguientes opciones:

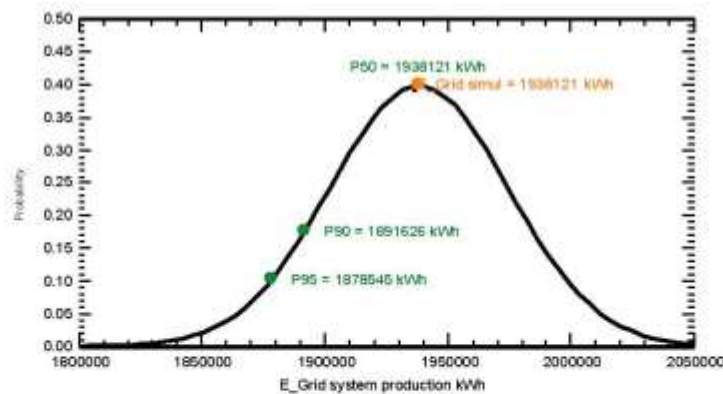
Origen de los datos meteorológicos	Meteonorm 7.2, Sat=100%	Año	1995
Datos meteorológicos	Tipo No definido		
Desviación específica de un año con respecto al promedio	3 %		
Variabilidad de un año al otro	Varianza 0.5 %		

La varianza de la distribución de probabilidad depende también de las incertidumbres de ciertos parámetros del sistema

Desviación especificada	Parám./modelo de módulo FV	1.0 %	
	Incertidumbre eficiencia inversor	0.5 %	
	Incertidumbres ensuciado y desajuste	1.0 %	
	Incertidumbre de la degradación	1.0 %	
Variabilidad global (meteorología y sistema)	Varianza	1.9 %	(suma cuadrática)

Probabilidad de producción anual	Variabilidad	MWh
	P50	1938 MWh
	P90	1892 MWh
	P95	1879 MWh

**Probability distribution**



## ANEXO No. 3 Resultados Cyme estado project

PVSYST V6.81		20/10/22	Página 6/10
<b>Sistema Conectado a la Red: Evaluación económica</b>			
<b>Proyecto :</b>	<b>Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi</b>		
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Simulación entrada de paneles solares</b>		
<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema:</b>	<b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b>	
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	JKM 370M-72	Pnom 370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total <b>1243 kWp</b>
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom 110 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total <b>1100 kW ac</b>
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		
<b>Inversión</b>			
<b>Direct costs</b>			
Módulos FV			
JKM 370M-72	3360 unidades	547.00 USD / unidad	1837920.00 USD
Supports for modules	3360 unidades	105.00 USD / unidad	352800.00 USD
Inversores			
PVI-110.0	10 unidades	19000.00 USD / unidad	190000.00 USD
Studies and analysis			
Ingeniería			65000.00 USD
Permitting and other admin. Fees			40000.00 USD
Environmental studies			35000.00 USD
Economic analysis			20000.00 USD
Installation			
Transporte			50000.00 USD
Accessories, fasteners			15000.00 USD
Wiring			120000.00 USD
Settings			50000.00 USD
Grid connection			1200000.00 USD
Seguro			
Building insurance			15000.00 USD
Transport insurance			5000.00 USD
Land costs			
Land purchase			30000.00 USD
Land taxes			17640.00 USD
		<b>Inversión bruta</b>	<b>4043360.00 USD</b>
<b>Taxes and subsidies</b>			
Impuestos			
VAT			425798.40 USD
Federal taxes			354832.00 USD
Other taxes			354832.00 USD
		<b>Inversión neta (CAPEX)</b>	<b>5178822.40 USD</b>
<b>Operating costs</b>			
Manten.			
Salaries			28800.00 USD / año
Reparation			12000.00 USD / año
Cleaning			11200.00 USD / año
Security fund			33600.00 USD / año
Administrative, accounting			10000.00 USD / año
		<b>Total (OPEX)</b>	<b>95600.00 USD / año</b>
		<b>Operating costs (OPEX) incl. Inflation (3.00%)</b>	<b>124838.63 USD / año</b>

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.



**Sistema Conectado a la Red: Evaluación económica**

**Proyecto :**                    **Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi**

**Variante de simulación :**    **Simulación entrada de paneles solares**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	<b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b>	
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	JKM 370M-72	Pnom 370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total <b>1243 kWp</b>
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom 110 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total <b>1100 kW ac</b>
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)		

**Resumen del sistema**

Inversión neta	<b>5178822.40 USD</b>
Own funds	1294705.60 USD
Préstamo (10 años) Tasa 9.00 % / año	Anualidades 605223.43 USD / año
Costo total anual (inc. inflation 3.00 % / año)	<b>427450.35 USD / año</b>
Energía producida	<b>1938 MWh / año</b>
Costo de la energía producida	<b>0.25 USD / kWh</b>
(sum of costs over lifetime / total production over lifetime)	

Sistema Conectado a la Red: Balance financiero a largo plazo

Proyecto : **Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi**

Variante de simulación : **Simulación entrada de paneles solares**

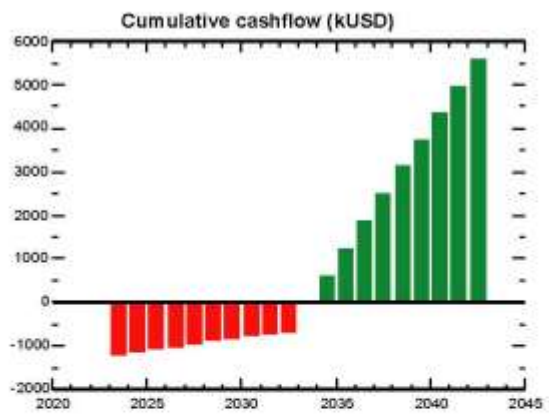
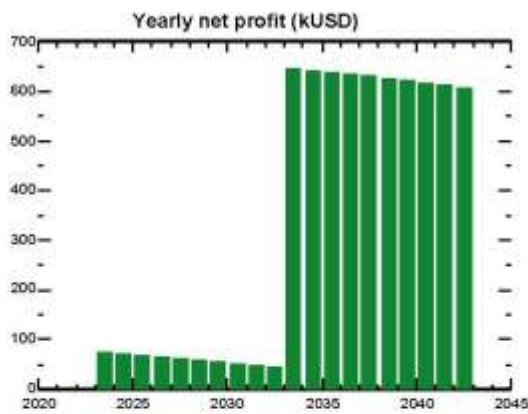
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados		
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	JKM 370M-72	Pnom	370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total	<b>1243 kWp</b>
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom	110 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total	<b>1100 kW ac</b>
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

**Electricity sale**

Feed-in tariff	<b>0.40 USD/kWh</b>
Duration of tariff warranty	20 años
Annual connection tax	0 USD
Annual tariff variation	0.0 % / año
Feed-in tariff variation after warranty	-50 %

**Return on investment**

Project lifetime	<b>20 años</b>
Payback period	<b>11.1 años</b>
Net profit at end of lifetime	<b>5589221.12 USD</b>
Return on investment (ROI)	<b>107.9 %</b>



### Sistema Conectado a la Red: Balance financiero a largo plazo

**Proyecto :** Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi

**Variante de simulación :** Simulación entrada de paneles solares

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	No hay escenario 3D, no hay sombreados			
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut	0°	
Módulos FV	Modelo	JKM 370M-72	Pnom	370 Wp	
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total	<b>1243 kWp</b>	
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom	110 kW ac	
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total	<b>1100 kW ac</b>	
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)				

#### Detailed economic results (kUSD)

Año	Energía vendida	Loan principal	Interest 9.00%	Costo de explotac	Taxable lómcome	Impuesto 0.00%	After -tax profit	Cumul. profit	% amortized
2023	775	256	350	96	128	0	74	74	6.4%
2024	775	279	327	98	148	0	72	146	13.1%
2025	775	304	301	101	170	0	69	215	20.3%
2026	775	331	274	104	194	0	66	280	26.0%
2027	775	361	244	108	221	0	62	343	36.2%
2028	775	393	212	111	250	0	59	402	44.9%
2029	775	429	176	114	282	0	56	458	54.3%
2030	775	467	138	118	318	0	52	510	64.3%
2031	775	509	96	121	356	0	49	559	75.1%
2032	775	555	50	125	398	0	45	604	86.7%
2033	775	0	0	128	445	0	647	1251	99.2%
2034	775	0	0	132	441	0	643	1894	111.6%
2035	775	0	0	136	437	0	639	2533	123.9%
2036	775	0	0	140	433	0	635	3168	136.2%
2037	775	0	0	145	428	0	631	3798	148.3%
2038	775	0	0	149	424	0	626	4425	160.4%
2039	775	0	0	153	420	0	622	5047	172.4%
2040	775	0	0	158	415	0	617	5664	184.4%
2041	775	0	0	163	410	0	612	6276	196.2%
2042	775	0	0	168	405	0	608	6884	207.9%
Total	15505	5179	2168	2569	6725	0	6884	6884	207.9%

### Sistema Conectado a la Red: CO2 Balance

**Proyecto :**                    **Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime - Chinapinza, propi**

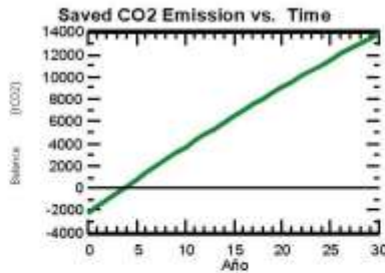
**Variante de simulación :**    **Simulación entrada de paneles solares**

<b>Parámetros principales del sistema</b>		<b>Tipo de sistema</b>	<b>No hay escenario 3D, no hay sombreados</b>	
Orientación Campos FV	inclinación	25°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	JKM 370M-72	Pnom	370 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	3360	Pnom total	<b>1243 kWp</b>
Inversor	Modelo	PVI-110.0	Pnom	110 kW ac
Paquete de inversores	Núm. de unidades	10.0	Pnom total	<b>1100 kW ac</b>
Necesidades del usuario	Carga ilimitada (red)			

<b>Produced Emissions</b>	<b>Total: 2200.75 tCO2</b>		
	Source: Detailed calculation from table below		
<b>Replaced Emissions</b>	<b>Total: 18547.8 tCO2</b>		
	System production: 1938.12 MWh/año	Lifetime: 30 years	
		Annual Degradation: 1.0 %	
	Grid Lifecycle Emissions: 319 gCO2/kWh		
	Source: IEA List	Country: Ecuador	
<b>CO2 Emission Balance</b>	<b>Total: 13892.6 tCO2</b>		

**System Lifecycle Emissions Details:**

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWp	2.13 kgCO2/kg
Quantity	1243 kWp	33600 kg
Subtotal [kgCO2]	2129254	71492



## ANEXO No. 4 Certificación de traducción del resumen



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza  
Licenciada en Ciencias de Educación mención Ingl  
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087  
Email: [yanices@icloud.com](mailto:yanices@icloud.com)  
Loja, Ecuador 110104

Loja, 19 de abril de 2023

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro MDT-3104-CCL-252640, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Titulación **Análisis del impacto de la generación distribuida en el alimentador primario Paquisha tramo Conguime-Chinapinza, propiedad de la Empresa Eléctrica Regional del Sur**, de autoría de Carlos Anibal Cuenca Alulima, con cédula 1103998959, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA BELEN QUIZHPE ESPINOZA  
Firmado digitalmente por YANINA BELEN QUIZHPE ESPINOZA  
Fecha: 2023.04.19 21:20:18 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.  
**Traductora**

Full text translator: servicios de traducción