

SISTEMA ELÉCTRICO EN TRANSFORMACIÓN

Contribuciones de los proyectos piloto y
escalamientos PITEC/MCS en el contexto de
las Hojas de Ruta Smart Grid de las EDEs



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz

Technische Gesellschaft
für Internationale Zusammenarbeit
GmbH (GIZ)



BICENTENARIO
PERÚ
2024

CONTENIDO

1. Introducción	5
2. Incentivos a la innovación tecnológica y la mejora de calidad de servicio.....	9
3. Modelo de madurez y Hojas de Ruta para transformación hacia las Smart Grid de las EDE.....	10
4. Tecnologías Smart Grid desde la perspectiva del modelo de madurez y las Hojas de Ruta Smart Grid de las EDE ..	14
5. Contribuciones de los proyectos PITEC y MCS en el contexto de las Hojas de Ruta Smart Grid de las EDE	20

“El texto, los gráficos y las imágenes de este boletín son netamente informativos y no tienen carácter vinculante, siendo el autor y responsable de su contenido el Proyecto Distribución Eléctrica 4.0”

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

A	ADMS Advanced Distribution Management System / Sistema de Gestión de Distribución Avanzado
	ANSI American National Standards Institute / Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
C	CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization / Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
	CIM Common Information Model / Modelo de Información Común
	CUST Customer / Cliente
D	DER Distributed Energy Resources / Recursos Energéticos Distribuidos
E	EDE Empresa de Distribución Eléctrica
F	FAN Field Area Network / Red de área de campo
G	GIS Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica
	GO Grid Operations / Operaciones de Red
I	IEA International Energy Agency / Agencia Internacional de Energía
	IEC International Electrotechnical Commission / Comisión Electrotécnica Internacional
	IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers / Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
	ISO International Organization for Standardization / Organización Internacional de Normalización
	ITU International Telecommunication Union / Unión Internacional de Telecomunicaciones
L	LCE Ley de Concesiones Eléctricas
M	MCS Mejora de Calidad de Suministro
	MINEM Ministerio de Energía y Minas
	MT Media Tensión

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

N

- NAN** Neighborhood Area Network / Red de área de vecindario
- NIST** National Institute of Standards and Technology / Instituto Nacional de Estándares y Tecnología

O

- OS** Organization & Structure / Organización & Estructura

P

- PITEC** Proyecto de Innovación Tecnológica y/o Eficiencia Energética

R

- REI** Redes Eléctricas Inteligentes

S

- SAIDI** System Average Interruption Duration Index / Índice del Promedio de Duración de las Interrupciones en el Sistema
- SAIFI** System Average Interruption Frequency Index / Índice del Promedio de la Frecuencia de Interrupciones en el Sistema
- SE** Societal & Environmental / Sociedad y Medioambiente
- SED** Subestaciones de Distribución
- SGAM** Smart Grid Architecture Model / Modelo Arquitectural de Redes Eléctricas Inteligentes
- SGMM** Smart Grid Maturity Model / Modelo de Madurez en Redes Inteligentes
- SMI** Sistemas de Medición Inteligente
- SMR** Strategy, Management & Regulation / Estrategia, Gestión y Regulación

T

- TECH** Technology / Tecnología
- TIC** Tecnologías de Información y Comunicaciones
- TO** Tecnologías de Operación

V

- VAD** Valor Agregado de Distribución
- VCI** Value Chain Integration / Integración en la Cadena de Valor

W

- WAM** Work & Asset Management / Gestión de Activos y Trabajo
- WAN** Wide Area Network / Red de área amplia



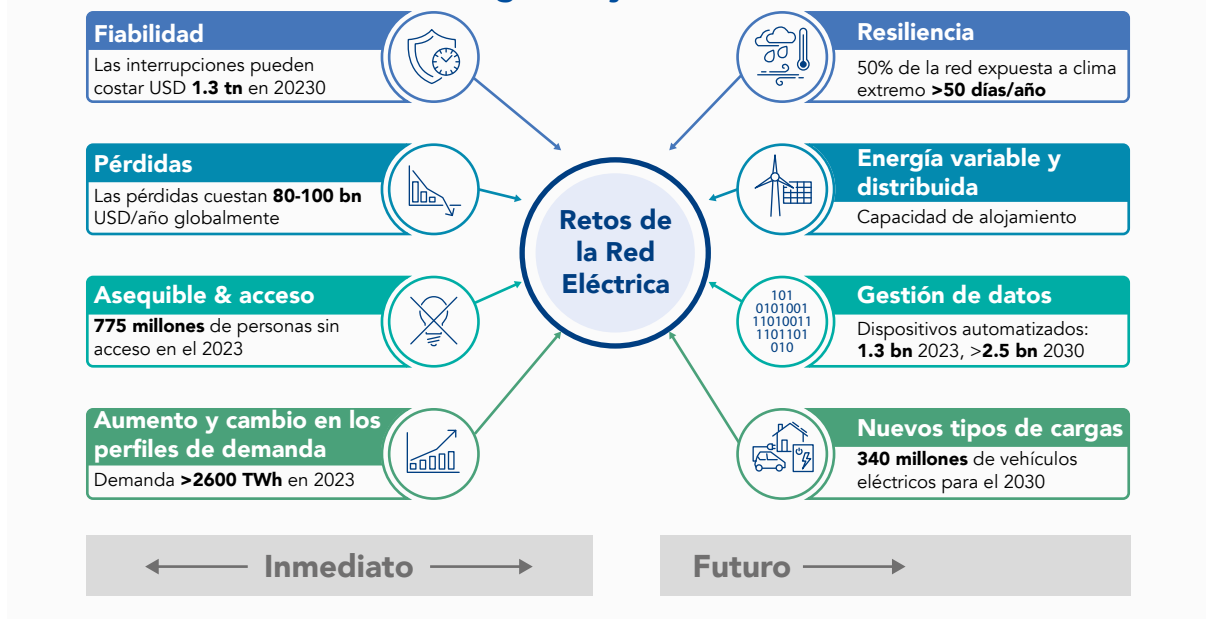
1

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el sector eléctrico de los países emergentes y economías en desarrollo se ha visto enfrentado a un cambio de paradigma que implica una completa transición de las redes eléctricas tradicionales hacia el concepto de las *Smart Grids* (SG) o redes eléctricas inteligentes (Figura 1). La *Smart Grid* es “una red que integra de manera inteligente las acciones de los usuarios que se encuentran conectados a ella –generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas a la vez– con el fin de conseguir un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible”¹. Se trata, por tanto, de una red eléctrica caracterizada por una amplia penetración de tecnologías de la información y la comunicación en todas sus cadenas de valor, lo cual se traduce en transformación digital hacia una nueva red eléctrica: descentralizada y observable, más gestionable e inteligente, más segura y confiable, con nuevos modelos de negocio y con un menor impacto ambiental.

1. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, European SmartGrids Technology Platform – Vision and strategy for Europe’s electricity networks of the future, 2006.

Figura 1. Retos actuales y futuros de las redes eléctricas en los mercados emergentes y economías en desarrollo.



Fuente: **Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies, International Energy Agency IEA, 2023.**

Para que la red sea “más inteligente” y capaz de hacer frente a la necesidad de descarbonizar las fuentes de generación y permitir la eficiencia energética del usuario final, las empresas de distribución tendrán que mejorar la observabilidad y controlabilidad de sus redes, al tiempo que las transforman en estructuras capaces de integrar una variedad de DERs. Las tecnologías digitales utilizadas para este fin incluyen tanto dispositivos hardware como aplicaciones software. Entre las tecnologías hardware se destacan los medidores inteligentes, subestaciones digitales, sensores y dispositivos de control y supervisión de la red, inversores inteligentes y la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. Las soluciones software, por su parte, suelen optimizar el uso de los dispositivos hardware añadiendo capacidades tales como herramientas automatizadas de supervisión y apoyo de toma de decisiones (ADMS), la planificación avanzada de la red, la gestión de activos basada en datos y los sistemas de información geográfica (GIS). El uso de estas tecnologías se habilita gracias a infraestructuras de comunicación e información que permiten recolectar, almacenar y administrar los datos².

Los actores del sector eléctrico peruano, comprometidos con el desarrollo nacional y con la conservación del sector, están dando pasos importantes hacia estas transformaciones. Es así como el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) está liderando un proceso de reforma del sector eléctrico peruano que plantea importantes cambios normativos y regulatorios, los cuales han sido definidos a nivel conceptual, para el segmento de distribución eléctrica, en el Eje 3 del Libro Blanco: “Innovación en la distribución y la comercialización minorista”. En esta línea, en el año 2015, a través del Decreto Legislativo 1221, se introdujeron modificaciones en diversos artículos de la Ley de

2. *Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies, International Energy Agency IEA, 2023.*

Concesiones Eléctricas (LCE), particularmente los vinculados a la determinación del Valor Agregado de Distribución (VAD), con el objetivo de incentivar y promover el desarrollo de proyectos de carácter técnico orientados a la eficiencia energética y la innovación tecnológica (PITEC), la mejora de la calidad de suministro (MCS) y la incorporación, inicialmente a nivel de pilotos, de los sistemas de medición inteligente (SMI).

Conscientes de que se trata de una modernización integral que, para el Estado, las empresas del sector y los diferentes actores comprometidos, se traduce en la obligación de adoptar una visión y estrategia *Smart Grid* que guíen la transformación frente a los grandes retos asociados a la digitalización, en el 2023 y como resultado de un esfuerzo participativo, se aprobó el documento *Hoja de Ruta de Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grids) en la Distribución 2023 – 2030*, cuyos objetivos estratégicos y líneas de acción se detallan en la Tabla 1. La Hoja de Ruta tiene como visión que “al 2030 el país haya transitado hacia las redes eléctricas inteligentes, logrando un servicio competitivo, confiable y sostenible con la participación de la demanda y contribuir en la descarbonización del país”.

Tabla 1. Objetivos estratégicos y líneas de acción Hoja de Ruta

VISIÓN					
Al 2030 el Perú ha transitado hacia las redes eléctricas inteligentes, logrando un servicio competitivo, confiable y sostenible con la participación de la demanda que contribuya a la descarbonización del país.					
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS					
Objetivo N° 1 Mejorar la calidad del servicio y satisfacción del cliente	Objetivo N° 2 Desarrollar las tarifas y nuevos modelos de negocio de la distribución eléctrica en el Perú	Objetivo N°3 Desarrollar los recursos energéticos distribuidos (DERs) y servicios complementarios en la distribución eléctrica	Objetivo N° 4 Modernizar y digitalizar las redes de distribución eléctrica del Perú	Objetivo N° 5 Desarrollar el talento humano y gestión del conocimiento para habilitar la REI	Objetivo N° 6 Desarrollar la gestión de la oferta-demanda de la distribución en el Perú
LÍNEAS DE ACCIÓN POR OBJETIVOS					
1.1. Aplicación de tarifas flexibles	2.1. Rediseño de procesos de las Empresas Distribuidoras Eléctricas (EDE)	3.1. Desarrollo de servicios complementarios	4.1. Establecimiento de un modelo arquitectural de referencia para la modernización de la red	5.1. Respaldo a nuevas empresas, productos y servicios que surgen de las REI	6.1. Planificación de la red utilizando datos de las REI
1.2. Participación del cliente en el sistema y su empoderamiento	2.2. Rediseño del mercado y nuevos modelos de negocios.	3.2. Integración en el planeamiento energético nacional	4.2. Desarrollo de una arquitectura de referencia de Tecnología de Información (TI) y las comunicaciones	5.2. Identificación y desarrollo de competencias de las REI en las EDEs en coordinación con la academia y los colegios profesionales	6.2. Promoción de la operación de la red usando datos en tiempo real
1.3. Fomento de la adopción de tecnologías REI en la Distribución	2.3. Desarrollo de nuevos modelos de financiamiento 2.4. Rediseño de tarifas en la distribución	3.3. Rediseño de la planificación eléctrica en la Distribución	4.3. Desarrollo de la interoperabilidad y ciberseguridad		6.3. Desarrollo del acceso al flujo de información y la gestión de activos a través de toda la cadena de valor
LÍNEAS DE ACCIÓN TRANSVERSALES					
Desarrollo del marco normativo, legal y regulatorio			Despliegue de nuevas tecnologías para el uso eficiente de los DERs.		

Fuente: Hoja de Ruta de Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grids) en la Distribución 2023-2030, Ministerio de Energía y Minas, 2023.

Las Redes Eléctricas Inteligentes representan para las Empresas de Distribución Eléctrica (EDE) una serie de oportunidades y desafíos para enfrentar en su proceso de transformación digital. Para ello deben identificar y evaluar las ventajas y desventajas de cada una de las opciones de innovación tecnológica que estén a su disposición, así como su capacidad de absorción de conocimiento de acuerdo con su situación real y necesidades, contexto de aplicación y competencias de desarrollo, de tal manera que se puedan aprovechar apropiadamente las funcionalidades de las nuevas tecnologías o soluciones implementadas, y que estas funcionalidades se traduzcan en beneficios, en especial para los clientes del servicio³.

En este contexto, uno de los principales retos a los que se enfrentan las empresas al momento de adoptar nuevas tecnologías es el alcanzar una visión integral de su aplicación en la operación y gestión del sistema, de tal manera que logre obtener todos sus beneficios, así como llegar a los niveles de penetración y escalamiento deseados. La principal herramienta para abordar estos desafíos son las Hojas de Ruta, cuyo objetivo es lograr una transformación ordenada y enmarcada tanto en el contexto normativo y regulatorio aplicable, así como en las necesidades y condiciones propias de cada EDE.

En este documento se presentan las principales contribuciones y relación entre los proyectos PITEC/MCS y los objetivos de las *Hojas de Ruta para la transformación hacia la Smart Grid* de las EDEs, desarrolladas, como parte del proyecto Distribución Eléctrica 4.0, a partir de la aplicación del Smart Grid Maturity Model⁴ (SGMM).

En ese sentido, el objetivo de este boletín es mostrar cómo los diferentes proyectos piloto y conceptos de escalamientos desarrollados con las empresas ELOR, HIDRANDINA y SEAL contribuyen en cada uno de los ocho dominios establecidos en el SGMM. De esta manera, se puede apreciar cómo a partir de la ejecución de un piloto, por ejemplo de automatización de la red primaria, la empresa puede identificar necesidades de formación y desarrollo de capacidades de sus recursos humanos, optimizar la gestión de la fuerza laboral en campo, reducir los tiempos de atención de las fallas, identificar requerimientos de interoperabilidad y ciberseguridad, etc.; lo cual resulta clave, dado que los pilotos, además de servir como herramienta para la evaluación de tecnologías, deben ser concebidos para apoyar el proceso de generación de conocimiento estratégico que apoye la planificación y futura implementación de los procesos de despliegue de las tecnologías Smart Grid.

3. *Smart Grid in Distribution Networks – Roadmap Development and Implementation*, International Energy Agency (IEA), 2015.

4. Modelo de Madurez en Redes Inteligentes.

2. INCENTIVOS A LA INNOVACION TECNOLÓGICA Y LA MEJORA DE CALIDAD DE SERVICIO

Dadas las restricciones que enfrentan las EDEs para invertir en proyectos de innovación tecnológica y/o eficiencia energética en los sistemas de distribución eléctrica, en el año 2015, a través del Decreto Legislativo 1221, se introdujeron modificaciones en diversos artículos de la LCE, particularmente los vinculados a la determinación del Valor Agregado de Distribución (VAD).

Dichos cambios permitieron establecer una regulación particular para promover este tipo de iniciativas a través de cargos adicionales al VAD. De esta manera, quedó establecido que los recursos para promover proyectos de innovación tecnológica y eficiencia energética en los sistemas de distribución serían acotados al 1% de los ingresos anuales registrados por cada EDE en el año anterior al proceso de fijación del VAD. Asimismo, también se estableció incentivos a la inversión –hasta por el 5% del VAD en media tensión– para mejorar la calidad de servicio eléctrico, principalmente, la calidad de suministro; en cuanto el proyecto propuesto por la EDE cumpla con atender con los niveles de calidad a los cuales se ha comprometido. Por último, se consideró incorporar un plan gradual de reemplazo a sistemas de medición inteligente (SMI) empezando con el despliegue de pruebas piloto. El marco regulatorio define este tipo de proyectos de la siguiente manera⁵:



Mejora de la calidad de suministro (MCS): Comprende aquellos proyectos orientados a mejorar la calidad de suministro (interrupciones) de Media Tensión (MT). Los indicadores utilizados para el reporte y control de la calidad de suministro son el SAIDI y el SAIFI. Como proyectos de referencia catalogados como MCS se tienen:

- Conexión a tierra del neutro MT.
- Instalación de equipamiento de re-cierre y seccionalización automáticos.
- Análisis de la coordinación de los sistemas de protección existentes y/o ajuste o adecuación de estos.
- Aplicación de sistemas de indicación de la ubicación de las fallas.
- Aplicación de técnicas de trabajo con tensión en MT.
- Análisis y adecuación de los sistemas de protección contra sobretensiones.

5. Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del VAD 2022-2026 y 2023-2027, Gerencia de Regulación de Tarifas División de Distribución Eléctrica OSINERGMIN, 2022.



Proyectos de innovación tecnológica y/o eficiencia energética (PITEC):

Comprende aquellos proyectos en innovación tecnológica y/o eficiencia energética que contribuyan a la mejora de la eficiencia, la seguridad y/o la calidad del servicio prestado en los sistemas de distribución eléctrica. Los proyectos pueden comprender la incorporación de nuevas tecnologías en sus sistemas eléctricos, que permitan entre otras ventajas:

- Optimizar la operación del sistema.
- Reducir costos de operación y mantenimiento.
- Mejorar la eficiencia energética.
- Mejorar el aprovechamiento de las redes e instalaciones.
- Obtener la mejora de los sistemas de gestión y cómputo, telecomunicaciones, sistemas de transporte, investigación (realización de pruebas piloto) para la adaptación e incorporación de nuevas tecnologías para la mejora de la prestación del servicio y atención de los clientes, etc.



Sistemas de Medición Inteligente (SMI): Sistemas de medición conformados por una infraestructura de comunicaciones, concentradores de datos, medidores inteligentes y sistemas de recolección, almacenamiento y gestión de datos, que en conjunto permiten:

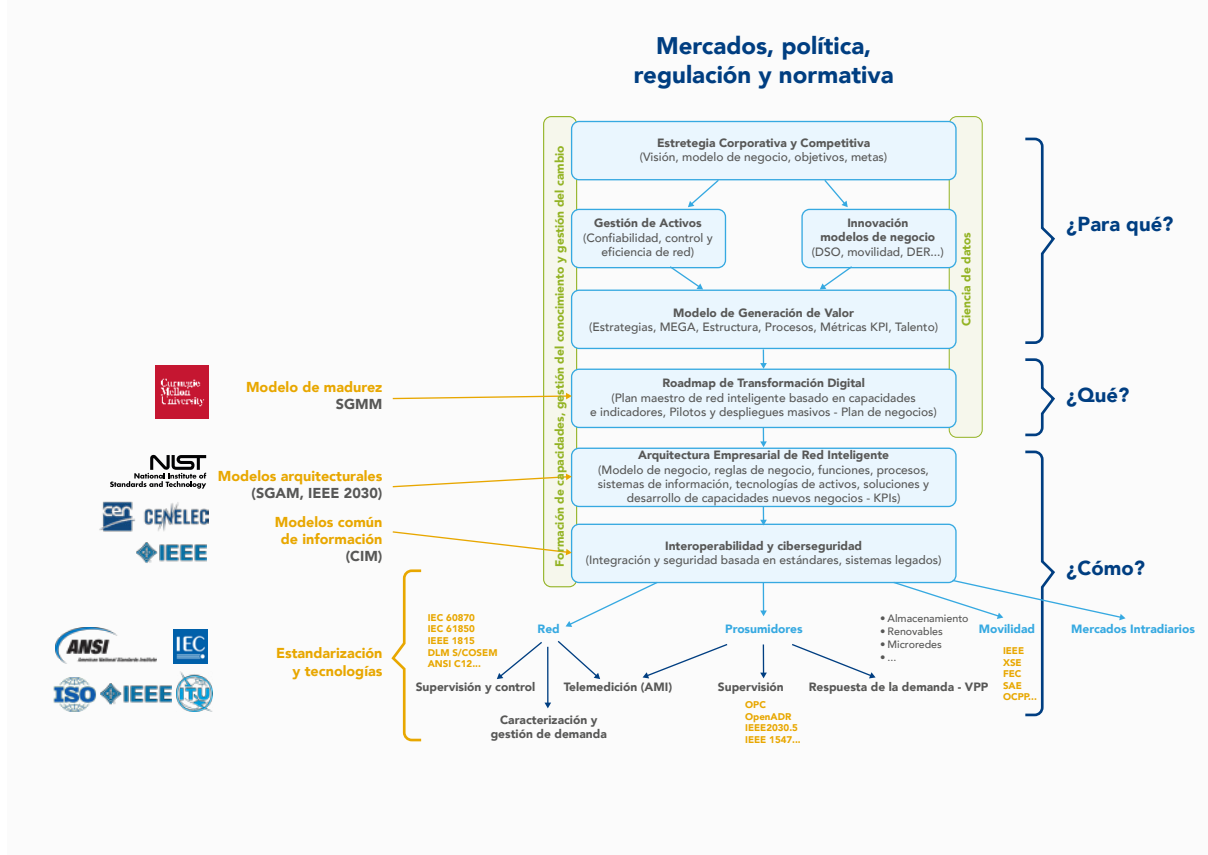
- Registrar, de forma detallada, el consumo eléctrico con una frecuencia establecida.
- Gestionar de forma remota y automatizada los equipos de medición.
- Gestionar la demanda, cortes y reconexiones de los equipos de medición y el registro continuo de los parámetros eléctricos.

3

MODELO DE MADUREZ Y HOJAS DE RUTA PARA TRANSFORMACIÓN HACIA LAS SMART GRID DE LAS EDE

Para abordar la complejidad de la transformación de las redes eléctricas, se han desarrollado diversas herramientas que estructuran el pensamiento holístico de la red inteligente y facilitan una planificación integral del cambio, las cuales se articulan tal como se ilustra en la Figura 2. Los mercados, la política, la regulación y la normativa además de impulsar la transformación definen las metas y orientan los objetivos de la nueva red eléctrica.

Figura 2. Herramientas para el desarrollo de las Redes Eléctricas Inteligentes.



Fuente: Visión, estrategia y lineamientos para la transformación digital de las empresas de distribución eléctrica del Perú. Proyecto Distribución Eléctrica 4.0, 2022.

A nivel de empresa, el “para qué” de la transformación se responde a través de la construcción de la estrategia corporativa y competitiva, que promueve la gestión inteligente de activos y la creación de nuevos modelos de negocio. Con este sustento y la observación del estado de la técnica, se aplica el SGMM para construir de manera colaborativa entre todos los interesados y áreas de EDE involucradas el mapa de ruta de la transformación digital. Para la realización de las iniciativas y proyectos que surgen de este mapa, se plantea la arquitectura empresarial de la red inteligente a partir de los modelos arquitecturales, tales como SGAM e IEEE 2030. La construcción de soluciones interoperables y ciberseguras se fundamenta en la aplicación del modelo común de información CIM y de diferentes estándares y tecnologías que proveen instituciones y organismos de normalización, tales como NIST, IEC, CENELEC, ANSI, ISO, IEEE e ITU, entre otras.

El modelo de madurez⁶ SGMM es una herramienta implementada por el Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie Mellon. Este modelo permite la estimación de las capacidades, desarrollos y avances en los diferentes procesos

6. De manera general, un modelo de madurez es un conjunto de niveles estructurados que describen qué tan bien los comportamientos, prácticas y procesos de una organización pueden de una forma confiable y sostenible producir unos resultados deseados.

funcionales de las empresas del sector eléctrico y proporciona un marco de referencia para entender el estado actual de los desarrollos Smart Grid y los retos que implica la modernización de la red eléctrica. Por otro lado, ayuda a identificar y solucionar brechas entre la planeación y la ejecución de iniciativas y proyectos en torno a la Smart Grid. Además, proporciona un marco para comprender el alcance actual del despliegue y la capacidad de la red inteligente dentro de una EDE, lo que posibilita la definición de objetivos estratégicos y planes de implementación para la modernización de la red, a la vez que provee un medio para evaluar el progreso hacia la consecución de los objetivos que se establezcan.

El SGMM se compone de ocho (8) dominios y cinco (5) niveles de madurez definidos (inicialización, habilitación, integración, optimización y liderazgo). Los dominios representan un conjunto de capacidades y características estratégicas relacionadas con Smart Grid (Figura 3) y son: Estrategia, Gestión y Regulación (SMR), Estructura y Organización (OS), Operaciones de Red (GO), Gestión Activos y Trabajo (WAM), Tecnología (TECH), Clientes (CUST), Integración en la Cadena de Valor (VCI) y Sociedad y Medioambiente (SE).

Figura 3. Dominios y características estratégicas SGMM.

SMR Strategy, Management & Regulatory	Visión, planificación, gobierno, colaboración de actores.	TECH Technology	Arquitectura TI, estándares, infraestructura, herramientas de integración.
OS Organization & Structure	Cultura, estructura, capacitación, comunicación, gestión del conocimiento.	CUST Customer	Tarificación, experiencia y participación de clientes, servicios avanzados.
GO Grid Operations	Confiabilidad, Eficiencia, Seguridad, Observabilidad, Control.	VCI Value Chain Integration	Gestión, oferta y demanda, nuevas oportunidades de mercado.
WAM Work & Asset Management	Monitoreo, seguimiento y mantenimiento de activos, gestión fuerza de trabajo.	SE Societal & Environmental	Responsabilidad S&A, sostenibilidad, infraestructura crítica, eficiencia S&A.

Fuente: SGMM Model Definition, Carnegie Mellon Software Engineering Institute, 2011.

En síntesis, el SGMM es un instrumento de gestión para orientar, evaluar y proyectarse hacia una transformación de una red inteligente, que ayuda a crear un Mapa u Hoja de Ruta claro, con etapas y opciones. La definición de una Hoja de Ruta permite articular la estrategia de negocio con la generación de valor y la arquitectura tecnológica (empresarial), aprovechando las capacidades actuales de las organizaciones y generando nuevas capacidades para la innovación en el modelo de negocio; así mismo permite a las empresas desarrollar una visión compartida, dar prioridad a sus opciones y apoyar la toma de decisiones, y medir sus progresos con relación a una transformación Smart Grid.

En el marco del proyecto Distribución Eléctrica 4.0, la herramienta SGMM se aplicó a tres EDEs del país y a partir de los resultados obtenidos se propuso para cada una de ellas una *Hoja de Ruta para la transición hacia las Redes Eléctricas Inteligentes* (Figura 4) con el objetivo de servir como base y guía para la transformación digital de la red de distribución y su gestión.

Figura 4. Hojas de Ruta para la transición hacia la Smart Grid en las EDEs.



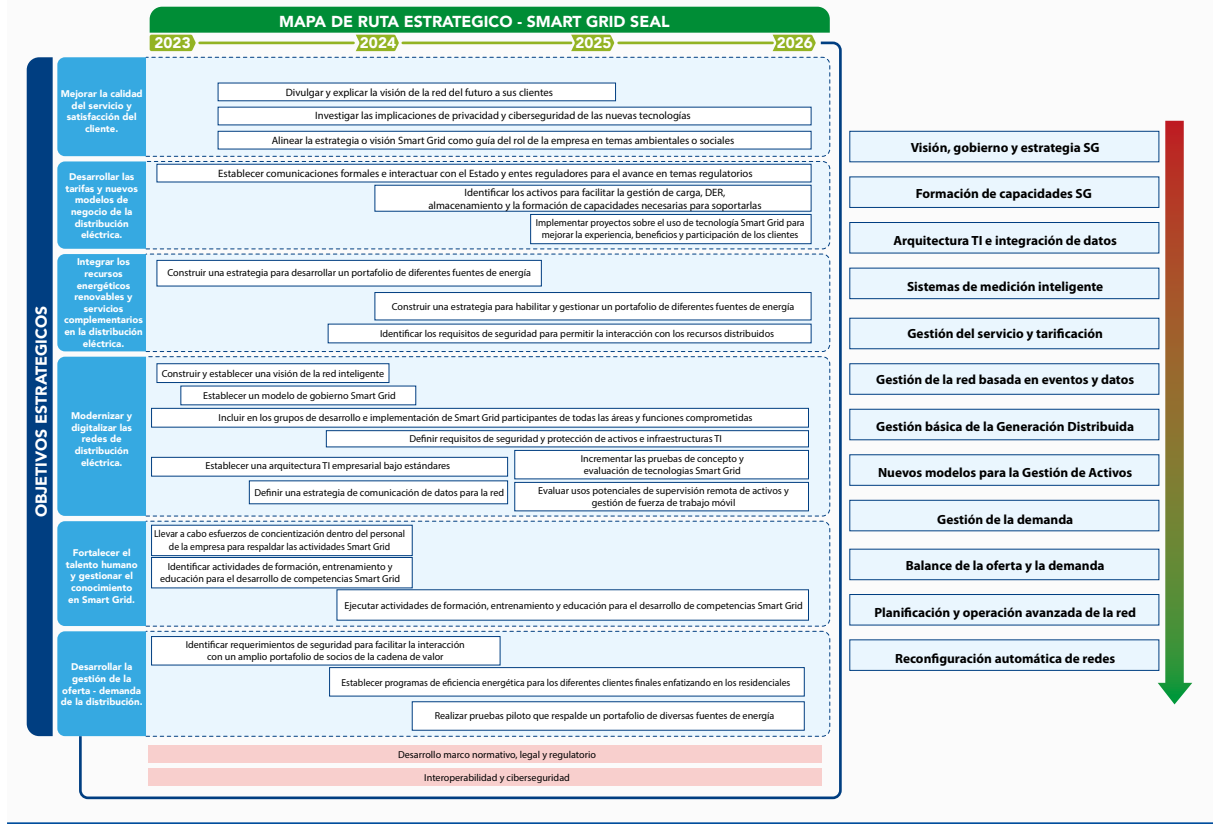
Fuente: Elaboración propia.

Las Hojas de Ruta desarrolladas tienen como propósito ayudar a las EDEs a responder a las siguientes preguntas, contextualizadas en las características y necesidades propias de cada empresa:

- ¿Qué tecnologías implementar?
- ¿Qué beneficios se puede obtener?
- ¿Cómo maximizar la generación de valor?
- ¿Qué hacer y en qué orden de prioridad?
- ¿Cómo lograr la sinergia tecnológica y de procesos?
- ¿Cómo medir los progresos?
- ¿Cuáles son los sistemas para evaluar?
- ¿Cómo realizar la gestión eficiente de los datos y la información?
- ¿Qué consideraciones en seguridad, interoperabilidad y estandarización se deben tener en cuenta?
- ¿Qué capacidades de innovación emergen?

De igual manera las principales acciones y lineamientos descritos en la Hoja de Ruta para cada uno de los dominios y características evaluadas en cada una de las EDEs, se alinearon con los objetivos estratégicos de la Hoja de Ruta para el sector distribución definida por el MINEM, tal como se ilustra en la Figura 5 para el caso de SEAL.

Figura 5. Hoja de Ruta SEAL – Alineación de Acciones y Objetivos Estratégicos Smart Grid del sector distribución a nivel país.



Fuente: Elaboración propia.

4 TECNOLOGÍAS SMART GRID DESDE LA PERSPECTIVA DEL MODELO DE MADUREZ Y LAS HOJAS DE RUTA SMART GRID DE LAS EDE

Debido a la evolución y tendencias de digitalización y descentralización del sector eléctrico, la gestión de la red eléctrica enfrenta hoy en día varios desafíos que obligan a cambiar significativamente la forma en que operan los actores que la componen, en particular, aquellos involucrados en el dominio de distribución. Estos cambios y su combinación contribuyen a transformar en profundidad a los operadores del sistema; impactando su modelo y sus procesos de negocio. En el mismo sentido, la integración de un número creciente de dispositivos electrónicos inteligentes, aplicaciones e intercambios de información entre múltiples actores de la red inteligente,

ha evidenciado la necesidad de contar con arquitecturas de red capaces de integrarse e intercambiar información de manera casi transparente. Esto implica el uso de protocolos de intercambio estandarizados y modelos comunes de datos, de tal manera que se garantice la interoperabilidad entre los diferentes dispositivos.

Existen múltiples y variadas tecnologías de red inteligente que se utilizan en diversos dominios del sistema eléctrico, desde la generación, transmisión y distribución hasta el usuario final. Algunas de estas tecnologías han sido desplegadas y se consideran maduras, mientras que algunas otras se encuentran en proceso de desarrollo, demostración y aplicación. En la Tabla 2 se describen las principales tecnologías Smart Grid utilizadas en los dominios de distribución y cliente, concebidas con el objetivo de alcanzar la estabilidad, confiabilidad y seguridad del sistema.

Tabla 2. Catálogo de tecnologías Smart Grid

Tecnología	Descripción
EFICIENCIA ENERGÉTICA	La adopción de esquemas de uso eficiente de la energía dentro de las matrices energéticas permite aumentar los niveles de competitividad, minimizar el consumo, crear nuevas fuentes y nichos de actuación industrial y comercial, así como reducir la huella de carbono en pro de la conservación del medio ambiente.
TARIFICACIÓN AVANZADA E INCENTIVOS	Los esquemas de tarificación avanzada de la electricidad se refieren a una amplia gama de enfoques y programas de tarificación que intentan que los precios al consumidor reflejen con mayor precisión los costos de producción en tiempo real, de modo que se pueda influenciar a los clientes para que desplacen el consumo hacia los momentos en los que la electricidad es más barata.
GENERACIÓN DISTRIBUIDA	El concepto de generación distribuida se define como el uso de forma integrada o segregada de tecnologías de generación o almacenamiento de energía eléctrica. ubicadas dentro del área de concesión de una empresa de distribución y de manera próxima a las unidades de consumo, detrás del medidor (<i>behind-the-meter</i>).
GESTIÓN DE LA DEMANDA	El concepto de gestión de lado de la demanda (<i>Demand Side Management–DSM</i>) hace referencia a las distintas medidas y acciones planificadas e implementadas por las empresas de energía para influir en los patrones y niveles de consumo de energía de sus clientes. La respuesta de la demanda se incluye normalmente como parte de los programas DSM gracias al potencial que brinda para ayudar a que la red eléctrica sea mucho más eficiente y equilibrada, permitiendo a los clientes comerciales e industriales, a través de incentivos o tarifas, reducir sus picos de demanda de electricidad, a cambiar el período de tiempo en el que utilizan su electricidad y/o a priorizar la forma en que utilizan la electricidad.
ALUMBRADO PÚBLICO INTELIGENTE	Los sistemas de alumbrado público inteligente están enmarcados dentro de los conceptos de redes y ciudades inteligentes. Se han desarrollado con el objetivo de reducir los costos de la energía originados por el alumbrado público. A través del uso de sensores y dispositivos el sistema permite hacer una gestión y control a las luminarias. La información recolectada también permite identificar luminarias con falla y consumos de energía anormales, reduciendo pérdidas y mejorando la eficiencia de la prestación del servicio.
SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTE - SMI	Los sistemas SMI corresponde a la infraestructura de medición que permite el intercambio de información bidireccional entre el medidor de energía y la EDE. La infraestructura para la gestión está compuesta por medidores, concentradores y sistemas de información (<i>Head End Systems</i>), que interactúan sobre diferentes redes de comunicación, soportadas sobre diversos medios como radiofrecuencia y línea de potencia. A nivel de usuario, el SMI brinda a los clientes información detallada sobre su consumo de energía y facilita los medios para realizar una gestión más eficiente y económica del servicio.

Tecnología	Descripción
AUTOMATIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN AVANZADA - ADA	La automatización de la distribución, incluyendo las redes de baja tensión, es una de las tecnologías base de las redes inteligentes, dado que permite habilitar la funcionalidad plena de la red gracias a los esquemas de funcionamiento automático de interruptores, reconectores y condensadores, incluyendo también la operación de las subestaciones. El objetivo de la automatización es que la inteligencia de la red se extienda de las subestaciones y de los SMI en los puntos de consumo, a todos los elementos entre ellos; es decir, a lo largo de toda la red de distribución, incluyendo las redes de baja tensión.
SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA	Los sistemas de gestión de energía, en especial los utilizados en gestión de hogares y edificios, están comúnmente conformados por una red de sensores, dispositivos de control (por ejemplo, de iluminación o aire acondicionado) y un punto de acceso que les permite la comunicación ya sea con sistemas de información externos a la instalación o con la red de sensores internos.
ALMACENAMIENTO	Se refieren a dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica conectados a la red que pueden almacenar la energía eléctrica recibida de la red (carga) u otro tipo de fuente, y entregar la energía almacenada a la red (descarga) cuando sea necesario. Gracias a los sistemas de almacenamiento de energía es posible aprovechar todo el potencial de las energías renovables, en especial aquellas en las que el nivel de generación es intermitente, mejorando su utilización y control como DERs.
MICRORREDES	Las microrredes son redes eléctricas locales autónomas que tienen una o más unidades de generación que alimentan las cargas locales (consumidores individuales dentro de un edificio, conjuntos de edificios o comunidades) a través de una red pequeña. La red generalmente es de baja a media tensión (1,000 V o menos) con nodos limitados que conectan DERs. Este conjunto de consumidores y fuentes de generación conforman una red eléctrica pequeña e independiente. Los consumidores pueden recibir su suministro de energía de la red eléctrica, así como de las fuentes de energía en la microrred.
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	Los vehículos eléctricos pueden comportarse como una carga, una fuente de generación o un dispositivo de almacenamiento. La gestión de carga de los vehículos eléctricos debe estar integrada a la operación del sistema de gestión de distribución de la EDE, de tal manera que se pueda administrar el tiempo y las tasas de carga de los vehículos eléctricos, la recopilación de los datos de medidores y su gestión como recursos de respuesta a la demanda. La integración se puede realizar a través de la automatización de la distribución sobre las estaciones de carga, con lo que se puede reducir, por ejemplo, los impactos de la carga de los vehículos eléctricos en los picos de demanda máxima.
AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES	Los escenarios de penetración a gran escala de los DERs y su naturaleza de dispersión en las redes de media y baja tensión generan un nuevo contexto operativo en donde se pueden presentar situaciones que alteran la estabilidad de la red, tales como desequilibrios de tensión, armónicos y <i>flickers</i> (parpadeos). Garantizar una integración efectiva a la red de distribución de estos recursos requiere de una planificación detallada del sistema y el uso de nuevas estrategias de operación. Aumentar la inteligencia de las subestaciones de la red de distribución a través de la automatización es uno de los pasos más importantes para atender esta problemática, de tal manera que se complementen con las demás acciones implementadas en el marco de la automatización de la red de distribución.
PROTECCIONES ADAPTATIVAS	Con la integración de los DERs a la red de distribución, las redes eléctricas pasan a considerarse activas y las protecciones convencionales resultan ser inadecuadas. Esta es una de las principales razones que ha evidenciado la necesidad de diseñar equipos y protecciones más inteligentes, que actúen y se adapten al estado dinámico de la red en la que operan y con capacidad de comunicarse con otros equipos y dispositivos. El término protección adaptativa se refiere a la habilidad del sistema de protección para alterar automáticamente sus parámetros de operación en respuesta a las condiciones cambiantes de la red, tratando de mantener un funcionamiento óptimo.

Fuente: Catálogo de Tecnologías y Estándares desde la perspectiva del Modelo Arquitectural Smart Grid (SGAM), Proyecto Distribución Eléctrica 4.0, 2022.

Además, dado el alto grado de integración entre las tecnologías de la información y las tecnologías de operación, como parte de cualquier despliegue Smart Grid es recomendable tener en cuenta tres aspectos fundamentales, los cuales están orientados a obtener soluciones fácilmente integrables, escalables y seguras:



Interoperabilidad: la interoperabilidad se define como la habilidad de dos o más componentes del sistema de intercambiar información y de utilizar la información intercambiada para el propósito para el que está diseñado el componente. La interoperabilidad reduce los costos de instalación e integración, acelera la implementación y proporciona la escalabilidad y flexibilidad necesaria para que el sistema pueda evolucionar.

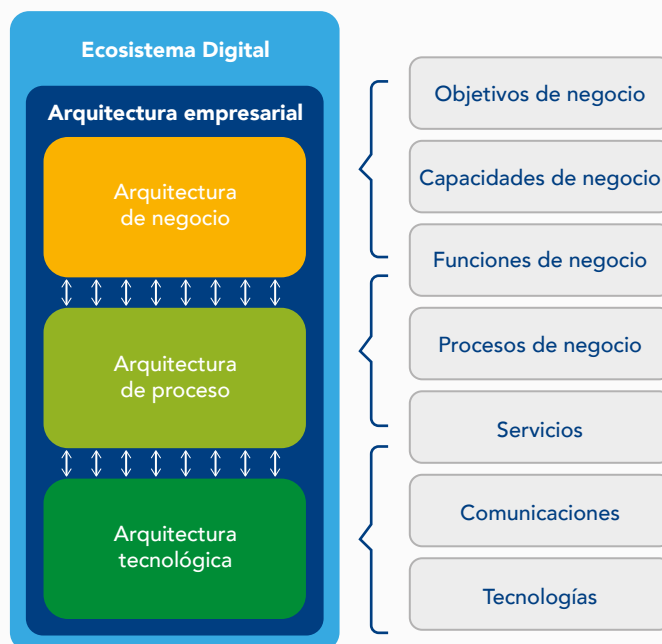


Ciberseguridad: la ciberseguridad debe garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los sistemas electrónicos de comunicación, de información y los sistemas de control necesarios para la gestión, operación y protección de las infraestructuras de la red (activos), tecnologías de la información y telecomunicaciones. En este sentido la ciberseguridad está enfocada en la protección de personas, datos e información, aplicaciones y procesos, redes de comunicación y dispositivos y la infraestructura física.



Comunicaciones: la infraestructura de comunicación que soporta la operación de las diversas aplicaciones y tecnologías desplegadas en la red de distribución debe cumplir con los requisitos de confiabilidad, calidad y seguridad adecuados para soportar su correcta operación. La infraestructura puede estar conformada por diversas redes, tales como las redes NAN (Neighborhood Area Network) y FAN (Field Area Network), que permiten la comunicación y agregación de datos de los dispositivos en campo y la red WAN (Wide Area Network), que es la encargada de soportar el intercambio de datos con los centros de control o sistemas de información empresariales.

Dentro del concepto de arquitectura empresarial (Figura 6) las tecnologías Smart Grid identificadas hacen parte del nivel de *arquitectura tecnológica*. La arquitectura empresarial representa una visión integral de la organización en términos de sus principales componentes, desde capacidades, modelos de negocio, procesos, tecnología, recurso humano y su relación con el entorno.

Figura 6. Arquitectura empresarial y sus componentes.

Fuente: Curso Fundamentos de la Transformación Digital de las Redes Eléctricas. Proyecto Distribución Eléctrica 4.0, 2021.

La arquitectura tecnológica le proporciona a la organización una amplia variedad de recursos para poder llevar a cabo sus operaciones, al mismo tiempo que le permite desarrollar y potenciar las capacidades identificadas mediante la arquitectura de negocio. Los canales físicos y virtuales, los activos tangibles, las redes, las fuentes de datos, entre otros, forman parte de este complejo y esencial componente. Debido a esto las tecnologías Smart Grid trascienden a todos los dominios evaluados por el SGMM y no se encuentran limitadas únicamente a los dominios de Tecnología (TECH) y Operaciones de Red (GO).

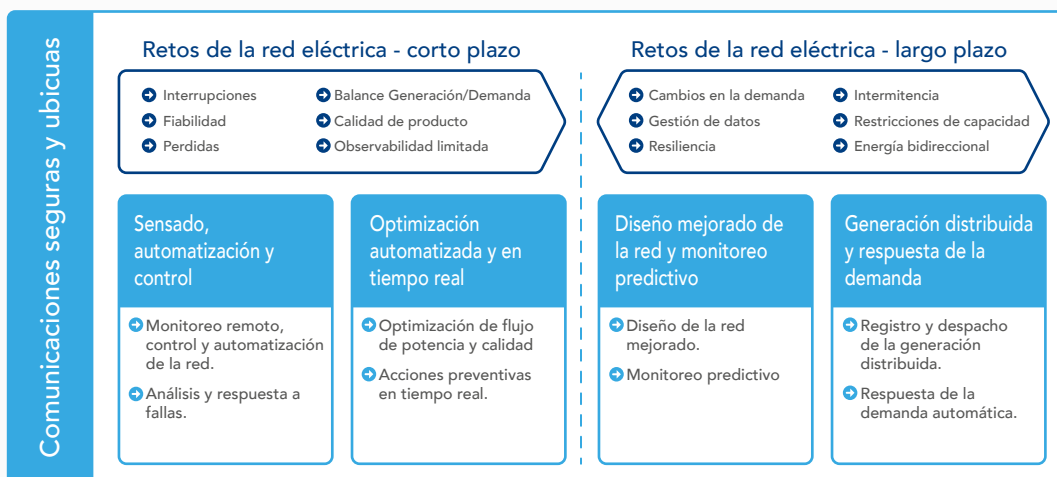
En la Figura 7 se presenta la relevancia de las principales tecnologías, analizadas en cada uno de los dominios evaluados por el SGMM y según los diferentes horizontes de tiempo considerados.

5

CONTRIBUCIONES DE LOS PROYECTOS PITEC Y MCS EN EL CONTEXTO DE LAS HOJAS DE RUTA SMART GRID DE LAS EDE

Para el sector eléctrico y particularmente para el dominio de la distribución, la digitalización abre nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y resiliencia de las redes eléctricas, utilizando sistemas de datos para alcanzar nuevos niveles de observabilidad, control y automatización de la red, así como aprovechando las capacidades de comunicación entre dispositivos habilitadas por las infraestructuras TIC (Figura 8).

Figura 8. Soluciones digitales para abordar los retos de la red eléctrica.



Fuente: **Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies, International Energy Agency IEA, 2023.**

En el contexto de los proyectos PITEC y MCS son de especial relevancia las tecnologías relacionadas con:




- **La integración TIC y TO:** ya que permite mejorar y hacer más eficientes los procesos de operación y mantenimiento de la red de distribución, así como todos aquellos relacionados con la prestación del servicio (facturación, atención al cliente, prepago, entre otros).
- **Gestión de la red de distribución:** debido a que permite conocer el estado de la red de distribución a partir de la información generada por el monitoreo, e implementar una gestión de los activos que la componen basada en datos.

- **Infraestructura de Medición Avanzada:** gracias a los datos obtenidos del sensado de la red de distribución en baja tensión habilitado por los medidores inteligentes, es posible realizar una planeación más eficiente del sistema, su expansión, operación y mantenimiento.

Bajo esta perspectiva y como parte del proyecto Distribución Eléctrica 4.0, se concibieron una serie de proyectos PITEC/MCS con el objetivo de impulsar en las empresas de distribución ELOR, HIDRANDINA y SEAL la adopción o escalamiento de tecnologías Smart Grid. Adicionalmente las tres EDEs vienen ejecutando proyectos piloto SMI (para el 1% de sus clientes) aprobados en el proceso tarifario 2019-2023.

Los proyectos propuestos tienen como propósito atender oportunidades de mejora o solucionar problemas identificados y enfocados en la prestación del servicio de distribución eléctrica; el objetivo de cada proyecto y los beneficios esperados se resumen en la Tabla 3. Se desarrollaron propuestas tanto para proyectos piloto, que permitieran a las EDEs evaluar las funcionalidades y beneficios de nuevas tecnologías, así como escalamientos, orientados a aumentar el despliegue de soluciones cuyas funcionalidades se han comprobado y han generado beneficios.

Tabla 3. Proyectos MCS y PITEC propuestos – Tecnologías Smart Grid

Mejora de la Calidad de Suministro (MCS)			
Tipo de proyecto	Objetivo	Beneficios esperados	EDEs
<p>Automatización de red primaria para mejora de calidad de suministro</p> <p>Piloto y escalamiento</p>	<p>Reducir los índices de SAIDI y SAIFI en el Sistema de Distribución mediante la implementación de dispositivos telegestionados de seccionamiento y maniobra en la red de MT.</p>	<p>El principal beneficio esperado por la ejecución del proyecto es una mejora en los indicadores de SAIDI y SAIFI de los alimentadores intervenidos. Adicionalmente se espera reducir el impacto que tienen los bajos niveles de calidad de suministro en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de ingreso por la no venta de energía. • Penalizaciones. • Costos por pérdidas sufridas por los clientes • Pérdida de confianza de los clientes. 	 
<p>Instalación de Detectores de Paso de Falla (DPF) para redes de MT</p> <p>Escalamiento</p>	<p>Reducir los índices de SAIDI en los alimentadores seleccionados del Sistema de Distribución, mediante la implementación de un sistema de localización oportuna de fallas en redes de MT basado en DPF's.</p>	<p>El principal beneficio esperado es una mejora en el indicador de SAIDI de los alimentadores seleccionados. Adicionalmente se espera reducir el impacto que tienen los bajos niveles de calidad de suministro en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de ingreso por la no venta de energía. • Penalizaciones. • Costos por pérdidas sufridas por los clientes. • Pérdida de confianza de los clientes. 	

Proyectos de Innovación Tecnológica y/o Eficiencia Energética (PITEC)			
Proyecto	Objetivo	Beneficios esperados	EDEs
<p>Sistema de Telegestión de Alumbrado Público</p> <p>Piloto y escalamiento</p>	<p>Implementar un Sistema de telegestión de alumbrado público para el control de las luminarias LED.</p>	<p>El principal beneficio esperado es la reducción del consumo de energía del sistema de alumbrado público intervenido. Así mismo se espera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir el nivel de pérdidas técnicas. • Aumentar la disponibilidad operativa del sistema • Reducir los costos de mantenimiento anual • Mejorar los índices de seguridad en el área intervenida. 	 Electro Oriente  Hidrandina
<p>Proyecto de monitoreo de estado (salud) de Subestaciones de Distribución (SED) utilizando teledatada de Totalizadores</p> <p>Piloto</p>	<p>Reducir la tasa de falla de transformadores y tableros de las SED en los alimentadores seleccionados debido a condiciones de operación anormales y envejecimiento prematuro, mediante la implementación de tecnologías de gestión de activos y monitoreo en la red de baja tensión.</p>	<p>El principal beneficio esperado es una reducción las tasas de falla de los transformadores y tableros de distribución que pertenecen a los alimentadores impactados. Adicionalmente se espera reducir el impacto que tienen los bajos niveles de calidad de suministro en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de ingreso por la no venta de energía. • Penalizaciones. • Costos por pérdidas sufridas por los clientes • Pérdida de confianza de los clientes. 	 Hidrandina  SEAL <small>Dracemos con Energía</small>

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de adopción de tecnologías Smart Grid generalmente inicia con la ejecución de pilotos. Los pilotos son proyectos a pequeña escala utilizados para evaluar la viabilidad, duración, costo, desempeño, confiabilidad, funcionalidades y aceptación previo a un despliegue a gran escala, por ejemplo, de nuevas tecnologías o servicios. Los pilotos, además de utilizarse como herramienta para la evaluación de tecnologías, ayudan a obtener un conocimiento estratégico a partir de las lecciones aprendidas, que brindan las herramientas para lograr una planeación e implementación adecuada de los escalamientos.

Tanto las pruebas piloto como los escalamientos de tecnologías deben estar orientados por los objetivos de hoja de ruta y/o el plan estratégico de la organización, de tal manera que su uso e impacto en la arquitectura tecnológica esté alineada con los objetivos de la arquitectura empresarial y los servicios y procesos de negocio. En la Tabla 4 y la Tabla 5 se presentan las contribuciones más relevantes que los proyectos PITEC y MCS propuestos pueden generar en el contexto de cada uno de los dominios del SGMM evaluados en la Hoja de Ruta hacia las Redes Eléctricas Inteligentes.

Tabla 4. Contribución de los proyectos MCS a la Hoja de Ruta Smart Grid – Dominios SGMM

Dominio SGMM	Mejora de la Calidad de Suministro (MCS)	
	Automatización de red primaria para mejora de calidad de suministro.	Instalación de Detectores de Paso de Falla (DPF) para redes de MT
SMR: Estrategia, gestión y regulación Visión, planificación, gobierno, colaboración de actores.	Identificación de impactos y beneficios de las tecnologías de automatización de la red primaria e identificación de oportunidades y estrategias de escalamiento.	Identificación de impactos y beneficios de las tecnologías de monitoreo de la red en media tensión e identificación de oportunidades y estrategias de escalamiento.
OS: Organización y estructura Cultura, estructura, capacitación, comunicación, gestión del conocimiento.	Identificación de necesidades de formación de capacidades para el aprovechamiento de las tecnologías de automatización de red primaria.	Identificación de necesidades de formación de capacidades para el aprovechamiento de las tecnologías de monitoreo de la red en media tensión.
GO: Operación de la red Confiabilidad, Eficiencia, Seguridad, Observabilidad, Control.	Aumento de la confiabilidad operativa de la red y mejora de calidad de servicio (reducción de SAIDI y SAIFI), aumento de la observabilidad de la red en media tensión y aumento de la capacidad de reconfiguración de la red gracias a la telegestión.	Aumento de la confiabilidad operativa de la red (reducción de SAIDI) y mejora de calidad de servicio, aumento de la observabilidad de la red en media tensión.
WAM: Gestión de activos y trabajo Monitoreo, seguimiento y mantenimiento de activos, gestión fuerza de trabajo.	Optimización de la gestión de la fuerza laboral en campo y reducción de los tiempos de mantenimiento y atención de fallos.	Optimización de la gestión de la fuerza laboral en campo y reducción de los tiempos de mantenimiento y atención de fallos.
TECH: Tecnología Arquitectura TI, estándares, infraestructura, herramientas de integración.	Identificación de restricciones y oportunidades de mejora de la infraestructura tecnológica y de comunicaciones para aplicaciones de automatización de la red de distribución, requerimientos de interoperabilidad de las soluciones y selección de estándares para facilitar las integraciones, requerimientos e identificación de riesgos de ciberseguridad de las soluciones.	Identificación de restricciones y oportunidades de mejora de la infraestructura tecnológica y de comunicaciones para aplicaciones de monitoreo de la red de distribución, requerimientos de interoperabilidad de las soluciones y selección de estándares para facilitar las integraciones, requerimientos e identificación de riesgos de ciberseguridad de las soluciones.
CUST: Cliente Tarifación, experiencia y participación de clientes, servicios avanzados.	Mejora de la satisfacción del cliente.	Mejora de la satisfacción del cliente.
VCI: Integración en la cadena de valor Gestión oferta y demanda, nuevas oportunidades de mercado.		
SE: Sociedad y medio ambiente Responsabilidad, sostenibilidad, infraestructura crítica, eficiencia.	Identificación e implementación de mecanismos de ciberseguridad adecuados para la protección de la infraestructura crítica.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Contribución de los proyectos PITEC a la Hoja de Ruta Smart Grid – Dominios SGMM

Dominio SGMM	Proyectos de Innovación Tecnológica y/o Eficiencia Energética (PITEC)	
	Sistema de Telegestión de Alumbrado Público.	Proyecto de monitoreo de estado (salud) de Subestaciones de Distribución utilizando telemida de Totalizadores.
SMR: Estrategia, gestión y regulación Visión, planificación, gobierno, colaboración de actores.		Identificación de impactos y beneficio de la gestión y análisis de datos en la operación de la red eléctrica e identificación de oportunidades y estrategias de escalamiento.
OS: Organización y estructura Cultura, estructura, capacitación, comunicación, gestión del conocimiento.		Identificación de necesidades de formación en ciencia de datos y reconocimiento de oportunidades de implementación de estrategias colaborativas e integración operativa para el aprovechamiento de los datos.
GO: Operación de la red Confiabilidad, Eficiencia, Seguridad, Observabilidad, Control.	Eficiencia en el mantenimiento y operación del sistema de alumbrado público, aumento de la confiabilidad operativa, conocimiento en tiempo real del estado de la infraestructura.	Aumento de la observabilidad de los activos (SEDs) en baja tensión, monitoreo de condiciones operativas e identificación de oportunidades de mejora para aumentar la confiabilidad de la red.
WAM: Gestión de activos y trabajo Monitoreo, seguimiento y mantenimiento de activos, gestión fuerza de trabajo.		Optimización de los planes de mantenimiento de activos.
TECH: Tecnología Arquitectura TI, estándares, infraestructura, herramientas de integración.	Identificación de restricciones y oportunidades de mejora de la infraestructura tecnológica y de comunicaciones para aplicaciones de Smart City, requerimientos de interoperabilidad de las soluciones, requerimientos e identificación de riesgos de ciberseguridad de las soluciones.	Identificación de necesidades de integración entre los diferentes sistemas de información para el aprovechamiento de los datos, estructuración de modelos de datos e información para facilitar la implementación de aplicaciones de ciencia de datos.
CUST: Cliente Tarifación, experiencia y participación de clientes, servicios avanzados.	Mejora de la satisfacción del cliente.	Mejora de la satisfacción del cliente y diagnóstico de la capacidad de la red para habilitar la introducción de esquemas de autogeneración y entrega de excedentes a la red.
VCI: Integración en la cadena de valor Gestión oferta y demanda, nuevas oportunidades de mercado.		Diagnóstico de la capacidad de la red para habilitar la introducción de DERs.
SE: Sociedad y medio ambiente Responsabilidad, sostenibilidad, infraestructura crítica, eficiencia.	Eficiencia energética gracias a la capacidad de dimerización y telegestión que se traducen en una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	Reducción de pérdidas técnicas que se traducen en una disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los proyectos MCS, se resalta que la implementación de proyectos piloto y escalamientos relacionados con la automatización y monitoreo de la red de distribución en media tensión contribuyen de manera significativa a los dominios GO y TECH, ayudando a las EDEs en determinar e implementar las necesidades de arquitectura (procesos y tecnologías TIC), integridad y seguridad para garantizar la correcta operación de las tecnologías y el aprovechamiento de sus funcionalidades, de tal manera que se obtengan los beneficios esperados.

Para el caso de los proyectos PITEC, se resalta que la implementación de los proyectos piloto en monitoreo basado en análisis de datos contribuyen de manera significativa a los dominios GO, TECH y WAM, optimizando el uso de los activos e identificando mecanismos para el aprovechamiento y explotación de los datos de la red, tanto para la operación como para el mantenimiento y planeación de la red; para el caso de los sistemas de telegestión de alumbrado público la contribución más importante se centra en dominio GO y TECH, gracias a las eficiencias operativas logradas a través del control y monitoreo de las luminarias y el aprovechamiento de las infraestructuras de comunicación disponibles para habilitar la telegestión.

En el mediano y largo plazo, el aprovechamiento y experiencia en el uso de las tecnologías propuestas permitirá a las EDEs identificar oportunidades de mejora y cambios en los procesos operativos, mejorar la planeación de la red, la estandarización de las tecnología y protocolos y determinar las capacidades, calidad y requerimientos mínimos que debe cumplir la infraestructura de comunicación para soportar el escalamiento de las soluciones implementadas.

Bibliografía

Carnegie Mellon Software Engineering Institute. (2011). SGMM Model Definition.

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, European SmartGrids Technology Platform. (2006). Vision and strategy for Europe's electricity networks of the future.

Gerencia de Regulación de Tarifas División de Distribución Eléctrica-OSINERGMIN. (2022). Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del VAD 2022-2026 y 2023-2027.

International Energy Agency IEA. (2015). Smart Grid in Distribution Networks – Roadmap Development and Implementation.

International Energy Agency IEA. (2023). Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies.

Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2023). Hoja de Ruta de Redes Eléctricas Inteligentes-Smart Grids- en la Distribución 2023-2030.

Proyecto Distribución Eléctrica 4.0. (2022). Catálogo de Tecnologías y Estándares desde la perspectiva del Modelo Arquitectural Smart Grid-SGAM.

Proyecto Distribución Eléctrica 4.0. (2021). Curso Fundamentos de la Transformación Digital de las Redes Eléctricas.

Proyecto Distribución Eléctrica 4.0. (2022). Visión, estrategia y lineamientos para la transformación digital de las empresas de distribución eléctrica del Perú.

AUTORIDADES ACTUALES DE ENERGÍA Y MINAS

OSCAR ELECTO VERA GARGUREVICH

Ministro de Energía y Minas

JAIME EULOGIO LUYO KUONG

Viceministro de Electricidad

JOSÉ NEIL MEZA SEGURA

Director General de Eficiencia Energética

EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0 A CARGO DE LA ELABORACIÓN DEL BOLETÍN

CARLOS CERVANTES

ANA MORENO

Cooperación alemana, implementada por la GIZ

Revisado por la DGEE/MINEM

Decimoseptima Edición - Lima - Agosto de 2023

Este boletín ha sido elaborado en el marco del PROYECTO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA 4.0 con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



PERÚ Ministerio
de Energía y Minas



Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH