



TÍTULO

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS AISLADOS DE LAS ISLAS GALÁPAGOS

AUTOR

Ronald Davys Guerrero Honores

	Esta edición electrónica ha sido realizada en 2024
Directores	Dr. D. José Luis Martínez Ramos ; Pedro Javier Zarco Perriñán
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad de Granada ; Universidad de Málaga ; Universidad de Almería
Curso	<i>Máster Universitario en Transformación Digital de Empresas (2022/23)</i>
©	Sonia Valdivieso Rodríguez
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2023



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

Universidad Internacional de Andalucía

Centro: Oficina de Estudios de Posgrado

“Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos”

Itinerario: Sector Energético

Curso: 2022/2023

Modalidad: Trabajo de Investigación

Alumno/a: Ronald Davys Guerrero Honores

Director/es:

- Dr. José Luis Martínez Ramos
- Dr. Pedro Javier Zarco Perrián

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE EMPRESAS



TÍTULO

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN EL PROCESO DE
DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS
AISLADOS DE LAS ISLAS GALÁPAGOS**

Autor:

Ronald Davys Guerrero Honores

Tutores:

**Dr. José Luis Martínez Ramos
Dr. Pedro Javier Zarco Períñan**

Resumen

El estudio titulado "Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos" tuvo como punto de partida la necesidad de analizar el impacto de la digitalización en la operación de los sistemas eléctricos aislados de estas islas, considerados sistemas frágiles debido a su topología aislada. El objetivo principal del trabajo de fin de master (TFM) fue mejorar la operación y gestión de la infraestructura eléctrica a través de la implementación de tecnologías de digitalización. La metodología de la investigación incluyó un análisis exhaustivo del impacto de tecnologías clave como IoT, 5G, Cloud Computing, Machine Learning, Deep Learning, Big data, Blockchain, Tecnologías de Inspección (UAV, LIDAR), Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual, Realidad Aumentada) y Gemelo Digital en el proceso de distribución de energía eléctrica. Además, se evaluaron los procesos de digitalización implementados y los que faltaban por implementar en la operación de la red eléctrica de las Islas Galápagos. El principal resultado del estudio fue la identificación de la necesidad de implementación de tecnologías de digitalización para subprocesos específicos en la etapa de distribución, como sistemas de telegestión y medidores inteligentes, redes inteligentes, sistemas SCADA, monitoreo y control avanzado, y sistemas integrados de monitoreo y control. Con estos resultados, se aspira a mejorar la eficiencia operativa, la detección y respuesta ante fallos, y la optimización de los recursos disponibles en la infraestructura eléctrica. La primera conclusión del estudio resalta la importancia de la digitalización en la mejora de la operación y gestión de los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos. Se destaca que la implementación de tecnologías de digitalización en la distribución de energía eléctrica puede brindar beneficios significativos, como una mayor eficiencia, una mejor calidad del servicio y una mayor resiliencia del sistema eléctrico.

Palabras clave:

Digitalización, Energía eléctrica, Islas Galápagos, Mejora operativa, Sistemas eléctricos aislados, Tecnologías de digitalización.

Abstract

The study titled "Analysis of the impact of digitalization on the distribution process of electrical energy in the isolated electrical systems of the Galapagos Islands" had as its starting point the need to analyze the impact of digitalization on the operation of the isolated electrical systems of these islands, which are considered fragile systems due to their isolated topology. The main objective of the Master's thesis was to improve the operation and management of the electrical infrastructure through the implementation of digitalization technologies. The research methodology included a comprehensive analysis of the impact of key technologies such as IoT, 5G, Cloud Computing, Machine Learning, Deep Learning, Big Data, Blockchain, Inspection Technologies (UAV, LIDAR), Immersive Technologies (Virtual Reality, Augmented Reality), and Digital Twin in the distribution process of electrical energy. In addition, the implemented digitalization processes and those that were yet to be implemented in the operation of the electrical network of the Galapagos Islands were evaluated. The main result of the study was the identification of the need to implement digitalization technologies for specific sub-processes in the distribution stage, such as telematics systems and smart meters, smart grids, SCADA systems, advanced monitoring and control, and integrated monitoring and control systems. With these results, the aim is to improve operational efficiency, fault detection and response, and the optimization of available resources in the electrical infrastructure. The first conclusion of the study highlights the importance of digitalization in improving the operation and management of the isolated electrical systems of the Galapagos Islands. It is emphasized that the implementation of digitalization technologies in the distribution of electrical energy can provide significant benefits, such as increased efficiency, improved service quality, and greater resilience of the electrical system.

Keywords:

Digitalization, Electrical energy, Galapagos Islands, Operational improvement, Isolated electrical systems, Digitalization technologies.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Motivación del proyecto.....	10
1.2. Objetivos del proyecto.....	12
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	12
1.2.1 <i>Objetivos específicos</i>	12
1.3. Fases de la realización del TFM y su cronograma asociado	13
1.4. Estructura del proyecto.....	14
CAPÍTULO 2. CONTEXTO DEL SECTOR ELÉCTRICO.....	15
2.1. Descripción de la empresa ELECGALAPAGOS, S.A.....	15
CAPÍTULO 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1. Análisis del impacto digital en el sector energético	22
3.2. Análisis del contexto digital en Ecuador	29
3.3. Análisis del contexto digital de ELECGALAPAGOS	32
3.3.1. <i>Clientes de ELECGALAPAGOS</i>	33
3.3.2. <i>Consumo energético</i>	34
3.3.3. <i>Software de ELECGALAPAGOS</i>	35
CAPITULO 4. METODOLOGIA.....	38
4.1. Material y métodos.....	38
4.1.1 <i>Obtención de los datos</i>	38
4.1.2 <i>Herramientas para procesar los datos</i>	38
CAPÍTULO 5. MODELO DE DIGITALIZACIÓN ELÉCTRICA: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1. Contexto	39
5.1.1. <i>Presentación del capítulo</i>	39
5.1.2. <i>Contexto de las Islas Galápagos y su sistema eléctrico aislado</i>	39
5.1.3. <i>Objetivo del análisis comparativo</i>	41

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

- 5.2. Telegestión y medidores inteligentes 41
 - 5.2.1. *Ventajas* 41
 - 5.2.2. *Desventajas* 43
- 5.3. Redes Inteligentes (Smart Grid) 45
 - 5.3.1. *Ventajas* 45
 - 5.3.2. *Desventajas* 46
- 5.4. Sistema SCADA..... 47
 - 5.4.1. *Ventajas* 47
 - 5.4.2. *Desventajas* 48
- 5.5. Monitoreo y Control Avanzado..... 49
 - 5.5.1. *Ventajas* 49
 - 5.5.2. *Desventajas* 51
- 5.7. Sistema Integrado de Monitoreo y Control (SIMCON) 51
 - 5.7.1. *Ventajas* 51
 - 5.7.2. *Desventajas* 52
- 5.8. Sistema de Telegestión de Energía (STE) 52
 - 5.8.1. *Ventajas* 52
 - 5.8.2. *Desventajas* 53
- 5.9. Discusión 53
- CONCLUSIONES 58
- BIBLIOGRAFÍA..... 60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases del TFM.....	13
Tabla 2. Infraestructura Galápagos	13
Tabla 3. Indicador del Objetivo Estratégico 1.....	14
Tabla 4. Indicador del Objetivo Estratégico 2.....	15
Tabla 5. Indicador del Objetivo Estratégico 5.....	16
Tabla 6. Software de ELECGALAPAGOS	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación y cobertura eléctrica ELECGALAPAGOS S.A.	16
Figura 2. Producción bruta energética anual porcentual, 2022	25
Figura 3. Clientes de ELECGALAPAGOS	28

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo inicial se plantea el interés para la elaboración de este Trabajo de Fin de Máster (TFM), así como establecer los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar con la elaboración del mismo. Una vez se han definido los objetivos, se explica la metodología utilizada para lograrlos y se proporciona una descripción general de la organización del documento.

1.1. Motivación del proyecto

La digitalización ha tenido un gran impacto en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos y ha permitido la mejora de la eficiencia y la optimización de los recursos energéticos, así como la modernización de la infraestructura y la mejora de los servicios y productos. Además, ha concedido una mayor eficiencia energética, mejora de la gestión de la red eléctrica, innovación en los servicios y productos y el aumento de la seguridad eléctrica. En este sentido, se puede definir la digitalización como el “proceso por el cual se convierte información analógica en digital para su almacenamiento, procesamiento y transmisión. Es el cambio del formato físico o analógico de los datos a un formato digital, lo que permite su manipulación, almacenamiento, transmisión y procesamiento de manera más eficiente y efectiva, siendo esencial para la creación y el uso de tecnologías como los dispositivos digitales, internet, aplicaciones, software y herramientas informáticas que son utilizados en una variedad de campos y sectores” (1).

Desde una perspectiva internacional, la Comisión Europea destaca que la digitalización plantea tanto retos como oportunidades para el sector eléctrico. Por un lado, puede estimular el crecimiento económico y el liderazgo tecnológico a nivel mundial. Por otro lado, es importante gestionar adecuadamente el aumento de la demanda de energía que conlleva la digitalización de los equipos, dentro del contexto de un sistema energético integrado (2).

Ahora bien, las islas Galápagos o el Archipiélago de Colón, es una provincia del Ecuador localizada a 972 kilómetros al oeste de la costa ecuatoriana en el océano Pacífico y está conformada por grandes islas volcánicas, 6 islas más pequeñas y 107 rocas e islotes.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

La empresa eléctrica provincial Galápagos ELECGALAPAGOS es la empresa responsable de los procesos de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en los sistemas aislados de las islas Galápagos.

La red eléctrica o red de distribución es el elemento o proceso que conecta físicamente la oferta y la demanda de energía eléctrica para lograr el necesario balance instantáneo entre ellas. La red eléctrica de cada isla es independiente debido a que no es económica la interconexión, con excepción de la interconexión ya en funcionamiento entre Santa Cruz y Baltra. Por esta razón se requiere que cada isla disponga de una red eléctrica que pueda garantizar que el sistema eléctrico propio opere en condiciones seguras, garantizando la continuidad y calidad del servicio prestados a los usuarios finales.

Con este fin se busca que cada sistema eléctrico sea robusto y resiliente ante fallas normales que pueden ocurrir como resultado de salidas no programadas de generación, descargas atmosféricas, salidas de cargas, etc., y que también permitan realizar las maniobras necesarias, por ejemplo, para el mantenimiento programado de sus componentes o para la expansión de las redes de distribución, entre otras.

A diciembre 2022, ELECGALAPAGOS servía alrededor de 14.022 clientes residenciales y comerciales en las islas Santa Cruz – Baltra, San Cristóbal, Floreana e Isabela, donde el 99,84% de la población tiene acceso a la electricidad. El Total de la energía consumida fue de 52.840 MWh.

Los recursos renovables y las baterías se conectan a la red eléctrica por medio de electrónica de potencia con inversores que se conectan como IBRs (Inverter Based Resource) por sus siglas en inglés. El impacto de los IBRs sobre la operación de la red eléctrica está ampliamente documentado e incide en aspectos tan importantes como la fortaleza ante cortocircuitos o en la disminución de la inercia del sistema eléctrico aumentando la variabilidad de la frecuencia de operación. Por otro lado, la presencia de fuentes de generación inyectando en la red de distribución, causa que el flujo de corriente, normalmente direccionado de las plantas de generación hacia la carga, pueda cambiar de sentido con el correspondiente impacto en la operación. Esto requiere que ELECGALAPAGOS disponga de medios para autorizar la conexión conforme la normativa que se defina.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

La digitalización de la distribución eléctrica está fuertemente relacionada con el concepto de red inteligente (en inglés, smart grid). La smart grid se puede definir como la aplicación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) a la red eléctrica (y, por tanto, el despliegue de elementos de medición y actuación), de modo que se puedan detectar a distancia y en tiempo real cambios en la red (consumo, fallos, sobrecarga de líneas, etc.), procesarlos y responder ante ellos. De esta forma, la red se puede operar de manera más eficiente y los usuarios tienen la posibilidad de ser participantes activos en ella. La digitalización y automatización de las redes de distribución permite la interconectividad total y en tiempo real de la red, conocer el estado de cada nodo, segmento y elemento de esta, y aumentar la eficiencia y eficacia operacional de las líneas.

1.2. Objetivos del proyecto

1.2.1 Objetivo general

- Analizar el impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica para la operación de los sistemas eléctricos aislados de las islas Galápagos, los mismos que por su topología aislado, hace que sean sistemas frágiles.
- Mejorar la operación y gestión de la infraestructura eléctrica que conforma este sistema con la implementación de tecnologías de digitalización.

1.2.1 Objetivos específicos

Con los objetivos de tipo específico se busca concretar el impacto que tendría la digitalización en la gestión técnica operativa de la infraestructura de la red de distribución de energía eléctrica.

Por tanto, se busca:

- Realizar un análisis del impacto de las tecnologías claves en la digitalización del proceso de distribución: IoT, 5G, Cloud Computing, Machine Learning, Deep Learning, Big data, Blockchain, Tecnologías de Inspección (UAV, LIDAR), Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual, Realidad Aumentada) y Gemelo Digital.
- Realizar un análisis de los procesos de digitalización que se encuentran implementados, para la operación de la red eléctrica.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

- Realizar un análisis de los procesos de digitalización que faltan por implementar para la mejora de la operación y gestión de la red eléctrica.
- Proponer la implementación de tecnologías de digitalización para subprocesos específicos en la etapa de distribución que ejecuta ELECGALAPAGOS.

1.3. Fases de la realización del TFM y su cronograma asociado

Tabla 1.

Fases del TFM

Fases	Días estimado
Fase 1: Investigación y análisis del estado actual de la red de distribución y sus componentes.	3 días
Fase 2: Investigar y analizar el impacto de tecnologías claves en la digitalización del proceso de distribución: IoT, 5G, Cloud Computing, Machine Learning, Deep Learning, Big Data, Blockchain, Tecnologías de Inspección (UAV, LIDAR e imagen satelital), Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual y Realidad Aumentada) y Gemelo digital.	10 días
Fase 3: Análisis de tecnologías de digitalización que se encuentran implementadas en el proceso.	5 días
Fase 4: Análisis de tecnologías de digitalización que se requieren implementar en el proceso para su mejora. Esto enfocado en tres drivers que forman una cadena acerrada: la mejora de conectividad impulsada por el despliegue de dispositivos IoT, que extiende el concepto de personas a cosas, y por el auge del 5G, que supone una ruptura de las barreras de movimiento, volumen y tiempo, la explosión de los datos que trae el desarrollo de las TICs y el IoT, y la proliferación de las aplicaciones de tratamiento de la información.	10 días

Fase 5: Propuestas de implementación de tecnologías de digitalización para subprocesos específicos, que se realizan para la gestión, operación y mantenimiento de la red de distribución por parte de ELECGALAPAGOS. Tratamiento y gestión de mediciones que se realizan para el control de calidad del producto y proceso de mantenimiento predictivo a través de inspección utilizando drones con su análisis de datos de los puntos de temperatura levantados y recorrido automático del trazado de la red eléctrica.	5 días
--	--------

Nota. Elaboración propia

1.4. Estructura del proyecto

El documento está compuesto por ocho capítulos y un anexo que siguen la metodología deductiva descrita a continuación:

- Capítulo 1. Es la introducción, que explica la motivación del proyecto, los objetivos que se persiguen y la metodología utilizada.
- Capítulo 2. Se enfoca en el contexto del sector eléctrico, describiendo su situación actual y sus principales características en cuanto a la distribución de energía.
- Capítulo 3: Analiza el contexto digital y los desafíos que este plantea, así como las características de las redes eléctricas inteligentes. Presenta las principales tecnologías que están llevando a cabo la digitalización del sector de la distribución eléctrica.
- Capítulo 4: Incluye la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación.
- Capítulo 5. Se desarrollan los principales resultados comparativos.
- Capítulo 6. Se resumen las principales conclusiones y se plantean futuras líneas de trabajo e investigación.
- Capítulo 7: Recopila la bibliografía utilizada en el trabajo. En el anexo se describe la relación entre el TFM y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), así como el papel de la digitalización en la transición energética hacia una economía más sostenible.

CAPÍTULO 2. CONTEXTO DEL SECTOR ELÉCTRICO

2.1. Descripción de la empresa ELECGALAPAGOS, S.A

El Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos, llamado Evolución Energética, ha sido lanzado por el Gobierno de Ecuador con la asistencia del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con el objetivo de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. El plan busca reducir el impacto fiscal que tienen los subsidios para los combustibles líquidos y la energía eléctrica, a través de la disminución significativa de los combustibles fósiles y el fomento de las energías renovables en las Islas.

Dicho plan energético incluye diversas medidas fundamentales, como la reestructuración de la matriz de generación eléctrica, la optimización del uso de la energía, la modernización de la infraestructura eléctrica y la implementación de la digitalización y automatización para crear islas inteligentes. Además, se busca financiar programas comunitarios, basados en la naturaleza y los ecosistemas, a través de los mercados de carbono. También se busca impulsar la participación de las mujeres en el sector eléctrico y poner a las personas beneficiarias al frente de la transición.

En busca de preservar el medio ambiente y garantizar la sostenibilidad de las Galápagos como Patrimonio Natural de la Humanidad y Reserva de la Biosfera, resulta fundamental llevar a cabo una transición energética. Al disminuir las emisiones de gases perjudiciales para el ambiente, se protege la biodiversidad, se mejora la independencia energética y se crean nuevas oportunidades económicas entre los habitantes del archipiélago. Además, la iniciación de los proyectos contemplados en este plan dispone de la capacidad de reducir la emisión de 130.411 toneladas de CO₂ entre 2025 y 2030. De esta manera, puede aprovecharse la oportunidad de obtener financiamiento a partir de la venta de certificados de reducción de carbono en los mercados de carbono. Se espera que hacia 2050 se logre la descarbonización por completo, para lo cual se deberán introducir nuevas tecnologías, añadir nuevas fuentes de energía como el hidrógeno verde, la biomasa y la geotermia, entre otras.

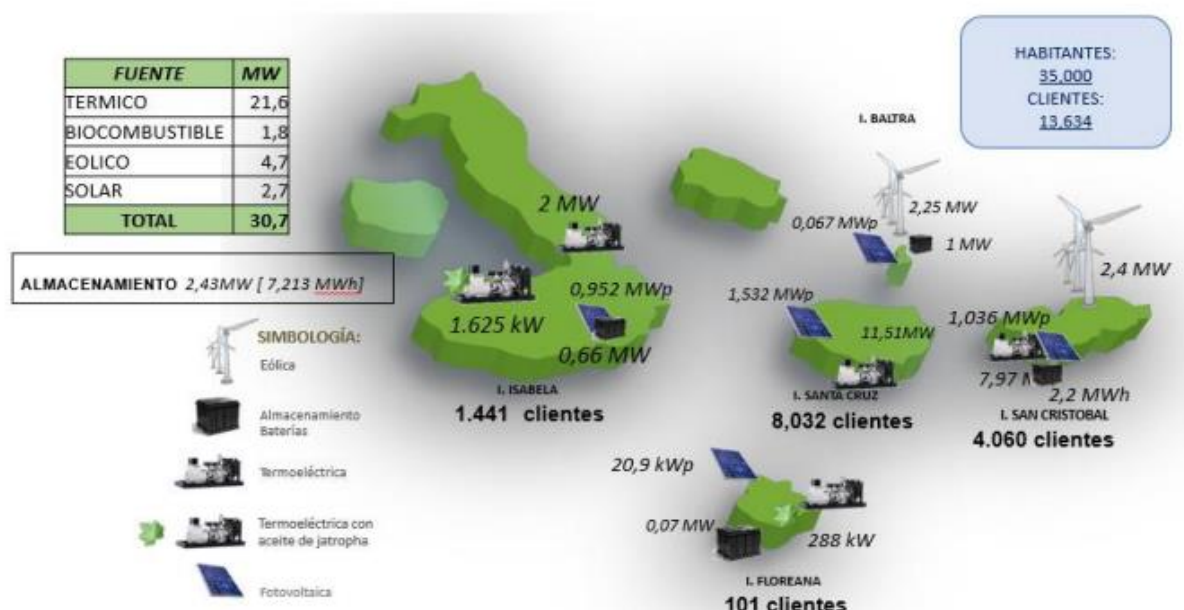
Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Ahora bien, la compañía ELECGALAPAGOS S.A. fue establecida en la ciudad de Guayaquil el 9 de noviembre de 1998, y posteriormente fue registrada en el Registro Mercantil de la Provincia de Galápagos en diciembre del mismo año. Bajo el cumplimiento del Contrato de Concesión, la empresa se dedica a proporcionar el servicio público de generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, con el fin de garantizar un suministro constante y eficiente a los consumidores actuales y futuros en conformidad con los parámetros técnicos y las normas que rigen el régimen de calidad y suministro. La empresa dispone de cuatro centrales de generación térmica, dos parques eólicos en las islas San Cristóbal y Baltra, cinco plantas fotovoltaicas en las islas Santa Cruz, Baltra, Floreana, Isabela y San Cristóbal y almacenes de energía en las islas Baltra, San Cristóbal, Isabela y Floreana. ELECGALAPAGOS S.A. es una sociedad anónima cuyo único accionista es el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador.

Según la figura 1, la empresa ELECGALAPAGOS S.A. ofrece servicios a más de 13.634 clientes, de los cuales la mayoría, alrededor del 78%, son residentes. Su principal actividad es la provisión de energía eléctrica en el área que les corresponde, dejando algunas zonas sin cobertura debido a las inversiones considerables que requieren sus proyectos de electrificación. Actualmente, la empresa ha logrado una cobertura superior al 99,49%.

Figura 1.

Generación y cobertura eléctrica ELECGALAPAGOS S.A.



Nota. Fuente: Plan Estratégico de ELECGALAPAGOS, S.A. 2021

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Debido a la condición geográfica de las Islas, ELECGALAPAGOS S.A. es un sistema aislado y no forma parte del sistema nacional de información. Esto le permite a la empresa llevar a cabo todas las fases de un sistema eléctrico, incluyendo la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía. Por lo tanto, ELECGALAPAGOS S.A. cuenta con sistemas de generación y distribución que convergen en subestaciones para proporcionar servicio eléctrico.

Por otra parte, la compañía cuenta con una infraestructura de distribución que incluye 252,93 km de ramales monofásicos, 0,24 km de ramales bifásicos, 98,81 km de ramales trifásicos, 1.048 transformadores monofásicos y 163 transformadores trifásicos, logrando una cobertura eléctrica del 99,49% en la provincia. En la tabla 1 se encuentra detallada toda la cadena operativa de ELECGALAPAGOS S.A, que abarca infraestructuras de generación, subtransmisión, distribución y comercialización.

Tabla 2.

Infraestructura Galápagos

Generación	31,7 MW 4 centrales Térmicas 2 centrales Eólicas 11 centrales Fotovoltaicas 4 ESS (Almacenamiento) - 7,2MWh/2,4MW
Subtransmisión	44 MVA – Transformadores de Potencia 49 km Línea de subtransmisión a 34,5 kV 3 subestaciones de subtransmisión 13,8kV/0,4kV 2 subestaciones de subtransmisión 13,8/34,5kV
Distribución	14 alimentadores primarios a 13,8 kV 1.211 transformadores de distribución 351,99 km red media tensión a 13,8kV 6.459 luminarias 241,79 km red aérea de baja tensión a 240-220V 27 km red subterránea de baja tensión a 240-220V
Comercialización	13.634 clientes regulados

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Cobertura eléctrica: 6.638 km² con un porcentaje del 99,49%

Nota. Fuente: Plan Estratégico de ELECGALAPAGOS, S.A. 2021

En relación a los resultados obtenidos en el periodo 2018-2021 visualizados en la tabla 3 relacionado al cumplimiento del, primer objetivo estratégico de mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales para generar energía eléctrica y alumbrado público en Galápagos, la empresa ELECGALAPAGOS tuvo desempeños constantes, incluso son algunas disminuciones en algunos años.

Tabla 3.

Indicador del Objetivo Estratégico 1

	2018	2019	2020	2021
Meta	18%	20%	18%	18%
Valor alcanzado	16,02%	15,23%	15,86%	8,39%

Nota. Fuente: Plan Estratégico de ELECGALAPAGOS, S.A. 2021

Se observa que hacia el final del período se registró una disminución en la incorporación de energías renovables debido a las limitaciones en la producción de estos sistemas ocasionadas por la operación manual del sistema de generación. En particular, se presentó una situación puntual en la isla San Cristóbal debido a la falta de repuestos del aerogenerador #3 en noviembre de 2021. Afortunadamente, este problema fue resuelto con la reparación del aerogenerador #3 en la misma isla y está operando correctamente desde entonces. Cabe destacar que el despacho de la generación renovable en el sistema eléctrico Santa Cruz-Baltra ha sido afectado por fallas en el reactor de la subestación Baltra, por lo que se están gestionando los repuestos necesarios para solucionar este inconveniente. Además, es importante mencionar que la inyección de energía generada por estos sistemas solo es automática en la Isla Isabela, mientras que en las demás islas es necesario realizarla manualmente. Finalmente, se presenta a continuación la cantidad de energía entregada por los sistemas de generación de fuentes renovables.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

El segundo objetivo estratégico de mejorar la interacción con clientes internos y externos mantuvo un nivel constante del 83%. Sin embargo, se observó que el área de atención al cliente no ha logrado alcanzar una calificación perfecta. Este indicador se calcula anualmente siguiendo el Procedimiento para la Elaboración de Encuestas de Consumidores (Regulación No. CONELEC 007/08). A nivel nacional, la meta establecida es del 70%, aunque ELECGALAPAGOS S.A. busca superar constantemente las metas establecidas para satisfacer aún más a sus clientes. (Ver tabla 4)

Tabla 4.

Indicador del Objetivo Estratégico 2

	2018	2019	2020	2021
Meta	80%	82%	82%	90%
Valor alcanzado	80,31%	82,42%	80,24%	87,75%

Nota. Fuente: Plan Estratégico de ELECGALAPAGOS, S.A. 2021

El tercer objetivo estratégico de ELECGALAPAGOS S.A. consistió en aumentar el control de los ingresos y gastos de la empresa. Para esto, se utilizaron dos indicadores: la ejecución presupuestaria y la gestión de la cartera vencida. El primer indicador se mantuvo alrededor del 50% debido a que muchos requerimientos de las distintas áreas se quedaron en etapa precontractual. Además, la ubicación geográfica de ELECGALAPAGOS S.A. y la falta de proveedores locales para la compra y construcción de materiales eléctricos hacen más compleja su logística y aumentan los plazos de ejecución contable de los proyectos.

En el año 2020, la emergencia sanitaria de COVID-19 afectó los ingresos de la empresa. El ente regulador anterior (ARCONEL) dispuso la suspensión de las actividades no esenciales, entre ellas la toma de lecturas necesarias para la facturación de los consumos de marzo y abril de ese año. La facturación se realizó a partir del 15 de mayo, con los consumos reales de los meses mencionados. Posteriormente, ARCONEL emitió una resolución ampliando los beneficios durante el estado de excepción, lo que tuvo un impacto en los ingresos de la empresa en ese periodo.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

El cuarto objetivo estratégico tuvo como meta mejorar la calidad de los productos y servicios ofrecidos, lo que incluye la generación, distribución, cobertura, pérdidas y calidad del servicio eléctrico. Para lograr esto, se llevó a cabo un convenio interinstitucional con la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur en 2019, a través del cual se trabajó en un diagnóstico para reducir las pérdidas de energía eléctrica. Como resultado de este esfuerzo, ELECGALAPAGOS S.A. implementó nuevas medidas, incluyendo la sustitución de medidores y acometidas que ya habían cumplido su vida útil. Además, se revisaron los sistemas de medición y acometidas para detectar hurto o malas conexiones, y se actualizaron los procedimientos operativos con las mejores prácticas de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. También se iniciaron trabajos de certificación del laboratorio de contrastación de medidores para asegurar la medición correcta. Con estas acciones, se mejoraron significativamente el indicador de pérdidas de energía eléctrica.

Por último, el quinto objetivo estratégico tiene como objetivo mejorar la eficiencia del personal y los niveles de gestión de la organización. Para lograr este objetivo, se establecieron dos indicadores. El primero se enfocó en la gestión de la seguridad ocupacional y se midió mediante el cumplimiento del plan de seguridad industrial, el cual involucró la impartición de capacitaciones y charlas por parte de diversas instituciones, como el Ministerio de Salud Pública, Cruz Roja y Bomberos. Sin embargo, gran parte del plan dependió de la disponibilidad del personal de estas instituciones. El segundo indicador, de cumplimiento de gestión de capacitación, experimentó una disminución en 2020 debido a la emergencia generada por la pandemia de COVID-19. Tabla 5 muestra el comportamiento de estos indicadores.

Tabla 5.

Indicador del Objetivo Estratégico 5

Plan de Seguridad Industrial				
	2018	2019	2020	2021
Meta	80%	80%	80%	82%
Valor alcanzado	100%	90%	86,83%	77%
Plan de Capacitación				
Meta	80%	80%	80%	82%

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Valor alcanzado	58%	70%	13,64%	84%
------------------------	-----	-----	--------	-----

Nota. Fuente: Plan Estratégico de ELECGALAPAGOS, S.A. 2021

En la tabla se evidencia claramente que debido a la pandemia hubo una marcada disminución del cumplimiento de los objetivos en el indicador capacitación.

CAPÍTULO 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Análisis del impacto digital en el sector energético

La transformación digital es un proceso que implica cambios en las operaciones, modelos de negocio y formas de trabajo con el fin de agregar mayor valor, todo ello gracias al acelerado desarrollo de nuevas tecnologías digitales. Esta transformación es una evolución en nuestra sociedad, posible gracias a la conectividad global proporcionada por internet y la velocidad y capacidad cada vez mayores de las telecomunicaciones.

El término "transformación digital" se asocia comúnmente con conceptos como la Nube, redes sociales, aplicaciones móviles, Big Data, streaming, herramientas de colaboración online, robots e inteligencia artificial. Estos conceptos hacen referencia a las nuevas tecnologías digitales disponibles que proporcionan la base tecnológica para la transformación digital. Sin embargo, la transformación empresarial se logra al incorporar muchas de estas tecnologías a las operaciones y negocios para cambiarlos significativamente, junto con los cambios en las formas de trabajo y en las relaciones profesionales debido a la transformación de nuestra sociedad en la era de la información (3).

Desde una perspectiva más profunda, la transformación digital se refiere a los cambios tanto productivos como sociales a nivel global. En esencia, es un cambio de mentalidad que se ve impulsado por la tecnología. Esta mentalidad implica entender que los datos son uno de los activos más importantes y valiosos de una empresa, y que la monetización de estos datos es una gran oportunidad para generar valor. Al mismo tiempo, las personas, tanto profesionales como ciudadanos, son cada vez más importantes en los procesos y operaciones de negocios. En este aspecto, los usuarios de los sistemas digitales tienen un papel activo y relevante en el proceso, y se les ha dado el término "prosumer" para describir su papel como productores y consumidores simultáneamente. Todo esto, en conjunto, representa la transformación digital.

Ahora bien, en el sector energético, es evidente que el suministro eléctrico ha sido el impulsor de la transformación industrial y social durante más de un siglo, convirtiéndose en uno de los servicios más indispensables para la sociedad. Por otra parte, la lucha global contra el cambio climático ha generado una transición hacia la descarbonización de la economía, haciendo que

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

la electricidad cobra aún más importancia como principal fuente de energía. Esto se debe a que la electricidad permite el uso más sostenible y efectivo de las diferentes fuentes de energía renovable a nuestra disposición (4).

Simultáneamente al proceso de electrificación progresiva, está implementando medidas para el uso racional de la energía con el fin de garantizar la sostenibilidad dentro de un nuevo modelo socioeconómico. En este sentido, la eficiencia energética y la maximización del uso de fuentes renovables son aspectos principales en la transformación de los diseños de edificios, ciudades, procesos productivos e industriales y medios de transporte. De igual manera, los cambios actuales están teniendo un impacto significativo en la estructura de la producción de energía eléctrica, introduciendo ampliamente tecnología digital en un mundo que solía ser predominantemente analógico. Estos cambios también afectan al transporte de electricidad, con la aparición de sistemas digitales para gestionar flujos de energía y subestaciones de energía eléctrica, así como en la distribución, donde se está generalizando el uso de contadores inteligentes. Además, están transformando la comercialización gracias al desarrollo de plataformas comerciales en internet y aplicaciones móviles, influyendo también en el comportamiento de los consumidores (5).

En lo que respecta a los ejes de apoyo, la digitalización en el sector eléctrico se apoya en los siguientes cuatro ejes:

1. Desarrollo de capacidades de aprovechamiento de la energía renovable disponible: el objetivo es aprovechar las fuentes de energía renovable que están disponibles para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y mantener un equilibrio sostenible en el medio ambiente. Este objetivo no solo representa un gran desafío, sino también una oportunidad para la industria eléctrica para avanzar en nuevas tecnologías y mejorar su eficiencia y rentabilidad. En resumen, este eje se enfoca en desarrollar las capacidades necesarias para aprovechar al máximo las energías renovables disponibles y así combatir el calentamiento global y preservar nuestro medio ambiente.

2. El progresivo papel protagonista del cliente final: los compradores finales de energía eléctrica están cambiando su rol en el sistema eléctrico, pasando de ser meros abonados a convertirse en consumidores activos que buscan información para tomar decisiones y optimizar costos. Este cambio se está produciendo gracias a la implantación de contadores inteligentes, capaces de medir el consumo hora a hora y ofrecer información en tiempo real sobre la pauta de consumo. También los canales digitales de comercialización y relación con el cliente están poniendo al consumidor en el centro del modelo, convirtiéndolo en protagonista del funcionamiento del sistema eléctrico.

En la actualidad, la tecnología digital provee soluciones asequibles para administrar hogares inteligentes con la utilización de sistemas de gestión domótica, iluminación basada en LED, electrodomésticos de ultra-eficiencia, oportunidades de micro-generación doméstica e incluso almacenamiento de energía eléctrica. Estas tecnologías están generando un cambio de paradigma en el sistema eléctrico, ya que los consumidores están adaptando su comportamiento para reducir sus costos y pueden convertirse en productores activos del sistema, lo que requiere de señales de precio adecuadas para su gestión.

3. Optimización de la gestión de los activos, los contadores inteligentes son clave en las redes inteligentes ya que no solo influyen en el cambio de consumo, sino que también proporcionan datos más detallados sobre el uso de la red de distribución. Estos datos complementan y enriquecen la información disponible sobre niveles de tensión más altos. Gracias a esto, junto con la tecnología de Big Data y la sensorización de los activos del sistema eléctrico, se están desarrollando nuevos sistemas para optimizar la gestión de activos. Esto maximiza la disponibilidad y la fiabilidad de las redes, así como controla mejor los costos de mantenimiento y operación.

En Red Eléctrica, se está trabajando en distintos proyectos enfocados en mejorar la gestión de activos a lo largo de todo su ciclo de vida. Esto engloba desde el diseño y la ingeniería, hasta la construcción, mantenimiento y explotación de los mismos. Dentro de las acciones relevantes que se están implementando, resalta la incorporación de tecnologías BIM (Modelado de Información de Construcción) para la planificación de estructuras, la innovación de sistemas de gestión de obra, el avance de sistemas que faciliten la reparación inteligente de activos, y por

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

último la instalación de sincrofasores en lugares estratégicos del sistema energético para mejorar su manejo y aprovechamiento.

4. Optimización de los procesos operativos, la estrategia se enfoca en mejorar la eficiencia de las operaciones mediante la optimización de los procesos productivos. Esta iniciativa no es exclusiva del sector eléctrico, sino que está presente en toda la industria, con la finalidad de mejorar su competitividad. La tecnología digital es una oportunidad que puede cambiar drásticamente la forma en que realizamos nuestras operaciones y procesos de negocio, tal como sucede en otros sectores.

El valor de la digitalización del sector energético ha sido un proceso que ha ido evolucionando en los últimos años, transformando la forma en que se producen, distribuyen y consumen los recursos energéticos. Se han desarrollado diversas tecnologías y herramientas digitales que permiten a las compañías energéticas mejorar su eficiencia operativa, aumentar la productividad y reducir costos.

Una de las principales ventajas de la digitalización del sector energético es su capacidad para proporcionar una mayor cantidad de información y datos en tiempo real, lo que permite una mejor toma de decisiones, mayor seguridad y una mejor gestión de riesgos, ejemplo de ellos son los siguientes sistemas:

1. Smart grids: Son sistemas de distribución eléctrica que utilizan tecnología digital para optimizar el uso de la energía, mejorar la seguridad y reducir los costos.
2. Industrial Internet of Things (IIoT): Son dispositivos y sensores conectados a internet que permiten a las empresas energéticas recolectar y analizar datos para mejorar la eficiencia de la producción y la gestión.
3. Big Data y análisis predictivo: La combinación de grandes volúmenes de datos con algoritmos de análisis predictivo permite predecir y detectar posibles problemas o fallos, lo que contribuye a mejorar la calidad del servicio y la fiabilidad de las operaciones.
4. Machine Learning y la inteligencia artificial: Estas tecnologías permiten a las empresas energéticas automatizar tareas y procesos como el mantenimiento preventivo y predictivo o la gestión de la demanda de energía.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Además, la digitalización del sector energético ha permitido la integración de nuevas tecnologías y fuentes de energía renovable, como la energía solar o eólica, lo que proporciona alternativas más sostenibles para el desarrollo energético. Sin embargo, uno de los mayores desafíos en la digitalización del sector energético es garantizar la seguridad cibernética de los sistemas y equipos, ya que los ciberataques pueden tener consecuencias graves en la infraestructura energética y en la vida de las personas. En este sentido, la Agencia Internacional (AIE) describe que “La digitalización tiene tres grandes riesgos transversales que necesitan evaluación y gestión adecuadas: ciberseguridad, privacidad y efectos disruptivos” (5).

Estos riesgos afectan a varios sectores, incluyendo el energético, ya que la digitalización puede introducir vulnerabilidades en los sistemas. Es vital que se integren medidas de resiliencia digital en planes de investigación e innovación y en políticas energéticas y mercados. La recopilación de datos también conlleva preocupaciones de privacidad que deben atenderse, pero que deben sopesarse con los objetivos de innovación y transformación del sector. “Los efectos disruptivos pueden afectar al empleo y cualificaciones profesionales, por lo que los requisitos de la política digital y energética deben integrarse en las agendas gubernamentales más amplias” (5).

Al respecto, una empresa digital española afirma que la digitalización en el sector energético presenta desafíos que contienen riesgos que deben ser evaluados y gestionados adecuadamente. En particular, la ciberseguridad es uno de los principales riesgos que deben ser tomados en cuenta, debido a la mayor exposición a ataques informáticos que se presenta actualmente. Ante la utilización creciente de dispositivos conectados, se hace indispensable crear nuevos mecanismos y protocolos de seguridad. De acuerdo con el informe “Cyber Security Strategy for the Energy Sector” publicado por el Parlamento Europeo, se sugiere “la implementación de medidas tales como la asignación de una autoridad responsable de la ciberseguridad en el sector energético, la obligatoriedad de reportar incidentes en el sistema, así como proporcionar información al consumidor acerca de los riesgos a los que se expone” (6).

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

El siguiente peligro tiene que ver con la protección de la privacidad de los datos. En la actualidad, la gran cantidad de información que generan los usuarios está generando inquietudes sobre cómo garantizar la confidencialidad y al mismo tiempo, permitir la innovación en los mercados y servicios, mejorar los sistemas de gestión y asegurar el proceso de digitalización. El tercer riesgo se relaciona con la regulación y aborda los impactos perturbadores que deben ser considerados en las nuevas políticas de energía y digital establecidas por los organismos reguladores (6).

Acompañando el proceso de digitalización, resulta vital establecer una regulación eficiente, objetiva y no discriminatoria, que asegure la agilidad del proceso. El avance tecnológico supera en ocasiones el ritmo de desarrollo de las medidas regulatorias, es por ello que se debe avanzar hacia una "Smart Regulation", con el fin de regular de modo eficiente, y no añadir mayor complejidad, manteniendo un entorno económico flexible y atractivo para el sector privado. En este contexto, la digitalización y la transformación del sector energético deben ir acompañadas de principios regulatorios que simplifiquen los procedimientos administrativos, establezcan un marco legal estable y preciso para los agentes involucrados, armonicen los derechos de distintos interesados, y aporte valor agregado al sector regulado.

En relación a esto, la AIE ha creado una lista de sugerencias dirigidas a los organismos reguladores y políticos con el fin de apoyar el progreso hacia una digitalización eficiente. Algunas de estas recomendaciones son las siguientes:

- En primer lugar, examinar el efecto de la digitalización en la demanda mundial de energía, considerando que el desarrollo de nuevos servicios podría incrementar esta demanda y mejorar la eficiencia energética.
- En segundo lugar, al evaluar los efectos económicos de la digitalización, es fundamental pensar en el sistema energético completo y en la garantía de que la energía sea más sostenible y asequible. Esto es especialmente importante en el sector eléctrico, donde la transición a redes más inteligentes requerirá inversiones adicionales en infraestructuras que exigen un modelo retributivo adecuado y cambios en el diseño del mercado.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

- En tercer lugar, definir un marco regulatorio que asegure la neutralidad tecnológica de la regulación y las plataformas digitales para la energía, lo que permitirá la competencia entre compañías y el surgimiento de nuevos modelos de negocio.
- En cuarto lugar, garantizar el acceso a la información tanto para el sector privado como para el público protegiendo la privacidad del consumidor.
- Finalmente, fomentar el desarrollo de proyectos conjuntos entre empresas y el regulador enfocado en el desarrollo de redes inteligentes, la respuesta a la demanda y la identificación de nuevos modelos de negocios, entre otros.

Por otra parte, un grupo de empresas dedicada a la digitalización del sistema energético menciona que para acelerar la digitalización en el sector se deben realizar proyectos de innovación tecnológica, especialmente centrados en la digitalización, que debe ser parte explícita de las estrategias de expansión y modernización del sector para generar nuevos modelos de negocio que valoren adecuadamente los beneficios amplios de este proceso, a pesar de la disminución de ingresos esperada debido a la coyuntura del COVID-19. Por ello, es importante priorizar la construcción y ampliación de proyectos de digitalización a pequeña escala para lograr mayor resiliencia. Además, se necesita el apoyo de líderes para la transformación digital y fomentar la investigación y desarrollo para producir conocimiento local (7).

También las reformas regulatorias deben ser impulsadas para facilitar la penetración y el buen funcionamiento de las nuevas tecnologías en la región, siempre cumpliendo con los compromisos de cambio climático, energía limpia y descarbonización de cada país. La regulación debe actualizarse y reflejar la nueva realidad tecnológica y debe poner al usuario en el centro de las decisiones. También se debe preparar al sector regulatorio y a las instituciones para hacer frente a un sector más dinámico y competitivo y utilizar pilotos de sandboxes para experimentar nuevas tecnologías y adaptarse rápidamente. La digitalización también facilitará el rediseño de incentivos para lograr un equilibrio entre los objetivos competitivos de sostenibilidad financiera, eficiencia y equidad social (7).

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Otra prioridad es adoptar y acelerar el uso de energías renovables, generación distribuida y eficiencia energética para mejorar la calidad del servicio y reducir las pérdidas, lo cual puede lograrse con el despliegue de la AMI (Advance Metering Infrastructure). Además, se debe maximizar y mejorar la generación, recolección, uso y análisis de datos para una mejor toma de decisiones, ya que los datos son esenciales para el futuro del sector energético (7).

Ante esta situación, es necesario satisfacer las nuevas necesidades de los clientes inteligentes, garantizando que la infraestructura de digitalización sea segura y capaz de cumplir con sus expectativas, y las empresas deben tener un plan para acelerar su transformación digital y construir nuevos negocios digitales. Por último, es fundamental transformar el talento humano, capacitando a los empleados actuales y reclutando nuevo talento, con especial atención en la diversidad de género. Se necesitan nuevas disciplinas y habilidades como data science, análisis de datos, programadores y expertos en ciberseguridad para llevar a cabo esta transformación digital.

3.2. Análisis del contexto digital en Ecuador

Para analizar el contexto digital en el sector eléctrico es necesario evaluar un poco su eficacia. Para tal fin se examinan en su conjunto las características esenciales del desarrollo del sector, esto incluye la medición de indicadores de rendimiento, como el aumento de la demanda en relación al Producto Interno Bruto y la producción de energía eléctrica, así como el uso de la energía eléctrica por diferentes sectores, costos, políticas tarifarias y fondos destinados a financiar la expansión del servicio y los subsidios. También, para lograr la sostenibilidad de un proceso es fundamental que este pueda auto mantenerse. El Plan Maestro de Electricidad, PME 2012-2021, señala que para asegurar la estabilidad financiera en el sector energético es necesario fortalecer los recursos actuales y futuros, considerando las dimensiones económica, ambiental y social.

Dentro de este contexto, la demanda y oferta de energía en Ecuador están en constante cambio debido a la incorporación de nuevas tecnologías, el crecimiento económico, los cambios estructurales y la creciente conciencia ambiental. También, la planificación futura de políticas e inversiones energéticas requiere de estadísticas precisas, completas y oportunas para comprender los cambios en el uso y origen de la energía, esto permite obtener mayores

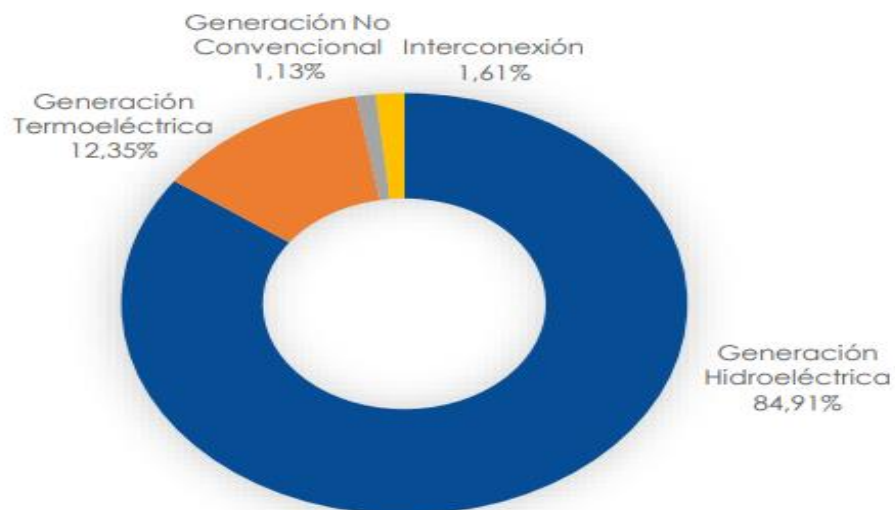
Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

beneficios para el país y sus ciudadanos, proteger el medio ambiente y promover el desarrollo económico basado en la digitalización. Para lograr estos cambios, es necesario recurrir al Balance Energético Nacional como una herramienta esencial para la toma de decisiones y consumidores del sistema energético al proporcionar información sobre la relación del sector energético con la economía, sociedad y medio ambiente del país en el periodo.

Con respecto a la producción energética en el 2022, la cantidad de energía generada en el país, incluyendo la producción de la red eléctrica nacional y las importaciones de energía del exterior, ascendió a 28.870 GWh, lo que representa un aumento del 3,02% en relación al año 2021. Este aumento se debe principalmente a la generación termoeléctrica y las interconexiones. La mayor parte de la producción de energía, representando el 84,91%, fue generada mediante centrales hidroeléctricas, lo que equivale a 24.512,86 GWh de energía bruta en el 2022 como se muestra en la figura 2.

Figura 2.

Producción bruta energética anual porcentual, 2022



Nota. Fuente: Cenace, Ecuador (1)

Pero para obtener avance es importante y necesario emplear herramientas digitales para que la generación y uso de la energía sea sostenible en el tiempo. En este contexto, la digitalización de la energía en Ecuador implica el uso de tecnologías digitales para la medición y control de la generación, distribución y consumo de energía eléctrica. Esto permitiría una gestión más

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

eficiente y precisa de la energía, así como una reducción de los costos y una integración más plena de las fuentes de energía renovable.

Entre las tecnologías que se pueden utilizar para la digitalización de la energía se encuentran los sensores y medidores inteligentes, la automatización de la red eléctrica, el análisis de datos en tiempo real y la inteligencia artificial. Con estas herramientas, se pueden optimizar la distribución de la energía eléctrica, detectar y reparar fallas con rapidez y reducir las pérdidas de energía. En empresas eléctricas ecuatorianas como la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) y la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) ya están implementando programas de digitalización de la energía. Por ejemplo, la CNEL ha instalado medidores inteligentes en ciertas ciudades del país, mientras que la EEQ ha implementado una plataforma de gestión digital para monitorear su red eléctrica.

De esta manera, con la implementación de la digitalización de la energía puede tener un impacto positivo en el medio ambiente, al facilitar la integración de fuentes de energía renovable, como la energía solar y la energía eólica. Esto permitiría una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y una mayor diversificación de la matriz energética del país.

Desde una perspectiva general, en el campo de la digitalización Ecuador se coloca en el décimo lugar de los 12 países de América Latina y el Caribe en términos de acceso y calidad digital en hogares. En cuanto a la calidad de la digitalización, se encuentra por debajo del promedio de América Latina y el Caribe con 13.9 puntos, y por debajo del promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos de 43.1 puntos, según informe del Banco de Desarrollo de América Latina titulado “El impacto de la digitalización para reducir las brechas y mejorar los servicios de infraestructura”, en este destaca la necesidad de que América Latina digitalice sus infraestructuras para mejorar los servicios y reducir las brechas de desarrollo con las grandes economías, con especial atención en el campo de la energía, como la calidad del servicio y deficiencias en las pérdidas del sistema (2).

Entonces, con la introducción de la digitalización puede tener un impacto significativo en diferentes aspectos del sistema eléctrico. Además, mediante la utilización de técnicas novedosas para el análisis y aprovechamiento de la información obtenida a través de las redes inteligentes, es posible crear innovadores modelos de negocio en el ámbito energético.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

3.3. Análisis del contexto digital de ELECGALAPAGOS

Desde una perspectiva ecológica, el ecosistema Galápagos es altamente sensible y su sostenibilidad se ve cada vez más comprometida debido a diversos factores como la urbanización, invasión de especies, falta de servicios públicos, dependencia energética de combustibles fósiles, dependencia alimentaria del continente, elevación de precios, informalidad de las actividades económicas, entre otros. El Ministerio de Energía y Minas, junto con ELECGALAPAGOS S.A. y otras instituciones gubernamentales, han implementado iniciativas para proveer energía eléctrica en las islas, tomando en cuenta modelos de eficiencia energética que protejan el medio ambiente y a la vez estimulen la productividad y generación de empleo. Además, las políticas del Gobierno actual buscan cumplir con normativas nacionales e internacionales, de forma que se garantice a través de operadores públicos y/o privados un adecuado cuidado del ecosistema Galápagos.

Dentro de un marco político la empresa energética ELECGALAPAGOS, S.A. es una empresa encargada de proveer servicios eléctricos en el sector eléctrico ecuatoriano, y funciona bajo la supervisión del Ministerio de Energía y Minas, cumpliendo con las regulaciones de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, y demás leyes que rigen su operación. Aunque la ley establecía que el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable debía transformarla en una empresa pública en un plazo de 360 días, esta disposición aún no se ha cumplido. Sin embargo, es posible que en el futuro se realicen cambios, como fusionarse con una empresa pública más grande, que serían gestionados por la entidad reguladora.

En la gestión tecnológica, ELECGALAPAGOS debe estar en línea con la estrategia empresarial del Ministerio de Energía y Minas, de manera que pueda hacer uso eficiente de sus recursos humanos, herramientas y procesos, y habilidades, tomando en cuenta estándares y marcos internacionales, como ISO 20000, ISO 27000, NIST, ITIL v4, COBIT 2019, PETIC, DevOps, PMI o Arquitectura Empresarial y Transformación Digital. Actualmente, el Ministerio autoriza la viabilidad técnica de la compra de software local para el sector público, priorizando el desarrollo y adquisición de software con un mayor valor agregado ecuatoriano.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

El proyecto SIGDE del sector eléctrico ecuatoriano está implementando soluciones tecnológicas en las empresas del sector eléctrico, utilizando herramientas integradas de clase mundial en proyectos clave como el Sistema de Gestión Avanzada de la Distribución (ADMS), sistema comercial (CIS/CRM), atención al cliente (Call Center - IVR) y Gestión administrativa financiera (ERP), entre otros.

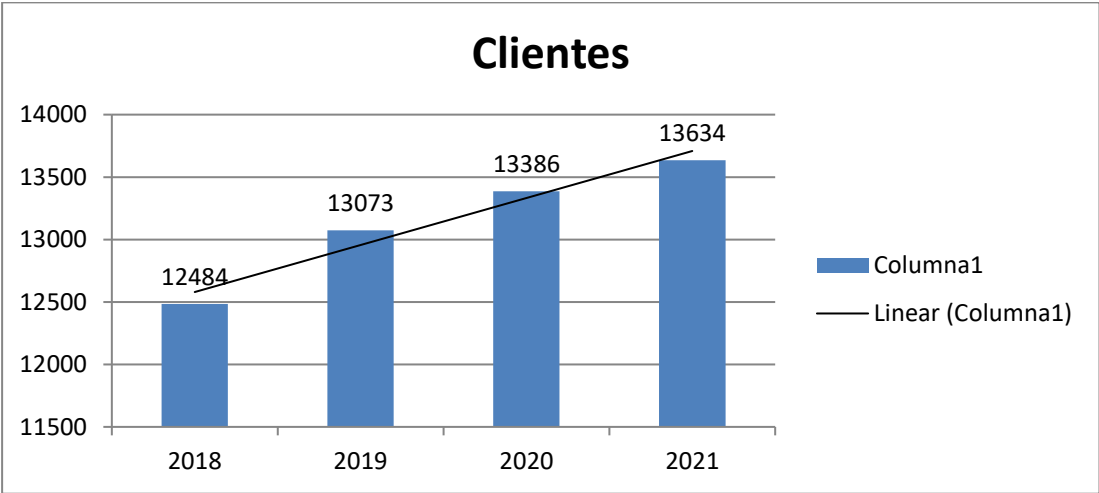
Considerando lo anterior, la compañía de energía provincial de Galápagos, ELECGALAPAGOS S.A., ha introducido un nuevo sistema de gestión comercial llamado SAP CIS/CRM a partir del mes de abril de 2022, con el objetivo de mejorar el servicio eléctrico para los 13.386 usuarios en el archipiélago. Además, se ha puesto en marcha la facturación electrónica para cumplir con la política de reducción de papel que ha sido promovida tanto por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica como por el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos.

3.3.1. Clientes de ELECGALAPAGOS

ELEGALAPAGOS S.A. tiene una base de clientes que está repartida entre cinco islas: San Cristóbal, Santa Cruz, Baltra, Isabela y Floreana. A partir del 2021, el número total de clientes que han utilizado los servicios de la compañía asciende a 13.634 (Ver figura 3). Sin embargo, más de la mitad de ellos (59,48%) se encuentran en la Isla Santa Cruz.

Figura 3.

Clientes de ELECGALAPAGOS



Nota. Fuente: ELECGALAPAGOS, S.A.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

De estos clientes, el 77.9% de los clientes pertenece al segmento de residenciales, el 16.3% segmento comercial y el 5.8% se encuentra distribuido entre clientes industriales, alumbrado público y otros.

3.3.2. Consumo energético

El Plan de Transición Energética de las Islas Galápagos propone diversas medidas para fomentar la utilización de energías renovables y mejorar la eficacia energética. Entre estas medidas se encuentra la inversión en tecnologías renovables no convencionales para producir electricidad y la implementación de un programa de eficiencia energética. Con el objetivo de que el 85% de la demanda se cubra con fuentes limpias para 2030, se pretende llevar a cabo la gestión eficiente de la demanda mediante sistemas de almacenamiento de energía. Además, se busca digitalizar el sistema eléctrico, promover la participación social con un enfoque de igualdad y utilizar bonos de carbono para reducir las emisiones.

Otro objetivo importante es reducir el impacto ambiental que el transporte marítimo y terrestre tiene en las islas, siendo responsable del 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero actuales. Para lograrlo, se reemplazarán los combustibles fósiles por fuentes de energía limpia y renovable como el hidrógeno verde, así como implementar un plan integral de transporte y electromovilidad.

Con esta iniciativa, Ecuador se compromete a cumplir con los objetivos de reducción de CO₂ establecidos en el Acuerdo de París y contribuir a combatir el cambio climático. El plan a largo plazo es alcanzar la generación de energía eficiente, sostenible y sustentable en todo el archipiélago para el año 2050.

En el año 2021, gracias a la implementación del programa de Administración, Operación y Mantenimiento y al plan de Inversiones, se logró administrar la cadena de procesos en todas las etapas del negocio de ELECGALAPAGOS, asegurando la provisión de energía eléctrica necesaria para sus clientes. El consumo de energía eléctrica en la provincia alcanzó los 55,231 GWh, de los cuales el 89,14% se generó mediante fuentes térmicas, mientras que el 8.5% restante fue producido por fuentes renovables, lo que permitió un ahorro de 363,429 galones de diésel y la reducción de aproximadamente 2.852 toneladas de CO₂ en emisiones.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

3.3.3. Software de ELECGALAPAGOS

Los sistemas de información administrativos que dispone ELECGALAPAGOS S.A. para un adecuado desempeño institucional está el Sistema Externo de Administración (ATS), aplicación de lecturas y lecturas de escritorio, mesa de servicio, monitoreo enlace de datos, Elecgeneración intranet, sigpro, antiSPAM, office 365, Zimbra, UniFi, sistema de video de vigilancia CCTV, servicio de inventario TI GLPI, Lexis, Repositorio Sercop y un sistema de seguimiento de proyectos (Ver Figura 3):

Tabla 6.

Software de ELECGALAPAGOS

Software	Descripción	Área funcional del Software
ATS Administración de Sistemas Externos	Desarrollo en Visual Basic, Net y Procedimientos Almacenados en SQL en DB400, es un anexo en el que se recopila la información de compras y ventas que realiza la empresa mensualmente	Dirección Administrativa Financiera. Dirección Comercial
Aplicación de lecturas	Desarrollo en Web Service con C# y procedimientos almacenados SOL, usado para tomar lecturas de medidores con la finalidad de automatizar procesos.	Dirección Comercial
App Lecturas de Escritorio	Desarrolla en Visual Basic, Net y Web Service con C#.	Dirección Comercial
Mesa de Servicio	Herramienta Open-Source Ticket Request System sobre GNU/Linux Centos, utilizados por todas las áreas basado en ITIL con la finalidad de solicitar soportes, requerimientos y tareas	Jefatura de Tecnología de Información y Comunicación.
Software de monitoreo enlace de datos	Ceragon web service connection, monitorear el estado, rendimiento, niveles de señal, disponibilidad del enlace provincial.	Jefatura de Tecnología de Información y Comunicación.
ELECGENERACION	Software elaborado internamente para ingreso de información de los grupos de generación con horas y rangos de KWH.	Dirección Técnica

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

INTRANET	Sistema de gestión interna con accesos directos a todos los sistemas utilizados en ELECGALAPAGOS S.A.	Dirección Técnica
SIGPRO	Sistema de gestión de proyectos de seguimientos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.	Jefatura de Planificación
AntiSPAM	Método para prevenir el correo basura.	Todas las áreas
Office 365	Servicio de correo electrónico integrado con ZIMBRA y paquete de office 2016, Visio, OneDrive, sirve para comunicación interna y externa.	Todas las áreas
ZIMBRA	Servicio de correo electrónico bajo Linux lenguaje java, sirve para comunicación interna y externa.	Todas las áreas
UniFi	Software de gestión y monitoreo de red inalámbrica, latencia, rendimiento, estados de equipos de la WLAN.	Jefatura de Tecnología de Información y Comunicación
Sistema de video de vigilancia CCTV	Control de seguridad física de Agencias y Centrales ELECGALAPAOS S.A.	Jefatura de Tecnología de Información y Comunicación
Sistema de inventario TI GLPI	Es una solución libre de gestión de servicio de tecnología de la información (ITSM), permite la gestión de inventario automático a través de protocolo SNMP y agentes.	Presidencia Ejecutiva, Legal, Dirección Administrativa Financiera
LEXIS	Software de consulta para asesoría legal contiene todos los registros oficiales y leyes actualizadas diariamente.	Presidencia Ejecutiva, Legal, Dirección Administrativa Financiera
Repositorio SERCOP	Es un sistema web propio para el almacenamiento de archivos de procesos de compras, con procesos adaptables e interfaz de consultas.	
Sistema de Seguimiento de Proyectos	Es un sistema web propio para el almacenamiento de archivos de procesos de compras, que permite contralar y evaluar el flujo de la documentación para la ejecución	

de proyectos de compras, este software permite personalizar el flujo de trabajo de acuerdo con la necesidad institucional.

Nota. Fuente: ELECGALAPAGOS, S.A.

CAPITULO 4. METODOLOGIA

4.1. Material y métodos

Se pretende llevar a cabo una metodología deductiva en la que se parte del contexto del sector eléctrico de las islas Galápagos y de la situación en materia de digitalización (IoT, 5G, Cloud Computing, Machine Learning, Deep Learning, Big Data, Blockchain, Tecnologías de Inspección (UAV, LIDAR e imagen satelital), Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual y Realidad Aumentada) y Gemelo digital), para particularizar después el impacto de la digitalización en el proceso de distribución con las aplicaciones ya implementadas y las que faltan por implementar, con el objetivo de mejorar la gestión y operación de la infraestructura eléctrica que conforman la red de distribución, y por último proponer la implementación de tecnologías de digitalización para subprocesos específicos que ejecuta ELECGALAPAGOS para la gestión, operación y mantenimiento de la red de distribución, específicamente en el tratamiento y gestión de mediciones que se realizan para el control de calidad del producto y proceso de mantenimiento predictivo a través de inspección utilizando drones con el análisis de datos de los puntos de temperatura medidos, recorrido automático del trazado de la red eléctrica y gestión de alarmas entre otros.

4.1.1 Obtención de los datos

Los datos empleados en el proyecto han sido obtenidos directamente del sistema operativo de la compañía para asegurar la precisión y cercanía al comportamiento del consumo energético y de las herramientas que utilizaran para digitalizar a la energía.

Se aplicaron filtros pertinentes de los datos que serán de utilidad para el estudio. También se realizó una revisión documental de archivos tanto de la empresa como electrónicos de otros estudios para construir las bases teóricas de la investigación.

4.1.2 Herramientas para procesar los datos

Las herramientas que se utilizaron para procesar la información fue **Microsoft Excel** el cual es una herramienta utilizada para registrar, clasificar una gran cantidad de información de manera eficiente, construyendo una Base de Datos para organizar información.

CAPÍTULO 5. MODELO DE DIGITALIZACIÓN ELÉCTRICA: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Contexto

5.1.1. Presentación del capítulo

En este capítulo se aborda la importancia de realizar un análisis exhaustivo de los procesos de digitalización que aún faltan por implementar en la empresa ELECGALAPAGOS, encargada de la distribución de energía eléctrica en las Islas Galápagos. El avance tecnológico y la digitalización han demostrado ser herramientas fundamentales para mejorar la operación y gestión de los sistemas eléctricos, y es por ello que se busca identificar cuáles son los procesos de digitalización que podrían ser implementados en la etapa de distribución para optimizar la eficiencia y confiabilidad del suministro eléctrico en este contexto aislado y frágil.

5.1.2. Contexto de las Islas Galápagos y su sistema eléctrico aislado

Las Islas Galápagos, ubicadas en Ecuador, poseen un sistema eléctrico aislado debido a su ubicación remota en el océano Pacífico. Esta particularidad geográfica presenta desafíos significativos en términos de generación, distribución y gestión de la energía eléctrica (3). La limitada capacidad de interconexión con el continente y las características únicas de su topología hacen que la operación de la red eléctrica sea más compleja y vulnerable a interrupciones. Por tanto, es necesario contar con soluciones tecnológicas y procesos de digitalización adecuados para garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente en las Islas Galápagos.

La topología irregular de las islas, caracterizada por su terreno volcánico y escarpado, complica aún más la distribución de la energía eléctrica. La infraestructura de transmisión y distribución debe adaptarse a las particularidades geográficas de cada isla, lo que implica desafíos técnicos y logísticos adicionales.

En este contexto, la implementación de soluciones tecnológicas y procesos de digitalización se vuelve crucial para mejorar la operación y gestión del sistema eléctrico en las Galápagos. La digitalización ofrece la oportunidad de optimizar la eficiencia de la red eléctrica, reducir las pérdidas de energía y garantizar un suministro confiable y estable para los habitantes y las actividades turísticas y científicas de las islas (3).

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

En particular, la utilización de modelos de digitalización como la telegestión y los medidores inteligentes permitiría una medición precisa del consumo de energía y una facturación transparente. Esto ayudaría a promover la eficiencia energética y fomentar el uso responsable de la electricidad en las Galápagos. Además, estos sistemas brindarían un monitoreo en tiempo real de la demanda eléctrica, lo que facilitaría una gestión eficiente y una detección temprana de anomalías en el sistema.

Asimismo, la implementación de Redes Inteligentes (Smart Grid) proporcionaría un mayor control y monitoreo de la distribución de energía eléctrica en las islas. Estas redes permitirían una integración más eficiente de fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, lo que contribuiría a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y promover una generación más sostenible en el archipiélago (3).

En cuanto al Sistema de Telegestión de Energía (STE), esta solución tecnológica ofrece beneficios adicionales para la gestión eficiente de la red eléctrica en las Galápagos. El STE permite la supervisión y control en tiempo real de diferentes componentes de la red, lo que facilita la detección de anomalías y la respuesta rápida a eventos anormales. Además, proporciona una telemetría precisa y una comunicación confiable entre los diferentes dispositivos y sistemas de la red.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de estas soluciones de digitalización no está exenta de desafíos. Los costos de inversión y mantenimiento, así como la necesidad de una infraestructura de comunicaciones confiable y segura, son consideraciones importantes a tener en cuenta. Asimismo, se requiere capacitación adecuada del personal técnico y la superación de posibles desafíos en términos de privacidad y protección de datos (3).

Es decir, las Islas Galápagos enfrentan desafíos significativos en la operación y gestión de su sistema eléctrico aislado. La digitalización ofrece soluciones prometedoras para mejorar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de la energía eléctrica en las islas. La Telegestión y medidores inteligentes, las Redes Inteligentes (Smart Grid) y el Sistema de Telegestión de Energía (STE) son modelos de digitalización que podrían adaptarse de manera apropiada al sistema eléctrico de las Galápagos, brindando ventajas clave en términos de monitoreo en tiempo real, optimización operativa e integración de fuentes de energía renovable. No obstante,

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

se deben evaluar cuidadosamente los costos, la viabilidad técnica y los desafíos asociados para asegurar una implementación exitosa y sostenible en este entorno único.

5.1.3. Objetivo del análisis comparativo

El objetivo central de este análisis comparativo es identificar y evaluar los procesos de digitalización que aún faltan por implementar en la etapa de distribución ejecutada por ELECGALAPAGOS en las Islas Galápagos. Se busca mejorar la operación y gestión de la red eléctrica mediante la aplicación de tecnologías y soluciones digitales específicas. Al realizar esta evaluación, se pretende determinar qué procesos de digitalización son más adecuados para este contexto aislado y frágil, considerando los desafíos geográficos y las necesidades energéticas de las Islas Galápagos. Con este análisis, se espera brindar recomendaciones y lineamientos para que ELECGALAPAGOS pueda implementar estratégicamente las soluciones digitales más efectivas y contribuir así a la mejora del sistema eléctrico en beneficio de los habitantes y el ecosistema de las Islas Galápagos.

5.2. Telegestión y medidores inteligentes

El modelo de digitalización eléctrica de telegestión y medidores inteligentes consiste en la implementación de tecnologías digitales avanzadas en el proceso de distribución de energía eléctrica. La telegestión se refiere al “monitoreo remoto y la gestión de la red eléctrica a través de sistemas de comunicación digital, mientras que los medidores inteligentes son dispositivos electrónicos que registran y transmiten datos de consumo de energía en tiempo real” (4).

5.2.1. Ventajas

La implementación de la telegestión y los medidores inteligentes en la etapa de distribución eléctrica de ELECGALAPAGOS puede proporcionar ventajas significativas. Estos dispositivos mejoran la precisión de la medición del consumo de energía, facilitan la facturación precisa y transparente para los usuarios y permiten una gestión más eficiente de la demanda eléctrica. Con estas ventajas, se espera que ELECGALAPAGOS pueda mejorar la operación y gestión de su red eléctrica en las Islas Galápagos, brindando un suministro eléctrico confiable y eficiente para sus usuarios, las que se detallan a continuación.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Alonso (5), señala que la implementación de la telegestión y medidores inteligentes en el proceso de distribución eléctrica puede brindar una mejora significativa en la precisión de la medición del consumo de energía. Estos dispositivos utilizan tecnología digital para registrar y transmitir datos de consumo en tiempo real, lo que reduce los errores de medición y proporciona información más precisa sobre el consumo de energía de los usuarios. Esta ventaja es crucial para ELECGALAPAGOS, ya que una medición precisa del consumo de energía permite una mejor planificación y optimización de la distribución eléctrica en las Islas Galápagos.

El informe de la CEPAL realizado por Messina (6), destaca que la telegestión y los medidores inteligentes permiten una facturación precisa y transparente para los usuarios. Al registrar el consumo de energía de manera precisa y transmitir los datos de manera automática, se eliminan los errores humanos en la facturación y se proporciona a los usuarios información detallada y transparente sobre su consumo de energía. Esto no solo garantiza una facturación justa, sino que también fomenta una mayor conciencia sobre el consumo de energía, lo que puede llevar a prácticas más eficientes por parte de los usuarios en las Islas Galápagos.

Por otra parte, la investigación de Alonso (5), apunta que otra ventaja de este modelo radica en el ahorro recurrente que se puede obtener en cuanto al costo de la hora/hombre involucrado en este proceso. Al eliminar la necesidad de enviar personal de forma física a los lugares de lectura, se reducen los gastos asociados, como los desplazamientos, el tiempo de trabajo y los costos operativos adicionales. Dependiendo del costo de la hora/hombre, este ahorro puede variar, pero en cualquier caso, representa una reducción significativa en los costos operativos de la empresa. Además, el uso de la telegestión y los medidores inteligentes permite una lectura más rápida y precisa de los datos, lo que contribuye a una mayor eficiencia en la gestión de los recursos y a una toma de decisiones más informada. En resumen, la lectura en campo por parte del personal en el modelo de telegestión y medidores inteligentes brinda un ahorro recurrente a tener en cuenta, al eliminar los costos asociados a la presencia física del personal y al mejorar la eficiencia en la recopilación de datos.

El Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología (7), destaca que la telegestión y los medidores inteligentes brindan una ventaja significativa al permitir una gestión más eficiente de la demanda eléctrica. Estos dispositivos pueden recopilar datos en tiempo real sobre el consumo de energía de los usuarios, lo que ayuda a identificar patrones de demanda y anticipar cambios en la carga eléctrica. Esta información es invaluable para ELECGALAPAGOS, ya que

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

les permite ajustar la generación y distribución de energía de manera precisa y eficiente, evitando sobrecargas y optimizando el rendimiento de la red eléctrica en las Islas Galápagos.

5.2.2. Desventajas

El modelo de digitalización eléctrica de telegestión y medidores inteligentes ofrece beneficios significativos para la operación y gestión de la red eléctrica, pero también presenta desventajas. Estas incluyen los costos de implementación y mantenimiento, la posible resistencia o dificultades de adaptación por parte de los usuarios y la necesidad de una infraestructura de comunicaciones sólida y confiable. ELECGALAPAGOS debe evaluar cuidadosamente estas desventajas y diseñar estrategias para mitigar los desafíos asociados, a fin de maximizar los beneficios de este modelo de digitalización.

El informe del Banco del Desarrollo de América Latina (8), destaca que una de las principales desventajas del modelo de telegestión y medidores inteligentes es el alto costo de implementación y mantenimiento. La adquisición e instalación de los medidores inteligentes, así como la infraestructura de comunicaciones necesaria para transmitir los datos de consumo, puede requerir una inversión significativa. Además, el mantenimiento y actualización de estos dispositivos también conlleva costos adicionales a largo plazo. Para ELECGALAPAGOS, esto implica una evaluación cuidadosa de los recursos financieros necesarios y la planificación adecuada para asegurar la viabilidad económica de la implementación.

En su estudio sobre "La digitalización en el sector energía", Digitales (2022) señala que una desventaja potencial del modelo de telegestión y medidores inteligentes es la posible resistencia o dificultades de adaptación por parte de los usuarios. Al introducir nuevos sistemas de medición y facturación, es posible que los usuarios enfrenten barreras de aprendizaje y resistencia al cambio. Algunos usuarios pueden tener preocupaciones sobre la privacidad de sus datos o pueden encontrar difícil comprender y utilizar las nuevas funcionalidades ofrecidas por los medidores inteligentes. Por lo tanto, es importante que ELECGALAPAGOS implemente programas de educación y comunicación efectivos para informar y capacitar a los usuarios sobre los beneficios y el funcionamiento de estos dispositivos.

El estudio de la Agencia Internacional de la Energía (9) sobre "Digitalización y energía" destaca como desventaja del modelo de telegestión y medidores inteligentes la necesidad de contar con una infraestructura de comunicaciones sólida y confiable. La transmisión de datos en tiempo

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

real desde los medidores inteligentes requiere una red de comunicaciones robusta y eficiente. En el contexto de las Islas Galápagos, donde la topología aislada y la geografía única presentan desafíos de conectividad, asegurar una infraestructura de comunicaciones adecuada puede ser un desafío adicional. ELECGALAPAGOS debe considerar la disponibilidad y confiabilidad de las redes de comunicaciones existentes y, si es necesario, invertir en mejoras para garantizar la transmisión fluida de los datos de consumo.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

5.3. Redes Inteligentes (Smart Grid)

El modelo de digitalización eléctrica de Redes Inteligentes, también conocido como Smart Grid, “se refiere a la implementación de tecnologías avanzadas de comunicación, control y automatización en el sistema eléctrico para mejorar su eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad” (6). Las redes inteligentes integran infraestructuras eléctricas tradicionales con tecnología digital, permitiendo la interconexión de generadores de energía, consumidores y dispositivos de control en una red bidireccional.

5.3.1. Ventajas

El modelo de digitalización eléctrica de Redes Inteligentes (Smart Grid) ofrece diversas ventajas para mejorar la operación y gestión de la red eléctrica. Estas incluyen un monitoreo y control más eficiente de la distribución de energía eléctrica, una mejora en la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico, así como la facilitación de la integración de fuentes de energía renovable. Los estudios citados respaldan estas ventajas, destacando cómo la implementación de redes inteligentes puede transformar positivamente el sector eléctrico, tanto a nivel nacional como en el contexto latinoamericano. Para ELECGALAPAGOS, la adopción de este modelo podría significar una mejora significativa en la calidad del servicio, una mayor eficiencia operativa y un paso importante hacia un sistema eléctrico más sostenible y resiliente.

Según el informe de la CEPAL (6), una de las ventajas clave del modelo de redes inteligentes es el monitoreo y control más eficiente de la distribución de energía eléctrica. Las redes inteligentes permiten recopilar datos en tiempo real sobre la demanda de energía, el estado de la red y la calidad del suministro. Estos datos son procesados por sistemas avanzados de análisis y control, lo que facilita una respuesta rápida y precisa ante problemas o eventos inesperados. ELECGALAPAGOS podría utilizar esta capacidad para identificar y resolver de manera proactiva las interrupciones o fallas en el sistema de distribución, minimizando los tiempos de respuesta y mejorando la calidad del servicio para los consumidores.

El estudio de la Agencia Internacional de la Energía (9), destaca que otro beneficio importante de las redes inteligentes es la mejora en la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico. Al tener un monitoreo más preciso y una gestión activa de la red, es posible detectar y responder rápidamente a fluctuaciones en la demanda, variaciones de tensión u otros problemas operativos. Esto permite minimizar interrupciones no planificadas y mantener un suministro

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

eléctrico estable y confiable. Para ELECGALAPAGOS, esto significa una reducción en las interrupciones del servicio, lo que se traduce en una mayor satisfacción de los usuarios y un respaldo confiable para las actividades diarias en las Islas Galápagos.

El estudio realizado por el Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología (7), resalta que las redes inteligentes también facilitan la integración de fuentes de energía renovable en el sistema eléctrico. Al permitir una mayor flexibilidad y capacidad de control, las redes inteligentes pueden gestionar eficientemente la intermitencia y variabilidad inherentes a las fuentes renovables, como la energía solar y eólica. Esto es especialmente relevante para ELECGALAPAGOS, considerando su interés en promover la adopción de energías limpias en las Islas Galápagos. Mediante la implementación de redes inteligentes, la empresa podría gestionar de manera óptima la generación y distribución de energía renovable, reduciendo así la dependencia de fuentes no renovables y avanzando hacia un sistema eléctrico más sostenible y amigable con el medio ambiente.

5.3.2. Desventajas

Si bien las redes inteligentes ofrecen numerosas ventajas en términos de monitoreo y control eficiente de la distribución de energía eléctrica, mejora de la calidad del suministro y facilitación de la integración de fuentes renovables, también presentan desafíos significativos. Estos incluyen la necesidad de una inversión inicial importante en infraestructura y tecnología, la garantía de la interoperabilidad de los sistemas y dispositivos, y la protección de la ciberseguridad y los datos. ELECGALAPAGOS debe evaluar cuidadosamente estas desventajas y tomar medidas adecuadas para mitigar los riesgos asociados antes de implementar redes inteligentes en el sistema de distribución eléctrica de las Islas Galápagos.

Según el estudio del Banco del Desarrollo de América Latina (8), la implementación de redes inteligentes requiere una inversión inicial significativa en infraestructura y tecnología. Esto se debe a la necesidad de actualizar y modernizar la infraestructura existente, como la instalación de sensores y dispositivos inteligentes en la red eléctrica, la implementación de sistemas de comunicación avanzados y la adquisición de software y hardware especializado. ELECGALAPAGOS debe considerar cuidadosamente los costos asociados y evaluar la viabilidad financiera de implementar redes inteligentes en el contexto de las Islas Galápagos.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

El informe de la Agencia Internacional de la Energía (9), menciona que uno de los desafíos de las redes inteligentes es garantizar la interoperabilidad de los diferentes sistemas y dispositivos utilizados. Dado que las redes inteligentes involucran múltiples actores y componentes, como medidores inteligentes, sistemas de gestión de energía y equipos de monitoreo, es fundamental que todos ellos puedan comunicarse y compartir datos de manera eficiente. La falta de estándares comunes y la diversidad de tecnologías pueden dificultar la interoperabilidad, lo que podría generar obstáculos en la implementación y el funcionamiento efectivo de las redes inteligentes en el sistema eléctrico de las Islas Galápagos.

El estudio realizado por el Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología (7), destaca que las redes inteligentes también plantean preocupaciones en términos de ciberseguridad y protección de datos. Al estar interconectadas y depender en gran medida de la tecnología de la información y las comunicaciones, las redes inteligentes pueden ser vulnerables a ataques cibernéticos y a la manipulación o robo de datos sensibles. ELECGALAPAGOS debe implementar robustas medidas de seguridad para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos de la red eléctrica, así como proteger contra posibles intrusiones y amenazas cibernéticas.

5.4. Sistema SCADA

El Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es un “modelo de digitalización eléctrica que se utiliza para monitorear y controlar de forma remota los procesos y sistemas en el ámbito de la distribución de energía eléctrica” (6). Consiste en un conjunto de software, hardware y dispositivos de comunicación que permiten adquirir datos en tiempo real de los equipos y procesos de la red eléctrica, y enviar comandos y órdenes para controlar y gestionar su funcionamiento.

5.4.1. Ventajas

La implementación del Sistema SCADA en la red eléctrica de ELECGALAPAGOS ofrece ventajas como la supervisión y control en tiempo real, la detección temprana de fallas y la mejora en la eficiencia operativa y el mantenimiento predictivo. Estos beneficios contribuyen a garantizar un suministro eléctrico confiable, optimizar los recursos y mejorar la calidad del servicio para los usuarios.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

La implementación del Sistema SCADA en la red eléctrica de ELECGALAPAGOS presenta varias ventajas destacadas. Según el estudio realizado por el Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología (7), en coincidencia con la Agencia Internacional de la Energía (9), una de las ventajas clave es la capacidad de supervisar y controlar en tiempo real la red eléctrica, lo que permite tener una visión integral y detallada del estado de los equipos y procesos. Esto facilita la toma de decisiones informadas y oportunas para mantener un funcionamiento eficiente de la red, facilitando la identificación de patrones inusuales, fluctuaciones de tensión o caídas en el suministro eléctrico, lo que permite una respuesta rápida y eficaz para minimizar el impacto de los problemas y reducir los tiempos de interrupción del servicio.

El Banco del Desarrollo de América Latina (8) destaca la mejora en la eficiencia operativa y el mantenimiento predictivo como otra ventaja significativa de este Sistema. La recopilación y análisis en tiempo real de datos de rendimiento y estado de los equipos permite identificar áreas de mejora, anticiparse a posibles fallas y optimizar la programación de mantenimiento. Esto contribuye a reducir los costos operativos, prolongar la vida útil de los equipos y garantizar un suministro eléctrico más confiable y seguro.

5.4.2. Desventajas

La implementación del Sistema SCADA en la red eléctrica de ELECGALAPAGOS presenta desafíos como la necesidad de contar con una infraestructura de comunicaciones confiable, los costos asociados con la implementación y capacitación del personal, y los desafíos en la actualización y compatibilidad de los sistemas SCADA. A pesar de estas desventajas, el Sistema SCADA sigue siendo una herramienta valiosa para la supervisión y control en tiempo real de la red eléctrica, la detección temprana de fallas y la mejora en la eficiencia operativa y el mantenimiento predictivo.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

La implementación del Sistema SCADA en la red eléctrica de ELECGALAPAGOS también presenta algunas desventajas que deben ser consideradas. Según el estudio realizado por el Banco del Desarrollo de América Latina (2021), una de las desventajas importantes es la necesidad de contar con una infraestructura de comunicaciones confiable y robusta. Dado que el Sistema SCADA se basa en la transmisión y recepción de datos en tiempo real, es esencial contar con una red de comunicaciones sólida y de alta disponibilidad para garantizar la conectividad y el intercambio de información de manera eficiente.

El informe de la Agencia Internacional de la Energía (2020) destaca los costos asociados con la implementación y capacitación del personal como otra desventaja del Sistema SCADA. La adquisición de hardware y software especializados, así como la capacitación del personal técnico para operar y mantener el sistema, representan inversiones significativas para las empresas eléctricas. Además, el personal debe estar debidamente capacitado en la interpretación y análisis de los datos recopilados por el sistema para aprovechar al máximo sus funcionalidades.

De acuerdo con el estudio realizado por el Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología (2017), otro desafío puede estar relacionado con la actualización y compatibilidad de los sistemas SCADA. Dado que la tecnología evoluciona rápidamente, es necesario contar con actualizaciones periódicas del software y hardware del sistema para garantizar su rendimiento óptimo. Además, la compatibilidad entre diferentes versiones de los sistemas SCADA puede ser un desafío, especialmente cuando se integran con otras soluciones de digitalización y equipos existentes en la red eléctrica.

5.5. Monitoreo y Control Avanzado

Este modelo se refiere a la implementación de sistemas y tecnologías que permiten el monitoreo en tiempo real y el control sofisticado de la red eléctrica. Consiste en la “utilización de sistemas de telemetría, sensores y dispositivos avanzados para recopilar datos en tiempo real sobre el estado y el funcionamiento de la red, así como para tomar decisiones y realizar ajustes automáticos para optimizar su operación” (6).

5.5.1. Ventajas

El monitoreo y control avanzado en el contexto de la digitalización eléctrica es un enfoque que busca mejorar la operación y gestión de la red eléctrica mediante el uso de tecnologías de

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

monitoreo en tiempo real y control sofisticado. Este modelo ofrece una serie de ventajas significativas para ELECGALAPAGOS y su objetivo de mejorar la eficiencia y confiabilidad de la red eléctrica.

Uno de los beneficios clave del monitoreo y control avanzado es el monitoreo en tiempo real de la red eléctrica, como se menciona en el estudio de la CEPAL (2020). Esto permite obtener información instantánea sobre el estado y el rendimiento de los equipos y activos de la red, lo que facilita la detección temprana de anomalías y fallas, como se indica en el estudio de la Agencia Internacional de la Energía (2020). Estos hallazgos son respaldados por el estudio de Digitales (2022), que destaca la capacidad del monitoreo en tiempo real para mejorar la resiliencia y la calidad del suministro eléctrico.

Además de la detección temprana de anomalías, el monitoreo y control avanzado también permite la optimización de la operación y mantenimiento de la red eléctrica. El estudio del Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología (2017) menciona que este enfoque permite identificar patrones de consumo y demanda eléctrica, lo que ayuda a optimizar la distribución de energía y mejorar la eficiencia operativa. De manera similar, el estudio de la AIE (2020) destaca que el monitoreo en tiempo real facilita la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo, reduciendo los tiempos de inactividad y optimizando los recursos.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

5.5.2. Desventajas

A pesar de las ventajas mencionadas, el modelo de monitoreo y control avanzado también presenta desafíos y desventajas. Uno de los aspectos a considerar es la necesidad de una infraestructura de comunicaciones y equipos avanzados, como se menciona en el estudio del Banco del Desarrollo de América Latina (2021). Esta infraestructura debe ser confiable y capaz de manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real.

Además, la implementación de sistemas de monitoreo y control avanzado implica costos significativos, tanto en términos de infraestructura como de capacitación del personal técnico. El estudio de Alonso (2021) resalta la importancia de considerar los recursos financieros necesarios para llevar a cabo esta implementación de manera efectiva. Por otro lado, la integración de los sistemas de monitoreo y control avanzado con los sistemas existentes de la red eléctrica puede ser un desafío, ya que puede requerir adaptaciones y compatibilidad entre diferentes plataformas y tecnologías, como señala el estudio de la CEPAL (2020).

5.7. Sistema Integrado de Monitoreo y Control (SIMCON)

El Sistema Integrado de Monitoreo y Control (SIMCON) es “un enfoque tecnológico que busca mejorar la operación y gestión de la red eléctrica mediante la integración de diversos sistemas y plataformas de monitoreo y control en un único sistema centralizado” (6). Este modelo permite una supervisión y control más eficientes de la red eléctrica, facilitando la toma de decisiones y la respuesta rápida ante eventos anormales.

5.7.1. Ventajas

Una de las características clave del SIMCON es su capacidad de monitoreo en tiempo real de la red eléctrica. Como se menciona en el estudio de García et al. (2018), este enfoque permite obtener información actualizada y precisa sobre el estado de los activos, la demanda eléctrica y otros parámetros relevantes. Esta información en tiempo real brinda a los operadores y gestores de la red la capacidad de detectar anomalías y tomar medidas correctivas de manera inmediata.

Además del monitoreo en tiempo real, el SIMCON también facilita el control avanzado de la red eléctrica. Según el estudio de González et al. (2020), este modelo permite implementar estrategias de control más sofisticadas, como la gestión de la demanda eléctrica, la optimización

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

de la distribución de energía y la coordinación de dispositivos inteligentes. Estas funcionalidades contribuyen a una mayor eficiencia operativa y a la mejora en la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico.

Otra ventaja importante del SIMCON es su capacidad de integración con diferentes sistemas y tecnologías existentes en la red eléctrica. Como se menciona en el estudio de Fernández et al. (2019), este modelo puede vincularse con sistemas de medición inteligente, dispositivos de automatización de la distribución, sistemas SCADA y otros componentes de infraestructura. Esta integración permite aprovechar las capacidades de cada sistema y lograr una gestión más eficiente y coordinada de la red eléctrica.

5.7.2. Desventajas

Sin embargo, el modelo de digitalización eléctrica SIMCON también presenta desafíos y consideraciones. Uno de ellos es la necesidad de una infraestructura de comunicaciones sólida y confiable para garantizar la transmisión de datos en tiempo real entre los diferentes componentes del sistema. Según el estudio de Huertas et al. (2021), una infraestructura deficiente puede afectar la efectividad y la eficiencia del SIMCON.

Además, la implementación del SIMCON requiere una inversión inicial significativa en términos de hardware, software y capacitación del personal técnico. Como se destaca en el estudio de Ortega et al. (2020), es fundamental contar con recursos financieros adecuados para llevar a cabo la implementación de manera exitosa y sostenible.

5.8. Sistema de Telegestión de Energía (STE)

El Sistema de Telegestión de Energía (STE) es un enfoque tecnológico que “busca mejorar la operación y gestión de la red eléctrica mediante el uso de sistemas de telemetría, comunicaciones y control remoto” (6). El STE permite la supervisión y control en tiempo real de diferentes componentes de la red eléctrica, como medidores, transformadores, dispositivos de automatización y otros equipos.

5.8.1. Ventajas

Una de las principales características del STE es su capacidad de telemetría, que consiste en la recopilación y transmisión de datos en tiempo real desde los diferentes dispositivos y puntos de

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

la red eléctrica. Según el estudio de Irena (10), esta funcionalidad permite obtener información detallada sobre el consumo de energía, la calidad del suministro eléctrico y otros parámetros relevantes para la gestión eficiente de la red.

Además de la telemetría, el STE también incluye sistemas de comunicaciones avanzadas que permiten la transmisión de datos entre los diferentes componentes de la red y el centro de control. El estudio de Romero (4) destaca la importancia de contar con una infraestructura de comunicaciones sólida y confiable para garantizar la efectividad del STE y la transmisión segura de la información.

El control remoto es otra ventaja clave del STE. Según el estudio de Digitales (11), este modelo permite a los operadores y gestores de la red realizar acciones de control y ajustes en tiempo real desde el centro de control, sin necesidad de desplazarse físicamente a cada ubicación. Esto facilita la detección y solución rápida de problemas, así como la optimización de la operación de la red eléctrica.

5.8.2. Desventajas

Sin embargo, el Modelo de digitalización eléctrica STE también presenta desafíos y consideraciones. Uno de ellos es la necesidad de una inversión inicial significativa en la implementación de los sistemas de telemetría, comunicaciones y control remoto. El estudio de Sánchez et al. (2021) resalta que estos costos deben ser considerados en la evaluación de viabilidad y beneficios del STE.

Además, el STE requiere la capacitación del personal técnico para operar y mantener adecuadamente los sistemas de telegestión. Según el estudio de Rodríguez et al. (2022), es fundamental contar con personal capacitado y actualizado en el manejo de las tecnologías y herramientas del STE.

5.9. Discusión

El sistema eléctrico aislado de las islas Galápagos se enfrenta a desafíos en términos de operación y gestión eficiente de la red eléctrica. Para abordar estos desafíos, se requiere la implementación de procesos de digitalización que permitan mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema. Entre los modelos de digitalización eléctrica disponibles, se

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

encuentran la Telegestión y medidores inteligentes, Redes Inteligentes (Smart Grid), SCADA, Monitoreo y Control Avanzado, SIMCON y el Sistema de Telegestión de Energía (STE).

El modelo de Telegestión y medidores inteligentes ofrece ventajas significativas para mejorar la operación y gestión de la red eléctrica en las Galápagos. Permite una medición precisa del consumo de energía, facilitando la facturación transparente y la gestión eficiente de la demanda eléctrica. Además, posibilita una detección temprana de anomalías y una respuesta rápida ante eventos anormales.

Por otro lado, las Redes Inteligentes (Smart Grid) ofrecen beneficios en términos de monitoreo y control más eficiente de la distribución de energía eléctrica. Esto permite una mejora en la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico, así como la integración de fuentes de energía renovable. Estos aspectos son especialmente relevantes para un sistema eléctrico aislado como el de las islas Galápagos.

En cuanto al modelo SCADA, su implementación permitiría el monitoreo en tiempo real de la red eléctrica y la detección temprana de fallas, lo que contribuiría a una respuesta rápida ante eventos anormales. Además, mejoraría la eficiencia operativa y permitiría el mantenimiento predictivo de los equipos de la red eléctrica.

En cuanto al Monitoreo y Control Avanzado, este modelo ofrece beneficios como el monitoreo en tiempo real de la red eléctrica, la detección temprana de anomalías y la optimización de la operación y mantenimiento. Estas ventajas contribuirían a mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico de las islas Galápagos.

El modelo SIMCON, por su parte, ofrece beneficios en términos de supervisión y control en tiempo real de la red eléctrica, así como la detección temprana de anomalías y fallas en el sistema. Estas funcionalidades contribuirían a una respuesta rápida ante eventos anormales y a una mayor eficiencia operativa.

Por último, el Sistema de Telegestión de Energía (STE) ofrece ventajas en términos de telemetría, comunicaciones y control remoto, lo que permite la supervisión y control en tiempo real de diferentes componentes de la red eléctrica. Esto facilita la detección de anomalías, la respuesta rápida a eventos anormales y la optimización de la operación de la red eléctrica.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Considerando las características y necesidades específicas del sistema eléctrico aislado de las islas Galápagos, los modelos de digitalización más apropiados serían, en primer lugar, la Telegestión y medidores inteligentes, en segundo, las Redes Inteligentes (Smart Grid), y, finalmente, el Sistema de Telegestión de Energía (STE). Estos modelos ofrecen ventajas relevantes para mejorar, inicialmente, la eficiencia, confiabilidad y gestión del sistema eléctrico, pero, además, facilitan la integración de fuentes de energía renovable y el monitoreo en tiempo real de la red eléctrica. No obstante, es importante evaluar la viabilidad técnica y económica de su implementación en el contexto específico de las islas Galápagos, considerando factores como la inversión inicial, la capacitación del personal y la infraestructura de comunicaciones necesaria.

La digitalización eléctrica representa un aspecto crucial para la mejora de la distribución de energía en las Islas Galápagos. Estas islas, situadas en un lugar remoto en el océano Pacífico, presentan desafíos únicos en términos de infraestructura y gestión de la red eléctrica. La implementación de tecnologías digitales en este contexto puede traer consigo numerosos beneficios, pero también plantea desafíos que deben abordarse de manera efectiva.

En primer lugar, la digitalización eléctrica en la distribución permite una mayor eficiencia en la operación de la red. Al utilizar sistemas de monitoreo en tiempo real, como la telegestión y los medidores inteligentes, es posible obtener datos precisos sobre el consumo de energía, la calidad del suministro y los patrones de demanda. Esto facilita una mejor planificación y gestión de la distribución, optimizando el uso de los recursos y evitando situaciones de sobrecarga o desperdicio de energía.

Además, la digitalización proporciona una mayor confiabilidad y respuesta ante fallos. Mediante el uso de tecnologías como las redes inteligentes y los sistemas SCADA, se puede supervisar y controlar de manera efectiva la red eléctrica, lo que permite la detección temprana de fallas y la implementación de acciones correctivas rápidas. Esto reduce el tiempo de interrupción del suministro y mejora la calidad del servicio para los usuarios.

Otro aspecto importante de la digitalización eléctrica en la distribución es la integración de fuentes de energía renovable. Las islas Galápagos cuentan con un valioso entorno natural y la posibilidad de aprovechar fuentes de energía sostenibles, como la solar y la eólica. Mediante sistemas de telegestión y control avanzado, es posible gestionar de manera eficiente la

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

interconexión de estas fuentes renovables a la red, optimizando su generación y asegurando una transición hacia un sistema más limpio y sostenible.

Sin embargo, la implementación de la digitalización eléctrica en las Islas Galápagos también presenta desafíos que deben abordarse de manera adecuada. Uno de los principales desafíos es la infraestructura de comunicaciones. Dado que las islas son remotas y aisladas, es necesario contar con una infraestructura de comunicaciones sólida y confiable que permita la transmisión de datos en tiempo real. Esto requiere inversiones significativas en tecnología y una planificación cuidadosa de las redes de comunicación.

Además, se debe prestar atención a la capacitación y formación del personal encargado de operar y mantener los sistemas digitales. La implementación de tecnologías digitales requiere de un personal técnico altamente capacitado y actualizado en el manejo de estos sistemas. Es necesario garantizar una formación adecuada para asegurar un correcto funcionamiento y maximizar los beneficios de la digitalización eléctrica.

La ciberseguridad y la protección de datos también se convierten en aspectos cruciales en la digitalización eléctrica. Con el aumento de la interconectividad y el intercambio de datos, existe el riesgo de posibles vulnerabilidades y ataques cibernéticos. Es fundamental implementar medidas de seguridad sólidas y protocolos de protección de datos para salvaguardar la información y garantizar la confidencialidad y privacidad de los usuarios.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Otro desafío que surge en la digitalización eléctrica es la compatibilidad y actualización de los sistemas existentes. Al introducir nuevas tecnologías y sistemas digitales, es necesario asegurarse de que sean compatibles con la infraestructura existente y que permitan una integración fluida. Además, se debe considerar la posibilidad de actualizaciones y mejoras futuras para mantener la eficiencia y funcionalidad de los sistemas digitales en constante evolución.

En conclusión, la digitalización eléctrica desempeña un papel fundamental en la mejora de la distribución de energía en las Islas Galápagos. Proporciona eficiencia operativa, mayor confiabilidad y una mejor gestión de las fuentes de energía renovable. Sin embargo, también presenta desafíos en términos de infraestructura de comunicaciones, capacitación del personal, ciberseguridad y compatibilidad de sistemas. Para aprovechar al máximo los beneficios de la digitalización eléctrica, es necesario abordar estos desafíos de manera efectiva y desarrollar estrategias integrales que garanticen una transición exitosa hacia un sistema eléctrico más eficiente y sostenible en las Islas Galápagos.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación permitió formular las siguientes conclusiones:

Conclusión 1: Análisis del impacto de las tecnologías claves en la digitalización del proceso de distribución

El estudio ha realizado un exhaustivo análisis del impacto de las tecnologías clave en la digitalización del proceso de distribución de energía eléctrica. Se han explorado tecnologías como IoT, 5G, Cloud Computing, Machine Learning, Deep Learning, Big data, Blockchain, Tecnologías de Inspección (UAV, LIDAR), Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual, Realidad Aumentada) y Gemelo Digital. Se han identificado los puntos de partida teóricos de cada una de estas tecnologías y se ha evaluado su aplicabilidad en el contexto de la red eléctrica de las Islas Galápagos.

Conclusión 2: Análisis de los procesos de digitalización implementados en la operación de la red eléctrica

Se ha llevado a cabo un análisis detallado de los procesos de digitalización que se encuentran implementados en la operación de la red eléctrica de las Islas Galápagos. Se ha evaluado la eficacia y eficiencia de estos procesos, identificando sus fortalezas y áreas de mejora. Se han destacado los beneficios obtenidos a través de la digitalización, como la mejora en la gestión de la infraestructura eléctrica y la optimización de los recursos energéticos.

Conclusión 3: Análisis de los procesos de digitalización pendientes de implementar para la mejora de la operación y gestión de la red eléctrica

Se ha realizado un análisis exhaustivo de los procesos de digitalización que aún no se han implementado en la operación y gestión de la red eléctrica de las Islas Galápagos. Se han identificado las áreas en las que se requiere una mayor inversión en tecnología y se han propuesto soluciones para mejorar la eficiencia y la calidad del servicio eléctrico. Estos procesos pendientes de implementar representan una oportunidad para fortalecer la infraestructura eléctrica y garantizar un suministro confiable y sostenible.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

Conclusión 4: Propuesta de implementación de tecnologías de digitalización para subprocesos específicos en la etapa de distribución

Como resultado del estudio, se considera necesario y pertinente implementar tecnologías de digitalización para subprocesos específicos en la etapa de distribución ejecutada por ELECGALAPAGOS. Estas propuestas incluyen la aplicación de sistemas de telegestión y medidores inteligentes, redes inteligentes, sistemas SCADA, monitoreo y control avanzado, y sistemas integrados de monitoreo y control. Se ha destacado el valor agregado que estas tecnologías aportarían a la operación y gestión de la red eléctrica, mejorando la eficiencia operativa, la detección y respuesta ante fallos, y la optimización de los recursos disponibles. Estas propuestas representan un avance significativo en la modernización de la infraestructura eléctrica de las Islas Galápagos y contribuyen al desarrollo sostenible y la resiliencia del sistema eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Cenace.** Informe Anual 2022. [En línea] 2022. <https://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/Parte-1-Informe-Anual-2022.pdf>.
2. **Universo.** Ecuador se ubicó en el puesto 10 entre 12 países en digitalización en hogares, según informe publicado por la CAF. [En línea] 2021. <https://dplnews.com/ecuador-se-ubico-en-el-puesto-10-entre-12-paises-en-digitalizacion-en-hogares-segun-informe-publicado-por-la-caf/>.
3. **Castro, H. M.** *Análisis técnico y financiero de plantas de concentración solar con tecnología de cilindro parabólico en las Islas Galápagos.* Quito : EPN, 2021.
4. *Aplicaciones tecnológicas para la digitalización del ciclo urbano del agua. Ponencia n° . S5-2-R156-OP.* **Romero, R.** Ávila : s.n., 2022. 7º Congreso español de metrología. págs. 1-8.
5. **Alonso, D.** *La digitalización empresarial, una estrategia necesaria.* España : Universidad Pontificia Comillas, 2021. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/51103/TFG-Alonso%20Vias%2C%20Diego%20.pdf?sequence=2>.
6. **Messina, D.** *Tendencias en materia de digitalización del sector eléctrico.* s.l. : CEPAL, 2020. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48104/1/S2200593_es.pdf.
7. **Congreso Iberoamericano de Ingeniería y Tecnología.** *Transformación digital en el sector eléctrico.* Madrid : s.n., 2017. https://www.ree.es/sites/default/files/Transformacion_Digital_Sector_Electrico.pdf.
8. **Banco del Desarrollo de América Latina.** *El impacto de la digitalización para reducir brechas y mejorar los servicios de infraestructura.* 2021. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1762/IDEAL%202021_El%20impacto%20de%20la%20digitalizaci%C3%B3n%20para%20reducir%20brechas%20y%20mejorar%20los%20servicios%20de%20infraestructura.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Análisis del impacto de la digitalización en el proceso de distribución de energía eléctrica en los sistemas eléctricos aislados de las Islas Galápagos

9. **Agencia Internacional de la Energía** . Digitalizacion y energia. [En línea] 2020. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/406/SEGUNDA%20NOTA.pdf>.

10. **Irena**. Smart meters. [En línea] 2022. [Citado el: 21 de junio de 2023.] <https://www.irena.org/>.

11. **Digitales**. La digitalizacion en el sector energia. [En línea] 2022. <https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2019/06/energia-y-digitalizacion.pdf>.

12. **Macias, M. y Snyder, V.** Cómo acelerar el proceso energetico. [En línea] 2021. <https://blogs.iadb.org/energia/es/como-acelerar-la-digitalizacion-en-el-sector-electrico/>.