

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“MODELAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA
PARA MEJORAR EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL ALIMENTADOR
CAUDIVILLA-51 DE ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA ELÉCTRICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE SISTEMAS DE
ENERGÍA ELÉCTRICA**

**AUTORES: NIMIA ANTUANÉ RAMOS LÁZARO
WIDMARD EDUARDO ESPINOZA RODRÍGUEZ
ASESOR: JESSICA ROSARIO MEZA ZAMATA**

Mg. Ing. Jessica Meza Zamata
Asesora de Tesis







LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**Callao, 2023
PERÚ**

Document Information

Analyzed document	TESIS_RAMOS LÁZARO_ ESPINOZA RODRIGUEZ.docx (D147666708)
Submitted	10/26/2022 10:43:00 AM
Submitted by	
Submitter email	naramosl@unac.edu.pe
Similarity	17%
Analysis address	fiie.posgrado.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	2Orobio Tyron CORRECCIÓN OBSERVACIONESTRIBUNAL dic 2021.docx Document 2Orobio Tyron CORRECCIÓN OBSERVACIONESTRIBUNAL dic 2021.docx (D123634032)		1
SA	5_INFORME DE TESIS de VAPH2.pdf Document 5_INFORME DE TESIS de VAPH2.pdf (D123781516)		1
SA	REDACCION_FINAL_PALLO_RUMIPAMBA.docx Document REDACCION_FINAL_PALLO_RUMIPAMBA.docx (D143405184)		2
SA	TESIS - PATRICIO STALIN BASTIDAS MOREIRA.docx Document TESIS - PATRICIO STALIN BASTIDAS MOREIRA.docx (D15288067)		2
W	URL: https://www.math.ucdavis.edu/~linear/linear-guest.pdf Fetched: 3/21/2020 5:02:05 PM		1
SA	Análisis multicriterio para la obtención de zonas óptimas para la implementación de celdas fotovoltaicas en la provincia de Tungurahua en la EEASA FINAL. (1).pdf Document Análisis multicriterio para la obtención de zonas óptimas para la implementación de celdas fotovoltaicas en la provincia de Tungurahua en la EEASA FINAL. (1).pdf (D137432328)		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO ESCUELA DE POSGRADO UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
 “MODELAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA PARA MEJORAR EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL ALIMENTADOR CAUDIVILLA-51 DE ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ”
 TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
 NIMIA ANTUANÉ RAMOS LÁZARO WIDMARD EDUARDO ESPINOZA RODRÍGUEZ
 Callao, 2022 PERÚ
 INFORMACIÓN BÁSICA - FACULTAD: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao.

INFORMACIÓN BÁSICA

- FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao.

- UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

- TÍTULO:

Modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para mejorar del servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú

- AUTOR (es):

- Nimia Antuané Ramos Lázaro (0000-0003-4287-522X)
- Widmard Eduardo Espinoza Rodríguez (0000-0003-2480-6212)

- ASESORA:

Mg. Ing. Jessica Rosario Meza Zamata (0000-0002-7999-9464)

- LUGAR DE EJECUCIÓN:

Lima

- UNIDAD DE ANÁLISIS:

El alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú

- TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicada

- ENFOQUE:

Cuantitativo

- DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Experimental

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO

Dr.	: SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ	PRESIDENTE
Mg.	: JORGE ELÍAS MOSCOSO SÁNCHEZ	SECRETARIO
Mg.	: ERNESTO RAMOS TORRES	MIEMBRO
MSc.	: CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ	MIEMBRO
Mg.	: JESSICA ROSARIO MEZA ZAMATA	ASESOR

ACTA N°	: 04 - 2023
N° DE LIBRO	: 01
FOLIO	: 129
FECHA DE APROBACIÓN	: 30 de marzo del 2023
RESOLUCIÓN DIRECTORAL	: N° 017-2023-DUPFIEE

DEDICATORIA

“A las Ingenieras Investigadoras y a los Ingenieros Investigadores que siempre se encuentran tras la búsqueda incesante del conocimiento porque la ingeniería y la investigación no tienen límites”

Los Autores

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
RESUMEN.....	6
RESUMO.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos.....	13
1.4. Justificación.....	13
1.5. Limitantes de la investigación.....	14
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Bases teóricas.....	19
2.3. Conceptual.....	24
2.4. Definición de términos básicos.....	28
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	30
3.1. Hipótesis general.....	30
3.2. Hipótesis específicas.....	30
3.3. Definición conceptual de variables.....	30
3.4. Operacionalización de variables.....	31
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
4.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	33
4.2. Método de investigación.....	33
4.3. Población y muestra.....	33
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	34
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	34
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	34
V. RESULTADOS.....	69
5.1. Resultados descriptivos.....	69

VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	80
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	85
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	88
VII.	CONCLUSIONES.....	89
VIII.	RECOMENDACIONES	91
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
	ANEXOS.....	95
	ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	96
	ANEXO II: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	98
	ANEXO III: BASE DE DATOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1- Diagrama de Flujo del Modelamiento.....	36
Fig. 2- Red georreferenciada en Cymdist del Alimentador Caudivilla-51	38
Fig. 3- Red georreferenciada en Cymdist del Alimentador Caudivilla-51, límites de distritos en la Región Lima.....	38
Fig. 4- Perfiles típicos diarios de potencia activa (KW)	44
Fig. 5- Perfiles típicos diarios de potencia reactiva (KVAR).....	44
Fig. 6- Perfil típico diario de potencia activa (KW).....	45
Fig. 7- Perfil típico diario de potencia reactiva (KVAR)	45
Fig. 8- Método de distribución de carga Cymdist: Consumo kWh.....	46
Fig. 9- Curvas de potencia activa (KW) de las cargas concentradas	51
Fig. 10- Curvas de potencia reactiva (KVAR) de las cargas concentradas.....	51
Fig. 11- Modelamiento Digsilent Caudivilla -51 (Parte 1)	53
Fig. 12- Modelamiento Digsilent Caudivilla -51 (Parte 2)	54
Fig. 13- Ejemplo de modelamiento de perfil típico de potencia activa de una carga concentrada	55
Fig. 14- Ejemplo de modelamiento de perfil típico de potencia reactiva de una carga concentrada	55
Fig. 15- Script del DPL utilizado en el Digsilent	56
Fig. 16- Base de Datos de la Nasa Power Access	57
Fig. 17- Datos técnicos de panel fotovoltaico de 300W de la marca CRADY SOLAR	59
Fig. 18- Datos técnicos de panel 300kW en software Digsilent.....	60
Fig. 19- Parámetros de irradiancia solar	60
Fig. 20- Modelamiento de irradiancia global	61
Fig. 21- Modelamiento de irradiancia directa.....	61
Fig. 22- Tipo de controlador y factor de potencia unitario en Digsilent	61
Fig. 23- Área con caída de tensión en alimentador Caudivilla-51.....	63
Fig. 24- Nodos probables de conexión de la generación fotovoltaica	64
Fig. 25- (5) Nodos probables de conexión de la generación fotovoltaica.....	65
Fig. 26- Modelamiento de la potencia instalada en Digsilent.....	69
Fig. 27- Modelamiento de generación fotovoltaica.....	70

Fig. 28- Menores pérdidas técnicas	72
Fig. 29- 11 Puntos de análisis para verificar la caída de tensión.....	73
Fig.30- Tensiones del nodo 11, conexión 88035T	74
Fig.31- Tensiones del nodo 1, conexión 88035T	75
Fig.32- Ubicación geográfica del sistema fotovoltaico A	76
Fig.33- Ubicación geográfica del sistema fotovoltaico D	76
Fig.34- Variación de tensión en los 11 nodos de análisis (ver anexo).....	77
Fig.35- Perfil de tensión de los nodos 1 y 11 en análisis.....	78
Fig. 36- Perfil de potencia activa de sistema fotovoltaico A	82
Fig. 37- Perfil de potencia activa de sistema fotovoltaico D	83
Fig. 38- Nivel de Tensión en la fase R para la estación de Verano - Dia hábil.....	86
Fig. 39- Comparación de los perfiles de tensión en el caso base y caso óptimo	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables.....	32
Tabla 2. Ejemplo de recolección de datos de medidores	37
Tabla 3. Número de clientes relacionado a cada carga concentrada (transformadores de MT/BT).	40
Tabla 4. Análisis de datos del mes de máxima demanda (Diciembre).....	42
Tabla 5. Potencia activa (KW) de las cargas concentradas obtenidas del Cymdist	47
Tabla 6. Potencia reactiva (kVAR) de las cargas concentradas obtenidas del Cymdist	49
Tabla 7. Conductores de la red Caudivilla -51.....	52
Tabla 8. Irradiancia promedio horaria mínima en el año (mes de junio)	57
Tabla 9. Irradiancia promedio horaria máxima en el año (mes de noviembre)	58
Tabla 10- (13) Nodos iniciales de probables puntos de interconexión.....	64
Tabla 11. (5) Nodos para análisis de puntos de conexión de la generación fotovoltaica.....	65
Tabla 12. (34) Casos de análisis en el software Digsilent PowerFactory	67
Tabla 13. Resultados del modelamiento en Digsilent PowerFactory	71
Tabla 14. Resultados de las menores pérdidas técnicas.....	71
Tabla 15. Nudo de conexión de los 11 puntos de análisis	74
Tabla 16. Resultados de la ubicación de los sistemas fotovoltaicos.....	75
Tabla 17. Resultados de la potencia de los sistemas fotovoltaicos	76
Tabla 18. Resultados de las pérdidas técnicas.....	78
Tabla 19. Puntos de ubicación de generación fotovoltaica	81
Tabla 20. Resultados del caso 24 en el software Digsilent	84
Tabla 21. Resultados del caso 30 en el software Digsilent	84
Tabla 22. Resultados del caso 32 en el software Digsilent	84
Tabla 23. Impacto del nivel de penetración de la generación distribuida.....	85
Tabla 24. Evaluación de la Penetración Fotovoltaica y Perdidas Técnicas	85
Tabla 25. Matriz de Consistencia	97
Tabla 26. Pérdidas técnicas y cantidad de nodos de conexión de los 34 casos de estudio.....	101
Tabla 27. Data de los Perfiles de Tensión de los 11 nodos de análisis.....	102

RESUMEN

La presente tesis propone el modelamiento de generación distribuida con tecnología solar fotovoltaica en el alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú para reducir las pérdidas técnicas y mejorar los perfiles de tensión, este alimentador cuenta con 60 km aproximadamente de red eléctrica aérea y subterránea y abarca un área demográfica en algunos distritos de Lima provincia como Carabayllo y Santa Rosa de Quives.

Este alimentador fue seleccionado porque presentó una mayor criticidad con respecto a los demás alimentadores con características similares de redes eléctricas de la compañía; además, se verificó con la información de la base de datos del portal de la Nasa Power Access durante el rango de tiempo del 2018 al 2020 por un periodo de tres años que en la zona geográfica en evaluación se presentaron valores de irradiancia solar que pueden ser aprovechados para la inyección de generación distribuida fotovoltaica.

Para el desarrollo de esta tesis se realizó un modelamiento completo con el software Digsilent del alimentador Caudivilla-51 de 20 kV de Enel Distribución Perú, incluyendo las redes aéreas, subterráneas y las cargas de los transformadores de distribución. Se efectuó el modelamiento de los perfiles de carga de todos los transformadores de distribución realizando una distribución de carga horaria con el software Cymdist, posteriormente se modeló la generación distribuida fotovoltaica considerando la irradiancia solar promedio de la zona del alimentador para luego elaborar múltiples simulaciones concernientes a diversos escenarios. Finalmente se analizó la variación de los perfiles horarios de tensión al inyectar generación distribuida fotovoltaica en distintos nodos de conexión en la red eléctrica y se calculó las pérdidas técnicas de energía al implementar dicha generación.

La presente tesis fomenta la aplicación de generación distribuida fotovoltaica en las redes eléctricas de distribución de la ciudad de Lima y provincias; asimismo,

permitió el análisis de los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51, de la región Lima y contribuyó con la evaluación de la ubicación óptima y la potencia instalada de generación distribuida para mejorar los perfiles de tensión.

RESUMO

Esta tese propõe a modelagem da geração distribuída com tecnologia solar fotovoltaica no alimentador Caudivilla-51 da Enel Distribuição Perú para reduzir as perdas técnicas e melhorar os perfis de tensão. Este alimentador tem aproximadamente 60 km de rede elétrica aérea e subterrânea e cobre uma área demográfica em alguns distritos da província de Lima, como Carabayllo e Santa Rosa de Quives.

Este alimentador foi selecionado por apresentar maior criticidade em relação a outros alimentadores com características semelhantes das redes elétricas da empresa; além disso, verificou-se com a informação da base de dados do portal NASA Power Access durante o intervalo temporal de 2018 a 2020 para um período de três anos que na área geográfica em avaliação existiam valores de irradiância solar que podem ser utilizados para a injeção de geração distribuída fotovoltaica.

Para o desenvolvimento desta tese, foi realizada uma modelagem completa com o software Digsilent do alimentador Caudivilla-51 20 kV da Enel Distribuição Perú, incluindo as redes aérea e subterrânea e as cargas dos transformadores de distribuição. Foi realizada a modelagem dos perfis de carga de todos os transformadores de distribuição, realizando uma distribuição de carga horária com o software Cymdist, posteriormente a geração distribuída fotovoltaica foi modelada considerando a irradiância solar média da área do alimentador para posteriormente elaborar simulações múltiplas sobre vários cenários. Finalmente, analisou-se a variação dos perfis horários de tensão ao injetar geração distribuída fotovoltaica em diferentes nós de conexão na rede elétrica e calculou-se as perdas técnicas de energia ao implementar a referida geração.

Esta tese promove a aplicação da geração distribuída fotovoltaica nas redes de distribuição elétrica da cidade de Lima e províncias; da mesma forma, permitiu a

análise dos perfis de tensão do alimentador Caudivilla-51, na região de Lima e contribuiu para avaliar a localização ótima e a potência instalada da geração distribuída para melhorar os perfis de tensão.

INTRODUCCIÓN

La compañía Enel Distribución Perú cuenta aproximadamente con 519 alimentadores de media tensión (10 kV y 20 kV), siendo el alimentador Caudivilla-51 el alimentador que supera más de 60 km de red eléctrica, por lo cual esta tesis propone el modelamiento de generación distribuida con tecnología solar fotovoltaica para reducir las pérdidas técnicas y mejorar los perfiles de tensión de dicho alimentador, para ello se desarrolló un modelamiento de generación distribuida fotovoltaica el software Digsilent Power Factory.

Mediante el modelamiento propuesto se buscó responder la interrogante de como inyectar generación distribuida fotovoltaica al alimentador Caudivilla-51, para ello se determinó la ubicación óptima y la potencia instalada de dicha generación distribuida fotovoltaica analizando el impacto en la reducción de las pérdidas técnicas y la mejora de los perfiles de tensión de la red 20 kV del alimentador.

Esta tesis comprende la investigación desde la búsqueda de las fuentes bibliográficas, la metodología de análisis, el modelamiento de aplicación de generación distribuida fotovoltaica, los resultados respectivos del modelamiento, el correspondiente análisis presentando las conclusiones y recomendaciones finales.

La importancia del desarrollo de la presente tesis radica en promover la aplicación de generación distribuida fotovoltaica en las redes eléctricas de distribución de la región Lima.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según Enel Distribución Perú (2020) describe que dicha compañía es una empresa concesionaria del servicio público de electricidad para la zona norte de Lima Metropolitana, la provincia constitucional del Callao y las provincias de Huaura, Huaral, Barranca y Oyón, su zona de concesión abarca unos 1,602 km² y alcanzan los 30,097 km de extensión de redes eléctricas distribuidas en 727 km de redes de alta tensión, 5053 km de redes de media tensión y 24,317 km de redes de baja tensión. Para el año 2020, Enel cuenta con 1.45 millones de clientes y alrededor de 519 alimentadores las cuales son suministradas de energía desde las subestaciones en media tensión en 20 kV y 10 kV y en baja tensión en 220 V.

Dado el crecimiento demográfico en los últimos años en los distritos de Lima Norte, la compañía vio oportuno incrementar sus redes eléctricas para suministrar energía a los nuevos clientes, por ello actualmente Enel Distribución cuenta con alimentadores que superan los 60 km de redes eléctricas, como es el caso del alimentador Caudivilla-51 en 20 kV.

Este alimentador se conecta del alimentador Caudivilla 11 (10kV) desde la subestación Caudivilla 60/10 kV ubicada en el distrito de Carabayllo, la subestación cuenta con 3 transformadores trifásicos de 60/10 kV con una potencia de 15 MVA cada una. El alimentador Caudivilla 11 transforma la energía de 10 kV a 20 kV mediante un transformador trifásico de 3 MVA el cual alimenta a todas las redes eléctricas de Caudivilla-51. La subestación Caudivilla 60/10 kV suministra energía a 16 alimentadores en 10 kV el cual reúne aproximadamente 87 mil clientes.

El alimentador que tienen mayor longitud de red eléctrica en la subestación Caudivilla es el alimentador Caudivilla-51 (CV-51) que comprende 72 km de red aérea y 7 km de red subterránea, cuenta con 6 equipos de maniobra y protección (recloser) distribuidos en toda la red de media tensión el cual brinda energía aproximadamente a 4.4 mil clientes. Debido a su extensa red, en dicho alimentador se presentan caídas de tensión en los extremos más alejados de la red eléctrica y elevadas pérdidas técnicas de energía; asimismo, se evidencia un deficiente servicio eléctrico el cual repercute a los usuarios conectados en este alimentador debido a que no se tienen instalados reguladores de tensión.

Por lo que, resulta necesario disponer del modelamiento de la generación distribuida que de preferencia utilice energía renovable no convencional con la finalidad de mejorar el servicio eléctrico de los 4.4 mil usuarios que están conectados al alimentador CV-51; así como, contar con niveles de tensión según la normativa vigente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica mejoraría el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51?
- b. ¿Cuál es la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51?

- c. ¿Qué modelamiento de generación distribuida fotovoltaica mejorará los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51?
- d. ¿Qué modelamiento de generación distribuida fotovoltaica disminuirá las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para mejorar el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.
- b. Definir la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.
- c. Establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51.
- d. Establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación técnica

En los sistemas eléctricos con extensos kilómetros de red aérea y subterránea suelen producirse caídas de tensión en los extremos de la red y elevadas pérdidas técnicas de energía. En esta tesis se considera

al alimentador Caudivilla-51 el cual tiene mayor criticidad con respecto a los demás alimentadores, para mitigar dichos problemas se propone el modelamiento de generación distribuida para mejorar los perfiles de tensión y disminuir las pérdidas técnicas de energía.

1.4.2. Justificación tecnológica

Promover la aplicación de Recursos Energéticos Renovables (RER), específicamente la energía fotovoltaica porque se ha evidenciado en los últimos años en Latinoamérica y en el mundo que es una tecnología ampliamente utilizada con resultados óptimos al implementarse en sistemas eléctricos de distribución.

1.4.3. Justificación por la satisfacción del cliente

La aplicación de esta tesis repercute en la satisfacción de los usuarios libres y usuarios regulados de Enel Distribución Perú conectados al alimentador Caudivilla-51 debido a que mejora el servicio eléctrico.

1.5. Limitantes de la investigación

1.5.1. Limitante teórica:

Para la realización de esta tesis fueron revisadas diversas referencias bibliográficas concernientes a la aplicación de la generación distribuida fotovoltaica en las redes eléctricas de Latinoamérica, en el cual de dichos estudios previos consideramos presentar el análisis de las variables eléctricas tales como: tensión y pérdidas técnicas de energía en el alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución el cual presenta mayor criticidad.

La información técnica del alimentador en estudio Caudivilla-51 fue tomada de los informes técnicos de la compañía y de la base de datos de Enel Distribución Perú.

1.5.2. Limitante temporal:

Para el desarrollo de la tesis se utilizó la información técnica del alimentador Caudivilla-51 de la compañía Enel Distribución Perú actualizada al mes de diciembre de 2020 para realizar el modelamiento de la red eléctrica, asimismo se tuvo en cuenta el periodo de un año.

1.5.3. Limitante espacial:

La presente tesis se aplicó en el alimentador Caudivilla-51 que comprende distritos y provincias de la región Lima, Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

K. Balamurugan et al. (2012) en el artículo “Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems” publicado en Energy Procedia presenta un modelamiento en Digsilent PowerFactory de un alimentador ubicado en Arizona, EE.UU. el cual está caracterizado por su extensa longitud de redes eléctricas, baja cargabilidad y desbalance de cargas.

El objetivo del artículo es simular la red de distribución y estudiar el impacto que produce la generación distribuida fotovoltaica respecto de las pérdidas de potencia, perfiles de tensión, desbalance de fases y nivel de corriente de fallas del sistema de distribución al variar el ratio de penetración y la ubicación de la generación distribuida en los nodos del sistema eléctrico.

Luego de la evaluación, los autores concluyen que el nivel de penetración de la generación distribuida logra un impacto favorable disminuyendo las pérdidas de potencia y de energía y mejorando los perfiles de tensión del sistema dado que la generación distribuida está contigua a las cargas y evita mayores flujos de potencia desde la subestación principal a las cargas a través de las redes auxiliares.

M. Facchini et al. (2010) en el artículo “Valoración técnica y económica del impacto de penetración de generación distribuida a través de energía solar fotovoltaica” publicada en la Revista Comisión de Integración Energética Regional (CIER) presenta la evaluación de los parámetros técnicos de pérdidas de potencia y nivel de tensión debido al impacto de la inserción de generación solar distribuida a nivel domiciliario en los sistemas de distribución considerando para ello los niveles de penetración de la generación fotovoltaica y los niveles de dispersión (cantidad de viviendas con generación fotovoltaica).

Se plantearon 700 simulaciones de cálculo modelados en el software Digsilent PowerFactory utilizando flujos de potencia, características de demanda – generación y los datos de una red eléctrica típica que considera una red de distribución trifásica conformada por 36 Nodos, una Barra MT de 13,2 kV, un transformador MT/BT de 160 kVA y una Barra de BT de 380V. En conformidad a los resultados los autores efectúan una comparación entre la situación con y sin generación distribuida fotovoltaica y evalúan la disminución de pérdidas de energía.

J. Romero y S. Steffel (2011) en el artículo “Integration Challenges of Photovoltaic Distributed Generation on Power Distribution Systems” publicado en IEEE Power and Energy Society General Meeting presenta un análisis de los impactos de la elevada proliferación del uso de energía fotovoltaica distribuida en sistemas eléctricos de distribución en los EEUU. El autor menciona que la integración de energía fotovoltaica distribuida puede representar un desafío para las empresas de servicios públicos de distribución debido a la variedad de impactos en varios aspectos de la planificación y operación de los sistemas de distribución tales como variación en los perfiles de tensión, variación en las pérdidas técnicas de energía, en los flujos de potencia activos y reactivos, también menciona la influencia en la operación de los cambiadores de taps de los transformador; el impacto de dicha generación varía en función del grado de penetración y la ubicación de la generación fotovoltaica.

En la investigación se describe la importancia de los análisis que se realizan en estudios estacionario y dinámico y las medidas de mitigación que se pueden proponer, se analizan distintos escenarios reales de los alimentadores de distribución en el cual se evalúan diferentes niveles de penetración y locaciones de la generación distribuida. Algunos de los objetivos de los estudios de estado estacionario son analizar los perfiles de tensión y evitar sobrepasar los límites establecidos por la regulación, asimismo se evalúan los flujos potencia activo y reactivo durante las 8760

horas de análisis, verificando los flujos máximos y mínimos históricos y evitando el flujo de potencia inverso. Respecto a los estudios de estado dinámico se evalúan las fluctuaciones de la generación fotovoltaica y el impacto en la conexión y desconexión en la red. Finalmente la investigación concluye con las medidas de mitigación que resultan de la evaluación en estado estacionario y dinámico utilizando un software especializado, algunas de las propuestas pueden ser económicas como ajustes de equipos de protección, verificación de compensación reactiva, validación de ubicación y potencia de la generación fotovoltaica, también puede obtenerse propuestas que involucran elevada inversión tales como sistemas de compensación reactiva como STATCOM, sistemas BESS u otros, estas medidas de mitigación conllevan a una adecuada planificación de la red y actualización de procedimientos de la operación.

F. Morán et al. (2010) en el artículo “Impacto de la generación fotovoltaica distribuida en los niveles de tensión. Aplicación a un caso real” publicado en ASADES (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente) presenta un caso real de aplicación de las fuentes de generación FV en el Barrio Marayes de la localidad de Caucete en la provincia de San Juan – Argentina. El autor estudia el impacto de la GD en el comportamiento de los perfiles de tensión de la red de distribución 380V considerando dos factores: nivel de penetración (NP) y nivel de dispersión (ND). El objetivo de la investigación fue realizar el modelamiento de la demanda con información de registros de perfiles de carga de los usuarios residenciales los cuales se dividieron en 3 subcategorías: 22 usuarios T1-R1, 75 usuarios T1-R2 y 20 usuarios T1-R3. Además, se obtuvieron curvas de carga para las estaciones de verano, invierno, resto y por tipo de día (hábil, semi-hábil, feriado). Los datos de la radiación se obtuvieron del Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan y las fuentes de generación FV se modelaron como elementos monofásicos con un factor de potencia unitario.

Se realizaron 700 simulaciones los cuales se dividieron en 140 escenarios considerando las estaciones del año, tipo de día, nivel de penetración y nivel de dispersión; además, se modelaron 5 escalones para las curvas de generación FV considerando distintos horarios que corresponden a diferentes magnitudes de generación.

Luego de la evaluación, el autor concluye que los niveles de tensión mínimos se presentan para el caso base (red sin FV) y con la implementación de generación FV los niveles de tensión aumentaron a un máximo de 0.995 pu, estos resultados muestran el impacto positivo de la generación FV en los perfiles de tensión en la red de distribución y se demuestra que a mayor nivel de penetración las tensiones aumentan en las redes.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

C. Quispe et al. (2020) en el artículo titulado “Evaluación de la infraestructura de las redes de distribución para la implementación de la generación distribuida” del libro “Alcances de la Generación Distribuida en el Sector Eléctrico: Aplicaciones y Casos de Estudio” expone la propuesta de una simulación de generación distribuida fotovoltaica para el sistema eléctrico Aucayacu 22.9 kV de propiedad de Electrocentro, por medio de diversos escenarios modelados en el software Digsilent PowerFactory se evalúa el impacto de los perfiles de tensión y las pérdidas técnicas al insertar generación distribuida fotovoltaica en dicho sistema eléctrico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generación distribuida:

Según F. González, C. Fortoul (2005) en el artículo “Review of the Distributed Generation Concept: Attempt of Unification” manifiesta que la generación distribuida no tiene un concepto propio, sin embargo distintas instituciones la han definido como se menciona a continuación:

- **IEA (International Energy Agency):**

Es una planta de generación que está conectado a la red de distribución. Las tecnologías incluyen pequeños generadores, pilas de combustible y fotovoltaica.

- **EPRI (Electric Power Research Institute):**

Establece que se podrían integrar la generación de energía instalada localmente (como celdas de combustible y energías renovables). Fuentes de energía distribuida de menos de 20 MW podrían implementarse en el lado de la oferta y el consumidor como activos esenciales que entregan confiabilidad, capacidad y eficiencia. Asimismo el EPRI considera la inclusión de pequeña generación (1kW a 50MW) y/o almacenamiento de energía que normalmente se ubican cerca de las cargas de los clientes o subestaciones de distribución y subtransmisión.

- **IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers):**

Define la generación distribuida como instalaciones de generación eléctrica conectadas a un SEP (Sistema Eléctrico de Potencia) a través de un nodo de interconexión y que no están directamente conectados a un sistema de transmisión de energía.

En nuestro país el proyecto de reglamento de generación distribuida publicado mediante la Resolución Ministerial N° 292-2018-MEM/DM, del 2 de agosto de 2018 define la generación distribuida como “Instalación de Generación conectada directamente a la Red de Distribución y propuso dos regímenes promocionales para la generación distribuida, la Mediana Generación Distribuida (MGD) y Microgeneración Distribuida (MCD)”

- Mediana Generación distribuida (MGD): Instalación cuya base normativa corresponde a la Ley, con capacidad mayor a 200 kW y menor o igual a 10 MW, que se conecta a la Red de Distribución en

Media Tensión.

- Microgeneración Distribuida (MCD): Instalación de titularidad de un usuario del servicio público de electricidad, cuya base normativa corresponde al DL 1221 y que se conecta a la Red de Distribución en Baja Tensión o Media Tensión. La potencia máxima de generación instalada corresponderá a la potencia del suministro contratada con la EDE y en ningún caso dicha potencia máxima superará los 200 kW.

A. Beneficios de la generación distribuida

M. Gómez (2018) en su tesis doctoral titulada “Sistema de generación eléctrica con pila de combustible de óxido sólido alimentado con residuos forestales y su optimización mediante algoritmos basados en nubes de partículas” argumenta que la aplicación de la generación distribuida presenta beneficios técnicos, económicos y ambientales entre los cuales menciona los siguientes:

- La generación distribuida puede reducir las pérdidas de energía eléctrica en las redes de distribución. La adecuada ubicación de los sistemas de generación distribuida reduce el flujo de potencia que conlleva la disminución de las pérdidas energéticas y la mejora del perfil de tensiones.
- El uso de sistemas de generación renovables reduce la emisión de contaminantes a la atmósfera.
- Los sistemas de generación distribuida proporcionan flexibilidad dentro del sistema eléctrico de distribución, debido a la variabilidad de su tamaño y localización.
- La generación distribuida se puede acoplar gradualmente al sistema y suministrar la demanda exacta que necesite el cliente.

B. Tecnologías de generación distribuida

Gomez (2008), sostiene que hay distintos tipos de generación distribuida y su pueden dividir en dos grupos:

Tecnologías tradicionales:

- Turbinas de gas
- Micro-turbina
- Motores alternativos

Tecnologías no tradicionales:

- Eólica
- Mini-hidráulica
- Solar térmica
- Solar fotovoltaica
- Geotérmica
- Mareomotriz

2.2.2. Principio fotoeléctrico:

Según P. Lopez (2015) en su tesis “Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada” explica que es el principio mediante el cual la radiación solar se puede transformar en energía eléctrica, esta transformación se realiza en las células fotoeléctricas, elemento que forman los paneles fotovoltaicos y aprovechan la energía de los fotones. Esta energía es transferida a los átomos de la célula fotovoltaica en el cual los electrones situados en la capa más alejada saltan de su posición normal formando y generando un circuito eléctrico

2.2.3. Energía fotovoltaica:

G. Arencibia (2016) en el artículo “La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica” publicada en REDVET Revista Electrónica de Veterinaria indica que la energía solar fotovoltaica constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos que convierten la radiación solar en electricidad.

2.2.4. Sistemas de distribución eléctrica:

J. Juarez (1995) en su libro “Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica” hace mención que la definición clásica de un sistema de distribución, desde el punto de vista de la ingeniería, incluye lo siguiente:

- a. Subestación principal de potencia.
- b. Sistema de subtransmisión.
- c. Subestación de distribución.
- d. Alimentadores primarios.
- e. Transformadores de distribución.
- f. Secundarios y servicios.

A. Alimentador primario:

Son los circuitos que salen de las subestaciones de distribución y llevan el flujo de potencia hasta los transformadores de distribución.

B. Subestación de distribución:

Se encarga de recibir la potencia de los circuitos de subtransmisión y de transformarla al voltaje de los alimentadores primarios.

C. Redes de distribución:

Distribuyen la energía del secundario del transformador de distribución a los usuarios o servicios ya sea en redes aéreas y/o redes subterráneas.

2.2.5. Pérdidas de potencia y de energía:

Son las pérdidas de potencia y de energía originadas en el sistema eléctrico producida por la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica hasta los usuarios finales. Las pérdidas de potencia y de energía se encuentran relacionadas a todo el equipamiento de las instalaciones eléctricas, tales como transformadores, redes de transmisión y distribución, instrumentos de medida, acometidas y demás equipos de la red.

2.2.6. Servicio público de electricidad

De acuerdo con el artículo 2 de la Ley de Concesiones Eléctricas promulgado mediante Decreto Ley N° 25844, establece que constituyen Servicios Públicos de Electricidad:

- a. El suministro regular de energía eléctrica para uso colectivo o destinado al uso colectivo, hasta los límites de potencia fijados por el Reglamento.
- b. La transmisión y distribución de electricidad.

El servicio público de electricidad es el servicio eléctrico que brindan los suministradores de energía a los usuarios y deben cumplir con los estándares de calidad comercial, técnica y alumbrado público. Los parámetros de calidad son supervisados por Osinergmin de acuerdo con la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE). Con respecto a la calidad técnica se hace referencia a la calidad de producto y la calidad de suministro.

2.3. Conceptual

2.3.1. Energía solar:

D. Barbera (2017), en la separata “Introducción a la energía fotovoltaica” manifiesta que la energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. Asimismo, de acuerdo con T. Diaz y G. Carmona (2010) en su libro “Instalaciones Solares Fotovoltaicas” exponen

que existen distintas formas de aprovechar la energía solar, entre las cuales se distinguen dos métodos:

A. Métodos directos: la luz del sol es convertida directamente a electricidad mediante el uso de células solares, pueden ser sistemas conectados a la red o sistemas aislados.

B. Métodos indirectos: el sol calienta un fluido (puede ser agua, sodio, sales fundidas, etc.) y convertirlo en vapor con la finalidad de producir electricidad mediante el movimiento de un alternador. Se produce la electricidad mediante un ciclo termodinámico convencional.

2.3.2. Radiación solar:

D. Barbera (2017), en la separata “Introducción a la energía fotovoltaica” expresa que la radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol y se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

2.3.3. Irradiancia:

D. Barbera (2017), en la separata “Introducción a la energía fotovoltaica” explica que la irradiancia es la magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra. Su unidad es el W/m^2 (vatio x metro cuadrado)

2.3.4. Las células fotoeléctricas:

Según P. Lopez (2015) en su tesis “Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada” indica que la célula fotoeléctrica está compuesta por un material llamado semiconductor en el cual sus átomos liberan electrones creando una corriente eléctrica al recibir energía, este material es tratado para crear dos capas (tipo P y N) los cuales forman un campo eléctrico y con la luz solar incidente liberan electrones y forman una corriente eléctrica.

Clasificación:

A. Placas solares de celdas de silicio

- Silicio monocristalino
- Silicio policristalino

B. Placas solares de capa fina

- Silicio amorfo
- Teluro de Cadmio (CdTe)
- Cobre, indio y selenio (CIS)

2.3.5. Pérdidas técnicas de energía:

Según la Policy N°57 “Global Infrastructure and Networks Technical Energy Losses Estimation Guidelines” de la Compañía Enel Global explica que las pérdidas de energía en la red de distribución se pueden dividir en dos tipos:

- Pérdidas técnicas (PT)
- Pérdidas no técnicas (PNT)

Las pérdidas técnicas están relacionadas principalmente a los efectos térmicos y electromagnéticos, está asociada con la operación de la red.

En general, las pérdidas técnicas de energía son dados por:

$$ET = E_{grid} + EM + EAU = E_j + ETR + EM + EAU = E_j + ECO-TR + EIR-TR + EM + EAU$$

Donde:

ET : Son las pérdidas técnicas de energía.

Egrid : Son las pérdidas de energía de la red (Ej+ETR).

EM : Son las pérdidas de energía de los equipos de medición (tanto circuitos como dispositivos de medición).

EAU : Son los consumos de todos los servicios auxiliares que son estrictamente necesarias para la operación de la red.

Ej : Son las pérdidas de energía en conductores debido al efecto Joule.

ETR : Son las pérdidas de energía en transformadores (y/u otros circuitos magnéticos) (ECO-TR + EIR-TR).

ECO-TR : Son las pérdidas de energía en el cobre de los transformadores (y/u otros circuitos).

EIR-TR : Son las pérdidas de energía en el hierro (o no dependientes de la carga) de los transformadores (y/u otro circuito magnético).

2.3.6. Flujo de Potencia:

Según J. Izquierdo (2002) en su tesis “ Estudio de flujos de potencia y análisis de fallas en sistemas eléctricos de distribución radial” menciona que la principal información que se obtiene de un estudio de flujos de potencia es la magnitud y el ángulo de fase del voltaje en cada nodo, así como la potencia activa y la potencia reactiva que fluye en cada línea del sistema y afirma que los estudios de flujos de potencia son importantes en la planeación y en el diseño de la expansión futura de los sistemas eléctricos, así como en la mejora de la condición de operación del sistema eléctrico de potencia.

2.3.7. PowerFactory-DlgSILENT

El sitio web “PowerFactory-DlgSILENT” (2022) describe que DlgSILENT PowerFactory es una herramienta computarizada para el análisis de sistemas eléctricos con aplicaciones en generación, transmisión, distribución y sistemas industriales, esta herramienta satisface los requerimientos de operación, mantenimiento, planeamiento y estudios de flujo de potencia y cortocircuito.

Para el caso de la generación cuenta con módulos especializados para el modelamiento de aplicaciones de generación distribuida, tales como sistemas fotovoltaicos y solares en los cuales se pueden realizar simulaciones de flujo de potencia con los datos técnicos de dicha generación de energía eléctrica.

La herramienta permite realizar múltiples simulaciones de flujos de potencia con la realización del script tanto en su lenguaje DPL o también en Python lo que permite una automatización que agiliza el análisis de estudios eléctricos.

2.3.8. CYMDIST

Según la publicación “CYME Análisis del sistema de distribución” (2018) CYMDIST es un software para el análisis de sistemas de distribución el cual cuenta con herramientas de modelado y análisis necesarias para realizar simulaciones de planificación y estudios eléctricos tales como flujo de potencia y cortocircuito en sistema de distribución de energía eléctrica. El software cuenta con herramientas que permiten realizar distribución de carga considerando parámetros eléctricos o propios de los sistemas de distribución como potencia aparente, número de clientes, potencia instalada, consumo de energía. La distribución de carga sirve para ajustar las cargas conectadas a la red con un valor de potencia considerando que estas potencias correspondan a la demanda medida en el alimentador principal.

2.4. Definición de términos básicos

Energía Activa: La energía activa es la energía útil que se convierte en movimiento o calor y se mide en kWh.

Energía Reactiva: la energía reactiva es la energía que absorben algunos equipos eléctricos y que luego es devuelta a la red, por lo tanto, esta energía no es consumible ni tampoco caliente, se mide en KVARH.

Usuario: en el Código Nacional de Electricidad Utilización 2006, Sección 010 se establece que usuario es la persona natural o jurídica que ocupa un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro eléctrico correspondiente.

Tensión: según lo indicado en la Norma DGE-Terminología define que la tensión nominal de un sistema o circuito es el valor asignado para

una clase dada de tensión con el fin de tener una designación adecuada. La tensión de operación del sistema puede variar por encima o por debajo de este valor.

Red de generación: según lo indicado en la Norma DGE-Terminología señala que la red de generación está constituida por el conjunto de instalaciones destinadas a producir la energía eléctrica, cualquiera que sea la fuente y el procedimiento empleados para ello.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis general

Con el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica será posible mejorar el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51.

3.2. Hipótesis específicas

- a. Será posible determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.
- b. Será posible definir la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.
- c. Será posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51.
- d. Será posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51.

3.3. Definición conceptual de variables

3.3.1. Variables Independientes:

Generación distribuida fotovoltaica

Esta variable es el centro de esta tesis debido que permite mejorar el servicio eléctrico.

Esta variable está en función de la potencia instalada la cual es medida en "Megawatt (MW)" y está sujeta al diseño del sistema fotovoltaico de la generación distribuida vinculada a la cantidad de paneles fotovoltaicos y también es determinada por la ubicación geográfica el cual es medida por el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM)

3.3.2. Variables Dependientes:

Servicio eléctrico

Esta variable es el resultado de la aplicación de la generación distribuida fotovoltaica en el alimentador Caudivilla-51.

Esta variable está en función de la tensión la cual es medida en “Voltios (V)” y las pérdidas técnicas de energía la cual tiene como dimensión los “Kilovatio hora” (kWh).

3.4. Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se detalla las dimensiones e indicadores de la variable independiente y la variable dependiente de la presente tesis.

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Generación distribuida fotovoltaica	Es la generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica utilizando paneles solares fotovoltaicos y, en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética.	Potencia instalada de la generación distribuida fotovoltaica	Megavatio (MW)
		Ubicación óptima de la generación distribuida fotovoltaica	Coordenadas UTM
Variable dependiente: Servicio eléctrico	Es el servicio de energía eléctrica suministrado por el concesionario a un usuario, de acuerdo a características técnicas y comerciales establecidas en el respectivo contrato.	Tensión de las redes eléctricas del alimentador Caudivilla-51	Voltios (V)
		Pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51	Kilovatio hora (kWh)

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y Diseño de Investigación

Investigación de tipo aplicada, debido a que se demuestra que el modelamiento de la generación distribuida en el del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú mejora el servicio eléctrico.

Investigación de diseño experimental porque se controló la variable generación distribuida fotovoltaica mediante las dimensiones de potencia instalada y ubicación óptima del sistema de generación distribuida fotovoltaica para mejorar el servicio eléctrico en el modelamiento del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú.

4.2. Método de investigación

Investigación cuantitativa porque se utilizaron los registros históricos y datos técnicos del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú y se realizaron diversas simulaciones en los 34 casos de estudio de flujo de potencia a través del software Digsilent PowerFactory en los cuales posteriormente se efectuaron comparaciones con los resultados numéricos obtenidos.

4.3. Población y muestra

La población comprende los 519 alimentadores de los distintos niveles de tensión de 10 kV y 20 kV de las redes eléctricas de distribución de la compañía.

La muestra seleccionada se realizó en el alimentador Caudivilla-51 de 20 kV el cual fue elegido por las condiciones de criticidad que presente dicho alimentador respecto al servicio eléctrico.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Se considera como estudio el alimentador Caudivilla-51 de 20 kV el cual abarca los distritos de Carabayllo y Santa Rosa de Quives de la Región Lima.

El periodo de análisis de la data técnica del alimentador Caudivilla-51 suministrado por la compañía eléctrica Enel Distribución Perú fue del año 2020.

El periodo de análisis de la data técnica de irradiancia en la zona de Caudivilla-51 fue obtenido de la NASA Power Access para el periodo 01/01/2018 al 31/12/2020.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Análisis documental: para el desarrollo de esta tesis se revisó información de las siguientes fuentes: tesis, artículos técnicos científico, revistas de ingeniería.

Observación experimental: esta tesis se desarrolla a través de una simulación en el software Digsilent PowerFactory en el cual se controlaron las dimensiones de potencia instalada y ubicación óptima de la variable generación distribuida fotovoltaica y se simularon múltiples escenarios para analizar los resultados sobre la variable servicio eléctrico.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

4.6.1. Recopilación de datos:

Se recopiló la siguiente información del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú:

- Diagramas unifilares del alimentador MT Caudivilla-51 obtenido del área técnica de Enel Distribución Perú.
- Perfil de tensiones del alimentador MT Caudivilla-51 obtenido de los medidores instalados en la red de Enel Distribución Perú.
- Modelamiento eléctrico en Software Digsilent de la red de Enel Distribución Perú.

- Flujos de carga del alimentador Caudivilla-51 obtenido de los registros de los medidores instalados en la red de Enel Distribución.
- Potencia nominal de las subestaciones de distribución del alimentador MT Caudivilla-51 obtenido del área técnica de Enel Distribución.
- Datos históricos de la irradiancia de la zona de Caudivilla-51, Lima obtenido de la data de NASA Power Access.

4.6.2. Procesamiento de datos:

Se modeló la red eléctrica del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú mediante el software Digsilent PowerFactory, asimismo se utilizó hojas de cálculo en Excel y programas especializados, para ello se procesó lo siguiente:

- Revisión de diagramas unifilares del alimentador MT Caudivilla-51 en el software Autocad 2021.
- Verificación de perfiles de tensión del alimentador MT Caudivilla-51 en Microsoft Excel.
- La potencia de cortocircuito de la barra Caudivilla 20 kV el cual se obtiene del modelamiento del sistema eléctrico de Enel Distribución Perú mediante el software Digsilent PowerFactory.
- Flujos de carga horaria de todos los meses del alimentador Caudivilla-51 (kW, kVar, I, V).
- Perfiles horarios típicos de irradiancia solar de la zona de Caudivilla-51.

4.6.3. Análisis de datos: se procede a evaluar los datos recopilados los cuales son utilizados para el modelamiento de generación distribuida en el alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú:

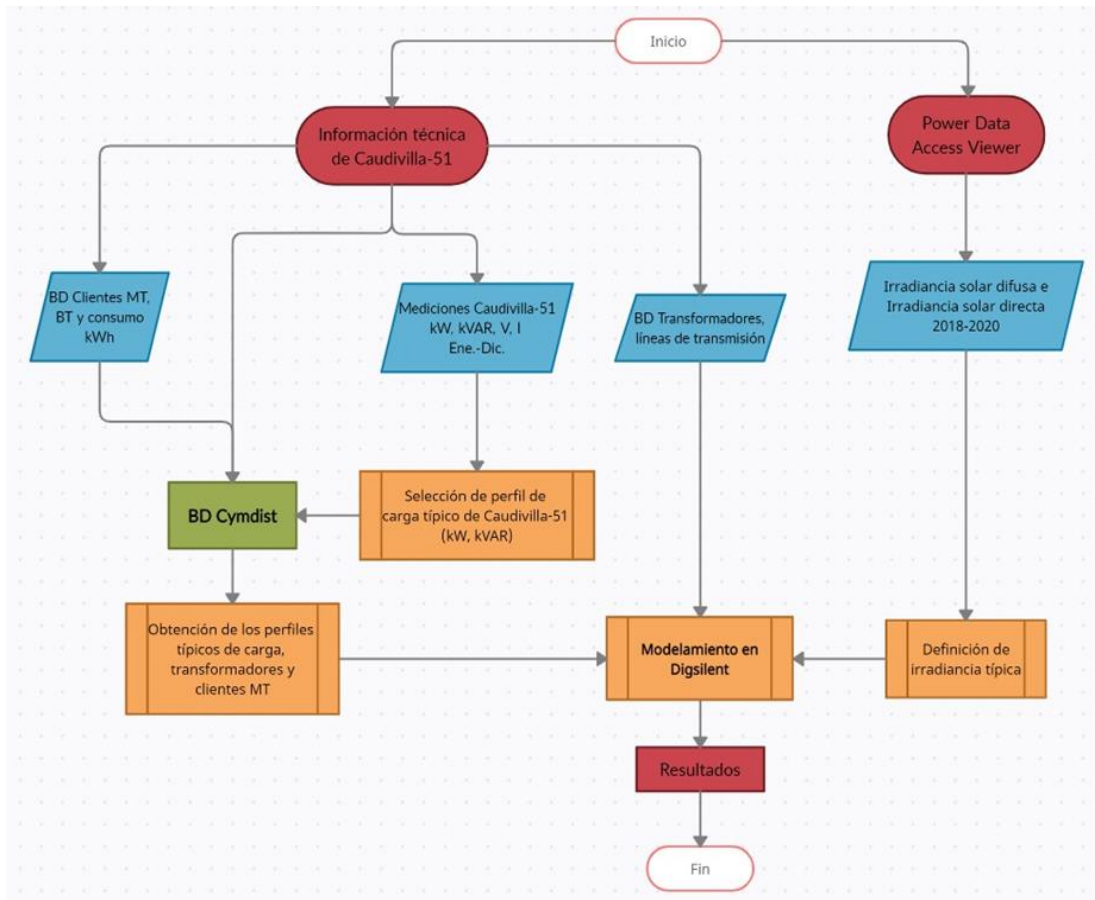


Fig. 1- Diagrama de Flujo del Modelamiento
Fuente: Elaboración Propia

A. Registros históricos de medidores de energía del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú.

- Se obtienen los registros históricos de los medidores instalados en el alimentador Caudivilla-51, se considera los siguientes parámetros cada 15 minutos en el periodo de enero – diciembre del año 2020: Potencia activa (kW), potencia reactiva (kVAR), tensión (V) y corriente (I).

Tabla 2. Ejemplo de recolección de datos de medidores

FECHA	Corriente (I)	Tensión (V)	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVAR)
1/01/2020 00:15	112.30	10022	1929	61
1/01/2020 00:30	111.20	9922	1892	60
1/01/2020 00:45	108.20	9928	1842	52
1/01/2020 01:00	106.50	9953	1818	51
1/01/2020 01:15	103.70	9977	1772	47
1/01/2020 01:30	102.20	10010	1752	56
1/01/2020 01:45	98.20	9948	1673	35
1/01/2020 02:00	94.80	9930	1612	24
1/01/2020 02:15	92.30	9990	1578	26
1/01/2020 02:30	89.90	9944	1529	19
1/01/2020 02:45	88.10	9966	1502	9
1/01/2020 03:00	87.90	9953	1497	28
1/01/2020 03:15	84.90	9974	1448	5
1/01/2020 03:30	85.20	9975	1454	25
1/01/2020 03:45	82.30	9920	1395	4
1/01/2020 04:00	79.10	9931	1342	-7
1/01/2020 04:15	77.90	9958	1324	-15
1/01/2020 04:30	78.00	9954	1327	-6
1/01/2020 04:45	77.40	9960	1316	-2
1/01/2020 05:00	75.10	9928	1273	-19
1/01/2020 05:15	76.00	9936	1289	-1
1/01/2020 05:30	74.20	9977	1263	-19
1/01/2020 05:45	64.70	10007	1098	-75
1/01/2020 06:00	58.50	10075	993	-95
1/01/2020 06:15	56.40	10107	958	-107
1/01/2020 06:30	56.20	10094	955	-112
1/01/2020 06:45	55.30	10073	938	-104
1/01/2020 07:00	54.50	10101	923	-110
1/01/2020 07:15	56.50	10095	962	-93
1/01/2020 07:30	57.10	10084	974	-89
1/01/2020 07:45	57.10	10080	973	-86

Fuente: Elaboración Propia

B. Unifilares y modelamiento Cymdist del alimentador Caudivilla-51

Se obtiene el unifilar del alimentador Caudivilla-51 el cual contiene las longitudes de los tramos de las redes eléctricas y las cargas concentradas de los transformadores de distribución y clientes MT.

- Se obtuvo el modelamiento en el software Cymdist del alimentador Caudivilla-51.

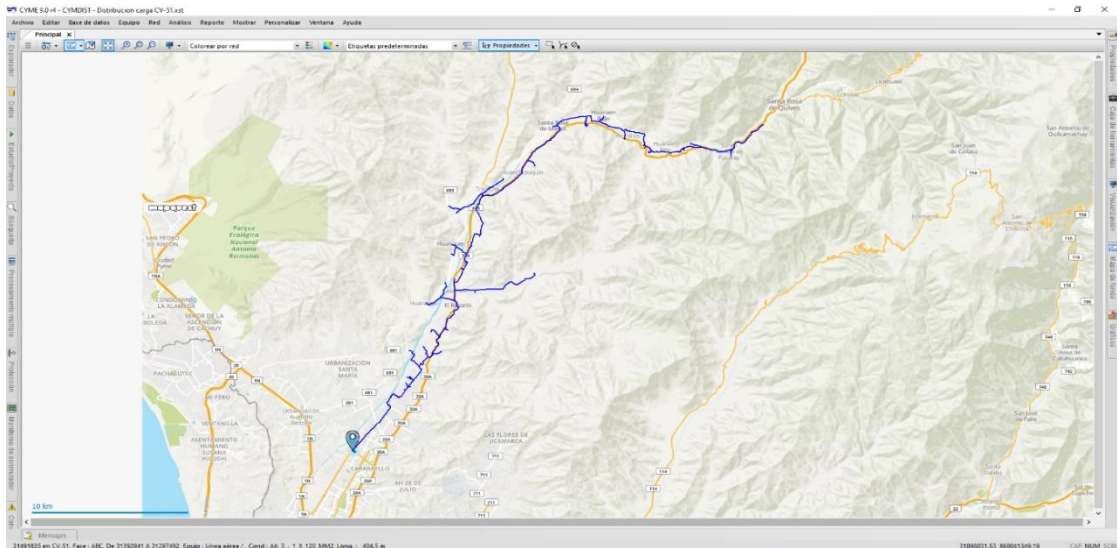


Fig. 2- Red georreferenciada en Cymdist del Alimentador Caudivilla-51
Fuente: Elaboración Propia

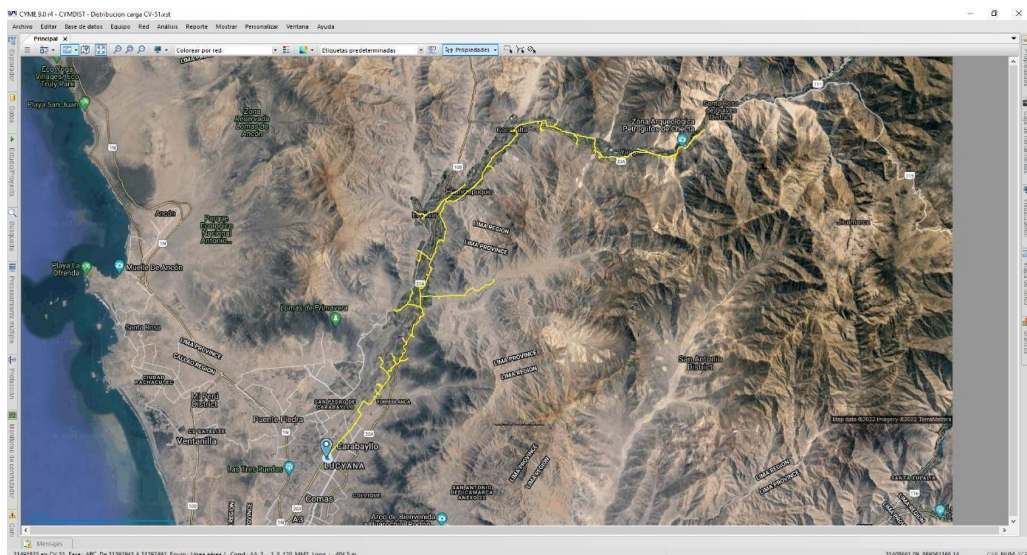


Fig. 3- Red georreferenciada en Cymdist del Alimentador Caudivilla-51, límites de distritos en la Región Lima
Fuente: Elaboración Propia

C. Consumo mensual de energía de clientes (kWh)

Se obtiene el consumo mensual (kWh) de todos los clientes de baja tensión (BT) los que representan la carga concentrada de los transformadores MT/BT instalados en la red, asimismo se obtienen también los consumos mensuales (kWh) de los clientes de media tensión (MT) del alimentador Caudivilla-51.

Tabla 3. Número de clientes relacionado a cada carga concentrada (transformadores de MT/BT).

Nombre	Alimentado	Instalada	Distrito	Provincia	CLIENTES B1	Tipo Construcción
03596A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	5	AEREA MONOPOSTE
03597A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	3	AEREA MONOPOSTE
03931A	CV-51	10	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	9	AEREA MONOPOSTE
03951A	CV-51	10	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	11	AEREA MONOPOSTE
03952A	CV-51	10	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	4	AEREA MONOPOSTE
04627A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	11	AEREA MONOPOSTE
04711A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	23	AEREA BIPOSTE
04994A	CV-51	160	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	83	AEREA BIPOSTE
12362A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	3	AEREA MONOPOSTE
13193A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	24	AEREA MONOPOSTE
14571A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	50	AEREA MONOPOSTE
14572A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	27	AEREA MONOPOSTE
14573A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	70	AEREA MONOPOSTE
14574A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	39	AEREA MONOPOSTE
14575A	CV-51	20	CARABAYLLO	LIMA	13	AEREA MONOPOSTE
14576A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	48	AEREA MONOPOSTE
14577A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	60	AEREA MONOPOSTE
14578A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	52	AEREA MONOPOSTE
14579A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	75	AEREA MONOPOSTE
14580A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	31	AEREA MONOPOSTE
14581A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	45	AEREA MONOPOSTE
14582A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	56	AEREA MONOPOSTE
14583A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	28	AEREA MONOPOSTE
14584A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	16	AEREA MONOPOSTE
14585A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	29	AEREA MONOPOSTE
14587A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	82	AEREA MONOPOSTE
14588A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	103	AEREA MONOPOSTE
14589A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	90	AEREA MONOPOSTE
14590A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	63	AEREA MONOPOSTE
14591A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	69	AEREA MONOPOSTE
14592A	CV-51	20	CARABAYLLO	LIMA	29	AEREA MONOPOSTE
14593A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	52	AEREA MONOPOSTE
14594A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	8	AEREA MONOPOSTE
14595A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	51	AEREA MONOPOSTE
14596A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	101	AEREA MONOPOSTE
14597A	CV-51	20	CARABAYLLO	LIMA	20	AEREA MONOPOSTE
14598A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	85	AEREA MONOPOSTE
14599A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	72	AEREA MONOPOSTE
14600A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	75	AEREA MONOPOSTE
14601A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	69	AEREA MONOPOSTE
14602A	CV-51	20	CARABAYLLO	LIMA	39	AEREA MONOPOSTE
14603A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	98	AEREA MONOPOSTE
14604A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	52	AEREA MONOPOSTE
14605A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	67	AEREA MONOPOSTE
14606A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	197	AEREA MONOPOSTE
14607A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	33	AEREA MONOPOSTE
14608A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	86	AEREA MONOPOSTE
14609A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	107	AEREA MONOPOSTE
14610A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	145	AEREA MONOPOSTE
14611A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	29	AEREA MONOPOSTE
14612A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	79	AEREA MONOPOSTE
14613A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	100	AEREA MONOPOSTE
14614A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	22	AEREA MONOPOSTE
14615A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	113	AEREA MONOPOSTE
14616A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	32	AEREA MONOPOSTE
14617A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	5	AEREA MONOPOSTE
14618A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	10	AEREA MONOPOSTE
14619A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	4	AEREA MONOPOSTE
14695A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	4	AEREA MONOPOSTE
14749A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	14	AEREA MONOPOSTE
14853A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	0	AEREA MONOPOSTE
14867A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	2	AEREA MONOPOSTE

14872A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	2	AEREA MONOPOSTE
14873A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	4	AEREA MONOPOSTE
14882A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	15	AEREA MONOPOSTE
14886A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	4	AEREA MONOPOSTE
14924A	CV-51	160	CARABAYLLO	LIMA	109	AEREA BIPOSTE
14932A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	47	AEREA BIPOSTE
14995A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	12	AEREA MONOPOSTE
15002A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	3	AEREA MONOPOSTE
15035A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	20	AEREA MONOPOSTE
15036A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	1	AEREA MONOPOSTE
15080A	CV-51	160	CARABAYLLO	LIMA	85	AEREA BIPOSTE
15082A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	2	AEREA MONOPOSTE
15146A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	77	AEREA MONOPOSTE
15153A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	52	AEREA MONOPOSTE
15198A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	74	AEREA MONOPOSTE
15243A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	AEREA MONOPOSTE
15268A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	89	AEREA BIPOSTE
15305A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	7	AEREA MONOPOSTE
15318A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	70	AEREA BIPOSTE
15336A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	14	AEREA MONOPOSTE
15379A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	46	AEREA MONOPOSTE
15397A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	20	AEREA BIPOSTE
15407A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	1	AEREA MONOPOSTE
15497A	CV-51	400	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	AEREA BIPOSTE
15505A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	7	AEREA MONOPOSTE
15558A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	32	AEREA BIPOSTE
15599A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	1	AEREA MONOPOSTE
15716A	CV-51	160	CARABAYLLO	LIMA	21	AEREA BIPOSTE
15804A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	18	AEREA MONOPOSTE
15805A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	19	AEREA MONOPOSTE
15823A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	134	AEREA BIPOSTE
15899A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	0	AEREA BIPOSTE
15923A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	3	AEREA MONOPOSTE
15928A	CV-51	50	CARABAYLLO	LIMA	27	AEREA MONOPOSTE
15969A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	67	AEREA BIPOSTE
15987A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	2	AEREA MONOPOSTE
15989A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	0	AEREA MONOPOSTE
16004A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	12	AEREA MONOPOSTE
16108A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	4	AEREA MONOPOSTE
16153A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	7	AEREA MONOPOSTE
16162A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	13	AEREA MONOPOSTE
16204A	CV-51	160	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	1	AEREA BIPOSTE
16205A	CV-51	100	CARABAYLLO	LIMA	26	AEREA MONOPOSTE
16427A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	AEREA BIPOSTE
20606A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	28	AEREA MONOPOSTE
20611A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	7	AEREA MONOPOSTE
21313A	CV-51	100	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	78	AEREA BIPOSTE
21315A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	18	AEREA BIPOSTE
21316A	CV-51	50	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	49	AEREA BIPOSTE
21468A	CV-51	20	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	10	AEREA BIPOSTE
21473A	CV-51	250	SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	62	AEREA BIPOSTE
88038B	CV-51		SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	INTEMPERIE
PM0686	CV-51		SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE
PM1467	CV-51		SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE
PM1518	CV-51		CARABAYLLO	LIMA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE
PM1539	CV-51		SANTA ROSA DE QUIVES	CANTA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE
PM1788	CV-51		CARABAYLLO	LIMA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE
PM1867	CV-51		CARABAYLLO	LIMA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE
PM1886	CV-51		CARABAYLLO	LIMA	0	PUESTO DE MEDICION A LA INTEMPERIE

Fuente: Elaboración Propia

D. Perfil de carga típico diario del alimentador Caudivilla-51

Luego de obtener las mediciones de parámetros eléctricos de todo el año 2020 se modeló un perfil típico diario para luego realizar el modelamiento y las simulaciones correspondientes.

Se consideraron los siguientes criterios:

- Selección del mes de máxima demanda.
- Promedio de perfiles de carga diarias (kW, kVAR) de lunes a viernes del mes de máxima demanda.

Tabla 4. Análisis de datos del mes de máxima demanda (Diciembre)

PUNTO	HORA	Prom kW lunes	Prom kVAR lunes	Prom kW martes	Prom kVAR martes	Prom kW miercoles	Prom kVAR miercoles	Prom kW jueves	Prom kVAR jueves	Prom kW viernes	Prom kVAR viernes	PEFIL TÍPICO KW	PEFIL TÍPICO KVAR
1	00:15	1635.25	178.5	1971.25	474	1923.8	450.6	1973.2	482	2084.4	551.2	1973.2	482
2	00:30	1587.75	169.25	1914	465.75	1913.4	486.6	1910	474.6	2010.8	527	1910	474.6
3	00:45	1522.25	145	1821.25	419	1824.2	457.2	1861.4	443.2	1978	512.8	1861.4	443.2
4	01:00	1508	146	1766.25	431.5	1719.4	341	1761.2	390.6	1913	494.4	1761.2	390.6
5	01:15	1425.25	61	1613.25	256	1564.6	155.4	1644.8	283.6	1803.6	374.4	1644.8	283.6
6	01:30	1404.75	57.75	1541.25	140.75	1531.6	141.8	1572.2	184.2	1756.2	360.4	1572.2	184.2
7	01:45	1376.75	45.75	1520.25	135.25	1502.6	136.4	1537.2	177	1736.6	365.8	1537.2	177
8	02:00	1358.5	44.5	1504.25	136.5	1491.6	129	1526.2	177	1726.2	359.2	1526.2	177
9	02:15	1346.5	42.5	1488.25	124.75	1512.6	187.8	1511	171.4	1636.4	344.6	1511	171.4
10	02:30	1361	101.5	1533.5	246.75	1568.8	278.2	1562.8	281.2	1765.2	461.8	1562.8	281.2
11	02:45	1390	115.5	1520.25	242	1593.8	323.2	1604.8	402.2	1781.6	476.8	1604.8	402.2
12	03:00	1359.75	111.25	1614.5	379.5	1589.4	330.8	1629.6	387.4	1697	400.2	1629.6	387.4
13	03:15	1368.75	116	1612.75	442	1577.4	309.4	1647.2	400.4	1673.8	389.4	1647.2	400.4
14	03:30	1357.5	109.75	1614	396.5	1575.2	307.6	1624.6	384.6	1666.8	383.8	1624.6	384.6
15	03:45	1377.75	117.5	1626.5	370.5	1579.4	330.4	1644.8	393.4	1679.6	384.2	1644.8	393.4
16	04:00	1363	107.75	1626.75	370.75	1557.4	299.8	1595.2	369.4	1698	395.8	1595.2	369.4
17	04:15	1373	109	1607	369.5	1525.4	247.6	1608.2	374	1640.8	359	1608.2	374
18	04:30	1390.5	113	1596.5	347.25	1543.8	256.4	1598.4	365.4	1683	357	1598.4	365.4
19	04:45	1395	112	1618	380.5	1561.4	275.6	1624.8	365.6	1651.2	318.6	1624.8	365.6
20	05:00	1402	96.75	1593.5	359	1583.2	267.8	1628.2	369.6	1693.6	329.8	1628.2	369.6
21	05:15	1354.25	27.75	1667.5	372.5	1622.2	314.2	1676	382.2	1575.6	239.8	1676	382.2
22	05:30	1385.75	36.25	1687.75	384.5	1560.8	243.4	1689.8	387.8	1609.4	247.6	1689.8	387.8
23	05:45	1344.5	22.75	1594	314	1471.8	141.8	1610.2	278.4	1608.8	244.2	1610.2	278.4
24	06:00	1278.5	-5.75	1356.75	70.75	1390.6	93.8	1363.8	69.6	1324.8	56.8	1363.8	69.6
25	06:15	1192.25	-43.25	1290.5	17.5	1360.2	78	1306.6	68.4	1319.2	57.2	1306.6	68.4
26	06:30	1235	-33.25	1329.5	41.25	1382	85.2	1386.4	90.6	1364.6	72.4	1386.4	90.6
27	06:45	1258.25	-24.5	1375	49.5	1435.8	102.4	14407	94.8	1397.6	69.2	1407	94.8
28	07:00	1278.75	-18	1374	54.5	1445	112.2	1444.4	96.8	1397	72.4	1444.4	96.8
29	07:15	1313	19.5	1463.75	188.25	1553.8	226	1590.4	222.6	1426.6	137.4	1590.4	222.6
30	07:30	1409.25	133	1583	277.75	1667.4	292	1680.2	326.2	1561.6	191.2	1680.2	326.2
31	07:45	1621.5	310.5	1734	346.25	1770	397.8	1749	360.6	1634.8	255	1749	360.6
32	08:00	1731	423	1927.5	588	1884.2	486.4	1776.8	466	1725.2	313.2	1776.8	466
33	08:15	1960.75	607.5	1959.25	626.75	1953.4	548	1955	561.8	1740	318.2	1955	561.8
34	08:30	1988	628	2112.75	716	1971	558.4	2026	690.2	1770.6	356.4	2026	690.2
35	08:45	2013.75	641.5	2082.75	723	2056.6	602.6	2098.8	705	1832.8	382.2	2098.8	705
36	09:00	2054	676.25	2166.25	769.5	2051.6	609.2	2132.4	727.6	1862	413.6	2132.4	727.6
37	09:15	2041.75	669.25	2243.25	807	2099.4	655	2236.4	771.2	1896.8	443.6	2236.4	771.2
38	09:30	2119.25	709.5	2156	774	2082.4	668.4	2241.2	783.6	1894.2	447.4	2241.2	783.6
39	09:45	2102	700.75	2193.75	795.75	2235.6	776	2285.6	809.4	1980.4	492.4	2285.6	809.4
40	10:00	2225	766.5	2278.5	826.75	2108.8	684.6	2226.2	776.2	2013.4	519.2	2226.2	776.2
41	10:15	2223	761.25	2300.5	829.75	2236.6	734.6	2274	815.4	2033.2	528.2	2274	815.4
42	10:30	2319.25	824.75	2283	840	2195.4	697.6	2311.2	821.2	2043.4	542	2311.2	821.2
43	10:45	2292.75	819.75	2340.75	893.25	2175.4	695.6	2352.8	851.8	1990.8	555.4	2352.8	851.8
44	11:00	2259.5	826.75	2417.25	937	2237	736	2325.2	830.4	2098.8	534.4	2325.2	830.4
45	11:15	2352	851.5	2367.25	908	2265.4	764.4	2432.8	913.2	2102.2	531.8	2432.8	913.2

46	11:30	2350.5	838.75	2404	943	2387.8	853.8	2466.8	921.2	2121.4	528.8	2466.8	921.2
47	11:45	2399.5	888.25	2383.5	907	2446	899.8	2508.2	962	2131	538	2508.2	962
48	12:00	2382.25	893	2428.25	946.75	2334.2	821.4	2499.6	980.2	2169.8	578.8	2499.6	980.2
49	12:15	2057.25	592.25	2264.75	767	2203.6	740.2	2259.6	789.8	2042	482.2	2259.6	789.8
50	12:30	2088.25	581.25	2179.25	700.25	2089.4	590.6	2224.2	746.2	2029.2	481	2224.2	746.2
51	12:45	2056.75	576.75	2196	724.5	2070	574.2	2165.8	666.2	2014	470.2	2165.8	666.2
52	13:00	2011.25	545	2139	711	2050.6	569.4	2088.4	643.6	2012.2	462.2	2088.4	643.6
53	13:15	2039.75	598.75	2169.75	773	2065.4	590.2	2095	661	1996.6	452.2	2095	661
54	13:30	2269	802	2366	892.25	2222.8	736.4	2227.4	733.6	2090.8	532.2	2227.4	733.6
55	13:45	2263.25	804	2363.75	869.5	2280	782.6	2253.2	832.2	2102.2	528	2253.2	832.2
56	14:00	2274.75	810	2321.25	848.25	2251.8	747.2	2305.4	856.8	2079.8	526.2	2305.4	856.8
57	14:15	2289.5	828.25	2283	815.75	2259.8	765.2	2358	880	2135.2	568.8	2358	880
58	14:30	2361.25	869.5	2284.75	852.5	2295	821	2377.2	914	2176.6	614.4	2377.2	914
59	14:45	2393.75	886	2375	900.25	2346.2	838.8	2430.8	922.6	2211.2	665.6	2430.8	922.6
60	15:00	2372.75	877	2280	836.25	2327.6	826.6	2441.8	926.6	2160.2	644.2	2441.8	926.6
61	15:15	2439.25	940.5	2379.5	894.25	2277.6	823	2428.6	933	2214.8	683.4	2428.6	933
62	15:30	2392	921	2303	873.25	2342.4	859.4	2393	898.8	2187.8	676.2	2393	898.8
63	15:45	2416.5	939.5	2349.75	889.5	2321	850	2318.4	850.2	2182.4	673.6	2318.4	850.2
64	16:00	2301.5	895.25	2382.75	928.25	2253.8	811	2306.8	842.6	2126.6	643	2306.8	842.6
65	16:15	2345	911.5	2295.5	902.25	2251.8	797.8	2312	854.4	2203.2	681.2	2312	854.4
66	16:30	2193	790	2467.5	991.25	2329.2	840.6	2324	848.6	2208.2	672.4	2324	848.6
67	16:45	2304.75	841	2481.75	985.75	2363.8	846.4	2277.8	823.2	2214.2	661.6	2277.8	823.2
68	17:00	2276	858	2396	953	2255.8	802.4	2220.4	733	2205.8	644.4	2220.4	733
69	17:15	2287	846.25	2458	978.25	2228.8	785.8	2305.4	779	2191.8	665.4	2305.4	779
70	17:30	2349.25	873.5	2384.5	926.75	2283.6	785.2	2255.8	730	2191.6	653.8	2255.8	730
71	17:45	2255.75	800.5	2388.5	924.5	2259.4	761.8	2252.2	725.2	2229	659.4	2252.2	725.2
72	18:00	2312	817	2398.25	884	2245.6	717	2266.4	716.6	2218	644.2	2266.4	716.6
73	18:15	2098.5	541.5	2170.25	679.5	2188.2	600	2014.2	467.4	2022.2	441.6	2014.2	467.4
74	18:30	2227.75	574.75	2242.25	670.75	2208.4	544.4	2083.2	461	2104.6	403	2083.2	461
75	18:45	2367.5	581	2368.75	679	2532.2	660.4	2290	545	2243.6	454.4	2290	545
76	19:00	2625	666.75	2695.25	808	2740.8	740.2	2623.2	662.4	2613.2	622.6	2623.2	662.4
77	19:15	2974	801.5	2957.25	818.75	2930.6	744.8	2850.4	678.2	2842	617.2	2850.4	678.2
78	19:30	2994.5	769	3083	844.75	2986.6	737.6	2903.2	668.6	2952	626	2903.2	668.6
79	19:45	3069.5	804.5	3090.25	818	2978	716.4	2969.2	672.8	2989.6	616.6	2969.2	672.8
80	20:00	3093.75	799	3129	808.25	2960.8	697.2	2973.4	651.6	2964.4	570.4	2973.4	651.6
81	20:15	3030.75	749	3114.5	797.5	3033.2	711.6	3013	696.4	3018.2	596.6	3013	696.4
82	20:30	3078	767	3062	759.25	2983.6	678.6	2997	668.6	3036.6	629	2997	668.6
83	20:45	3027.25	746	3052.25	753.25	2947.2	680.6	3058.2	753.2	3028.4	611.4	3058.2	753.2
84	21:00	2929.75	697	3023.25	740.25	2949.4	672.6	3018	727.8	2989.8	601.2	3018	727.8
85	21:15	2905.5	668.75	2965.25	694.75	2908	664.6	2996.2	735.8	2954.8	590.8	2996.2	735.8
86	21:30	2809	586.25	2842.5	600	2853.8	646.2	2897	676.8	2928.4	578.8	2897	676.8
87	21:45	2727.75	559.75	2798.75	586.75	2762.6	599.6	2852.4	667	2895.8	574.2	2852.4	667
88	22:00	2683.25	582.25	2739.75	586	2646.8	567	2779.8	629.8	2835.4	553.6	2779.8	629.8
89	22:15	2575.5	541	2643.5	601.5	2589.6	565	2724.2	627.2	2768.6	537.8	2724.2	627.2
90	22:30	2519.5	556.5	2565.25	591.75	2503.2	546.8	2592	584.6	2696.2	516.2	2592	584.6
91	22:45	2437.5	537	2517	583.75	2378.2	525.4	2506.4	567.8	2629.6	505.4	2506.4	567.8
92	23:00	2316.5	514.75	2353	543.5	2299	521.6	2417.2	562.2	2552	494.2	2417.2	562.2
93	23:15	2223.25	515.5	2299.75	539.75	2157.4	483.6	2323	559.6	2455.6	477.6	2323	559.6
94	23:30	2098.5	449.5	2188	523.25	2122.8	496.4	2262.6	571.2	2408.2	485.8	2262.6	571.2
95	23:45	2038.5	496.5	2145	524.5	2069.8	495	2276.8	610.2	2357.2	488.4	2276.8	610.2
96	00:00	1974.25	460.75	2064.5	514.75	2019	496	2141.8	546.4	2339.2	487.6	2141.8	546.4

Fuente: Elaboración Propia

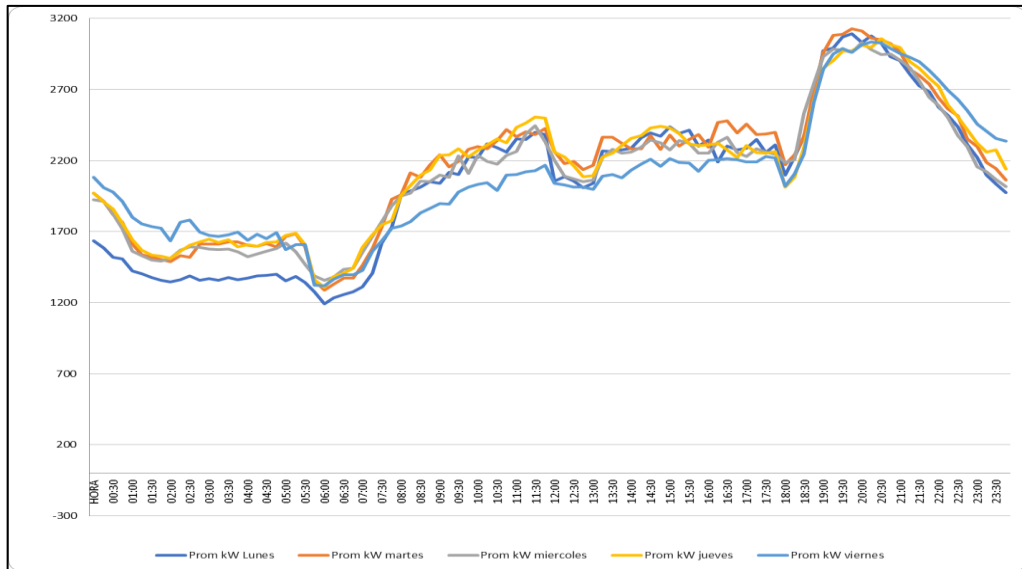


Fig. 4- Perfiles típicos diarios de potencia activa (KW)
Fuente: Elaboración Propia

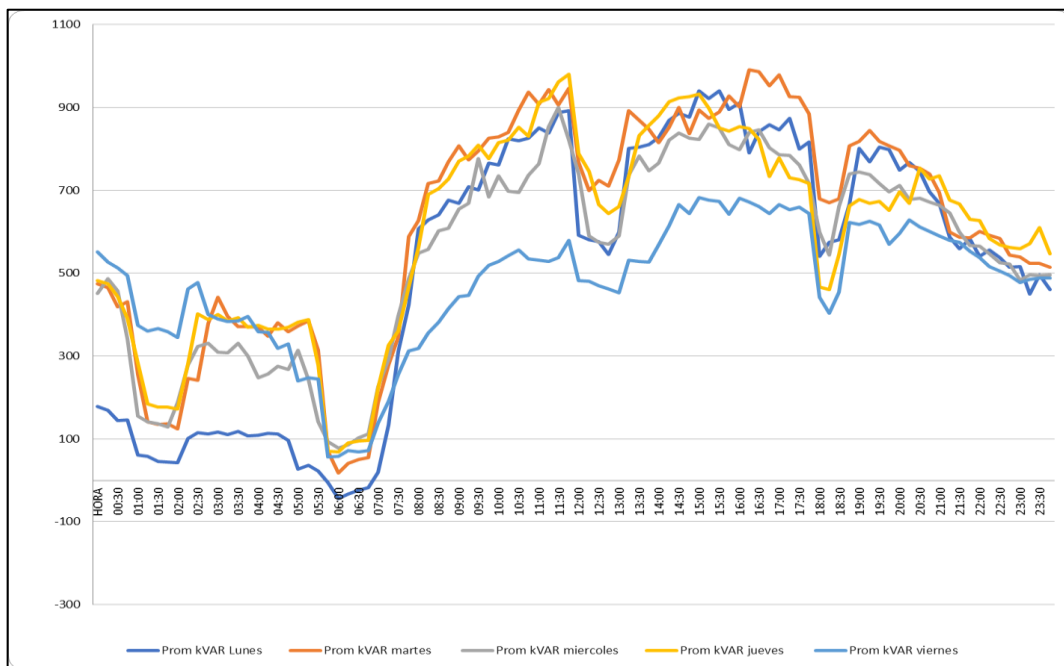


Fig. 5- Perfiles típicos diarios de potencia reactiva (KVAR)
Fuente: Elaboración Propia

El perfil de carga típico diario del alimentador Caudivilla-51 que será utilizado en el software Cymdist es realizado para la potencia activa y reactiva, se considera 96 puntos en un día con pasos de 15 minutos.

Este perfil típico se obtuvo del promedio horario de los parámetros mencionados respectivamente en el rango de lunes a viernes; se escogieron estos días por ser de mayor demanda y presentar un comportamiento similar.

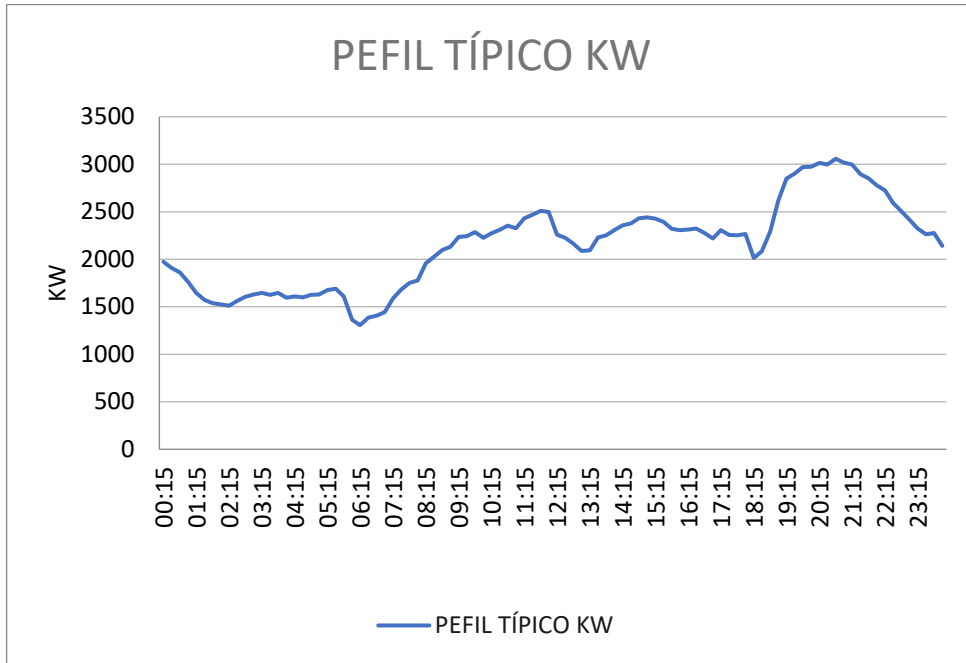


Fig. 6- Perfil típico diario de potencia activa (KW)
Fuente: Elaboración Propia

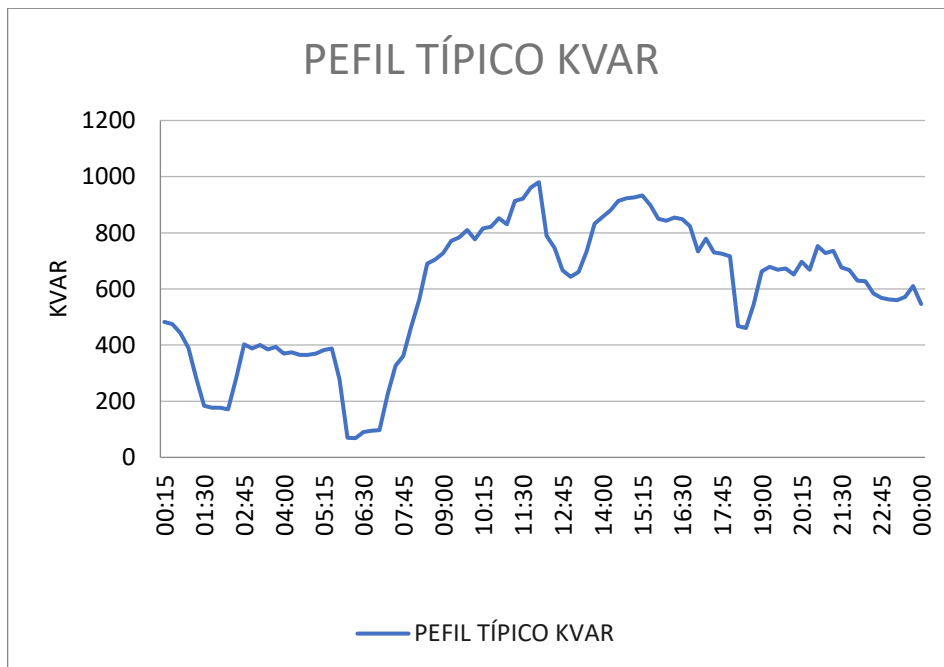


Fig. 7- Perfil típico diario de potencia reactiva (KVAR)
Fuente: Elaboración Propia

E. Distribución de carga mediante Cymdist

Con el perfil típico de potencia activa y reactiva obtenido en el paso anterior se procedió a ingresar los datos en el software Cymdist y realizar la distribución de las cargas concentradas (transformadores MT/BT y clientes MT).

Se utilizó el método de consumo de energía (KWh), para ello se usó la data obtenida en el inciso C (**Consumo mensual de energía de clientes en kWh**).

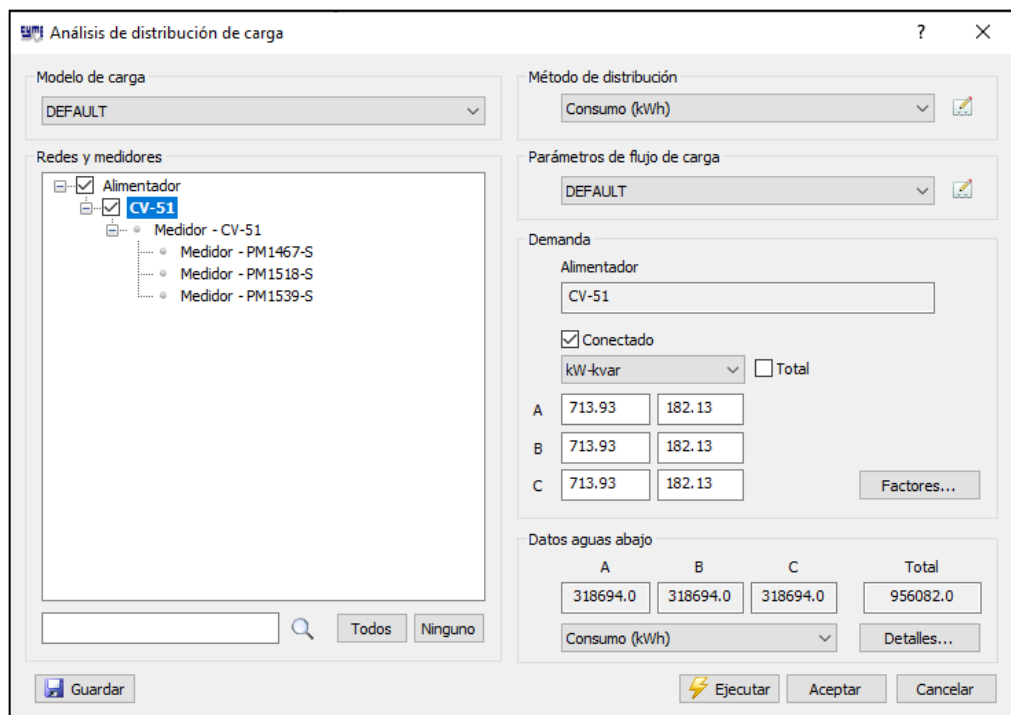


Fig. 8- Método de distribución de carga Cymdist: Consumo kWh

Fuente: Elaboración Propia

- Se realizaron 96 flujos de carga en el Cymdist con el perfil típico diario y se obtuvieron los perfiles típicos diarios de potencia activa y reactiva de las 118 cargas concentradas (transformadores de distribución y clientes MT) los cuales fueron posteriormente modelados en el software Digsilent. PowerFactory.

En la siguiente tabla se observa una muestra de la data que corresponde a la evaluación de las primeras 9 cargas de un total de 118 cargas concentradas.

Tabla 5. Potencia activa (KW) de las cargas concentradas obtenidas del Cymdist

PUNTO	HORA	03596AA	03597AA	03931AA	03951AA	03952AA	04627AA	04711AA	04994A	12362A
1	00:15	4.48889102	1.10207513	5.35523893	3.03423244	1.65412008	3.3646535	12.3001255	19.2006874	3.71119266
2	00:30	4.34797121	1.06747767	5.18712185	2.93897874	1.60219226	3.25902689	11.9139875	18.5979199	3.59468715
3	00:45	4.23994844	1.04095682	5.05825087	2.86596156	1.56238675	3.1780583	11.6179916	18.1358656	3.50537927
4	01:00	4.02256039	0.98758552	4.79890732	2.71901972	1.48228101	3.01511484	11.022321	17.2060146	3.32565361
5	01:15	3.76284838	0.92382319	4.48907136	2.54346932	1.38657923	2.82044739	10.3106774	16.0951279	3.11093658
6	01:30	3.60049904	0.88396453	4.29538888	2.4337305	1.32675481	2.69875825	9.86581984	15.4006983	2.97671419
7	01:45	3.52171162	0.8646213	4.20139564	2.38047473	1.29772228	2.63970306	9.64993243	15.0636947	2.91157666
8	02:00	3.49692073	0.85853485	4.17182016	2.36371752	1.28858704	2.62112102	9.58200228	14.9576547	2.89108079
9	02:15	3.46269338	0.85013163	4.13098699	2.34058179	1.27597454	2.59546587	9.48821503	14.8112513	2.86278331
10	02:30	3.57837175	0.87853202	4.26899107	2.41877372	1.31860108	2.68217272	9.8051883	15.3060515	2.95842045
11	02:45	3.67106543	0.9012894	4.37957447	2.48142933	1.35275795	2.75165138	10.0591806	15.7025375	3.03505499
12	03:00	3.72711469	0.91505015	4.44644113	2.5193154	1.37341165	2.79366317	10.2127626	15.9422814	3.08139374
13	03:15	3.7664519	0.92470789	4.49337035	2.5459051	1.3879071	2.82314842	10.3205515	16.1105416	3.1139158
14	03:30	3.71591941	0.91230158	4.43308518	2.51174804	1.36928628	2.78527173	10.1820862	15.8943949	3.07213804
15	03:45	3.7611833	0.92341439	4.48708493	2.54234383	1.38596566	2.81919934	10.3061149	16.0880058	3.10955998
16	04:00	3.65003679	0.89612662	4.35448733	2.46721517	1.34500907	2.73588933	10.0015595	15.61259	3.01766955
17	04:15	3.67921129	0.90328931	4.38929247	2.48693546	1.35575964	2.75775712	10.0815013	15.7373804	3.04178959
18	04:30	3.65730427	0.89791087	4.36315742	2.47212757	1.34768708	2.74133668	10.0214733	15.6436758	3.02367794
19	04:45	3.71669153	0.91249114	4.43400632	2.51226995	1.3695708	2.78585047	10.1842019	15.8976976	3.07277639
20	05:00	3.72427141	0.91435209	4.44304911	2.51739351	1.37236393	2.79153198	10.2049717	15.9301196	3.07904306
21	05:15	3.83149327	0.94067631	4.57096459	2.58986933	1.41187432	2.87190025	10.4987731	16.3887481	3.16768878
22	05:30	3.86239128	0.94826213	4.60782586	2.61075461	1.42325998	2.89505989	10.5834375	16.5209106	3.19323372
23	05:45	3.68510048	0.90473517	4.39631825	2.49091621	1.35792976	2.76217136	10.0976384	15.7625707	3.04665847
24	06:00	3.13068923	0.76862074	3.73490663	2.11616606	1.15363369	2.34661176	8.57848192	13.3911438	2.58829872
25	06:15	3.00195128	0.73701407	3.58132248	2.0291466	1.10619479	2.25011608	8.22572376	12.8404828	2.48186457
26	06:30	3.18175243	0.78115735	3.79582494	2.15068185	1.17245007	2.38488625	8.71840152	13.6095604	2.63051525
27	06:45	3.22830575	0.79258673	3.85136296	2.18214922	1.18960459	2.41978034	8.84596347	13.8086866	2.66900323
28	07:00	3.31278698	0.81332786	3.95214892	2.23925368	1.22073524	2.48310335	9.07745266	14.1700449	2.73884812
29	07:15	3.6411471	0.8939441	4.34388195	2.46120625	1.34173329	2.72922606	9.97720063	15.5745654	3.01031999
30	07:30	3.84182169	0.94321205	4.58328637	2.59685074	1.41568025	2.87964193	10.5270742	16.4329267	3.1762278
31	07:45	3.99571393	0.9809944	4.76687954	2.70087306	1.4723883	2.99499204	10.9487583	17.0911821	3.30345828
32	08:00	4.05604775	0.99580705	4.83885769	2.74165526	1.49462083	3.04021533	11.1140806	17.3492527	3.3533393
33	08:15	4.44655509	1.09168116	5.30473224	3.00561578	1.63851963	3.33292056	12.1841198	19.0196006	3.67619142
34	08:30	4.60142384	1.12970325	5.48949037	3.11029816	1.69558751	3.44900261	12.6084796	19.6820328	3.80422922
35	08:45	4.76302445	1.16937808	5.68227962	3.21953089	1.75513603	3.57013054	13.0512856	20.3732599	3.9378326
36	09:00	4.83702473	1.18754601	5.77056181	3.26955082	1.78240453	3.62559753	13.2540556	20.6897871	3.99901236
37	09:15	5.06647008	1.24387753	6.04428971	3.4246427	1.8669533	3.79757856	13.8827647	21.6712118	4.18870641
38	09:30	5.07668842	1.24638625	6.05648017	3.43154971	1.87071867	3.80523773	13.9107643	21.7149195	4.19715443
39	09:45	5.17417401	1.2703201	6.1727803	3.49744437	1.90664132	3.87830817	14.177887	22.1319023	4.27775068
40	10:00	5.0436796	1.2382822	6.01710071	3.40923765	1.85855519	3.78049593	13.820316	21.5737283	4.16986437
41	10:15	5.14826113	1.26395818	6.14186628	3.47992875	1.89709264	3.85888514	14.1068825	22.0210631	4.2563272
42	10:30	5.23043476	1.28413277	6.23989927	3.5354734	1.92737295	3.92047848	14.3320486	22.3725508	4.32426428
43	10:45	5.32134345	1.30645191	6.34835318	3.59692246	1.96087207	3.98861919	14.5811498	22.7614017	4.39942308
44	11:00	5.26108444	1.29165762	6.27646429	3.55619083	1.93866711	3.94345198	14.4160325	22.5036511	4.34960392
45	11:15	5.49568891	1.34925576	6.55634699	3.71476997	2.02511696	4.11930003	15.0588783	23.5071433	4.54356327

45	11:15	5.49568891	1.34925576	6.55634699	3.71476997	2.02511696	4.11930003	15.0588783	23.5071433	4.54356327
46	11:30	5.57039075	1.36759593	6.64546616	3.76526412	2.05264399	4.17529289	15.2635707	23.8266714	4.60532305
47	11:45	5.6599403	1.38958139	6.75229861	3.82579447	2.08564228	4.24241486	15.5089477	24.2097087	4.67935818
48	12:00	5.64018461	1.38473114	6.72873011	3.81244076	2.07836246	4.22760695	15.4548146	24.1252061	4.66302515
49	12:15	5.11726087	1.25634726	6.10488303	3.45897436	1.88566929	3.83564886	14.0219379	21.8884632	4.23069772
50	12:30	5.04024731	1.23743953	6.01300599	3.40691761	1.85729041	3.77792325	13.810911	21.559047	4.16702672
51	12:45	4.91309031	1.206221	5.86130792	3.32096679	1.81043409	3.68261258	13.4624849	21.0151484	4.06189962
52	13:00	4.74167775	1.16413722	5.65681304	3.20510175	1.74726995	3.55413009	12.9927929	20.281952	3.92018421
53	13:15	4.75587159	1.16762197	5.67374627	3.21469597	1.75250026	3.5647691	13.0316858	20.3426644	3.93191897
54	13:30	5.04775367	1.23928243	6.02196106	3.41199148	1.86005645	3.78354965	13.8314794	21.5911546	4.17323261
55	13:45	5.10155474	1.25249122	6.08614564	3.44835792	1.87988171	3.82387631	13.9789011	21.8212822	4.21771267
56	14:00	5.21626653	1.2806543	6.2229966	3.52589649	1.92215208	3.90985866	14.2932258	22.3119479	4.31255069
57	14:15	5.33175273	1.30900751	6.36077143	3.60395853	1.96470781	3.99642148	14.6096725	22.8059262	4.40802896
58	14:30	5.37283507	1.3190937	6.40978258	3.63172783	1.97984632	4.02721479	14.7222433	22.9816509	4.4419938
59	14:45	5.49088531	1.34807642	6.55061632	3.71152301	2.02334688	4.11569949	15.0457158	23.4865965	4.53959189
60	15:00	5.515001	1.3539971	6.57938629	3.72782383	2.03223331	4.13377543	15.1117958	23.5897484	4.55952955
61	15:15	5.48559381	1.34677729	6.54430357	3.70794627	2.021397	4.11173325	15.0312164	23.4639628	4.53521715
62	15:30	5.40837093	1.32781817	6.45217681	3.65574803	1.992941	4.05385074	14.819616	23.1336512	4.47137309
63	15:45	5.24529454	1.28778102	6.25762696	3.54551776	1.93284866	3.93161664	14.3727662	22.4361117	4.33654961
64	16:00	5.21990291	1.28154708	6.2273348	3.52835448	1.92349205	3.91258432	14.30319	22.3275021	4.31555707
65	16:15	5.23096892	1.28426391	6.24053653	3.53583446	1.92756979	3.92087886	14.3335122	22.3748356	4.3247059
66	16:30	5.25774891	1.29083871	6.272485	3.5539362	1.937438	3.94095183	14.4068928	22.4893838	4.34684627
67	16:45	5.15639657	1.26595553	6.15157185	3.48542784	1.90009048	3.86498307	14.1291746	22.0558615	4.26305318
68	17:00	5.03224631	1.23547519	6.00346081	3.4015094	1.85434211	3.7719261	13.7889873	21.5248238	4.16041189
69	17:15	5.21909014	1.28134753	6.22636517	3.5278051	1.92319255	3.91197511	14.3009629	22.3240256	4.31488512
70	17:30	5.11083879	1.25477056	6.09722149	3.4546334	1.8833028	3.83083518	14.0043406	21.8609935	4.22538826
71	17:45	5.10301201	1.252849	6.08788417	3.44934295	1.8804187	3.82496861	13.9828942	21.8275155	4.21891747
72	18:00	5.13475671	1.26064269	6.12575553	3.47080054	1.89211636	3.84876288	14.0698787	21.9632996	4.24516241
73	18:15	4.5805883	1.12458788	5.46463361	3.09621453	1.68790978	3.4333853	12.5513876	19.5929113	3.78700343
74	18:30	4.73436972	1.16234301	5.64809457	3.20016194	1.74457699	3.54865235	12.972768	20.2506927	3.91414229
75	18:45	5.19174115	1.27463304	6.19373787	3.50931875	1.91311467	3.89147564	14.2260232	22.2070436	4.29227433
76	19:00	5.92403669	1.45442014	7.06736513	4.00430846	2.18295966	4.44036862	16.232605	25.339349	4.89769999
77	19:15	6.42188696	1.57664819	7.66129961	4.34082664	2.36641346	4.81353286	17.5967773	27.4688432	5.30929792
78	19:30	6.53762657	1.60506361	7.79937675	4.41905997	2.40906257	4.90028562	17.9139184	27.9639054	5.40498569
79	19:45	6.68161595	1.64041468	7.97115583	4.51638852	2.4621215	5.00821303	18.3084674	28.5798025	5.52402898
80	20:00	6.69141881	1.6428214	7.98285063	4.52301469	2.46573377	5.01556078	18.3353285	28.6217331	5.5321335
81	20:15	6.77640114	1.66368555	8.08423439	4.58045786	2.49704907	5.07925938	18.5681907	28.9852347	5.60239268
82	20:30	6.74238449	1.65533407	8.04365258	4.55746456	2.48451421	5.05376216	18.4749808	28.8397326	5.5742694
83	20:45	6.87298573	1.6873982	8.19945963	4.64574349	2.53263972	5.15165447	18.8328446	29.3983635	5.68224403
84	21:00	6.78627543	1.66610981	8.0960144	4.58713231	2.50068767	5.08666067	18.5952475	29.0274707	5.61055625
85	21:15	6.73848319	1.65437626	8.03899835	4.55482751	2.48307662	5.05083794	18.4642908	28.8230452	5.571044
86	21:30	6.52382729	1.60167573	7.78291424	4.40973245	2.40397765	4.88994236	17.8761066	27.9048806	5.39357714
87	21:45	6.42660284	1.57780599	7.66692564	4.3440143	2.36815123	4.81706766	17.6096994	27.4890148	5.31319678
88	22:00	6.26872965	1.53904628	7.47858321	4.2373011	2.30997623	4.69873362	17.177107	26.8137314	5.18267505
89	22:15	6.14689003	1.50913323	7.33322876	4.15494451	2.26507932	4.60740859	16.8432512	26.2925772	5.08194408
90	22:30	5.85755258	1.43809751	6.98804971	3.95936902	2.1584608	4.39053537	16.0504302	25.0549713	4.84273422
91	22:45	5.6694315	1.39191159	6.7636216	3.83220998	2.08913971	4.249529	15.5349548	24.2503062	4.68720503
92	23:00	5.47271484	1.34361535	6.52893897	3.69924082	2.0166512	4.10207979	14.9959264	23.4088745	4.52456944
93	23:15	5.26447079	1.29248901	6.2805042	3.55847981	1.93991496	3.94599022	14.4253116	22.5181358	4.35240359
94	23:30	5.13039998	1.25957306	6.12055796	3.46785564	1.89051095	3.84549729	14.0579407	21.9446642	4.24156049
95	23:45	5.16087643	1.26705539	6.15691631	3.48845597	1.90174127	3.86834095	14.14145	22.0750235	4.2667569
96	00:00	4.8628845	1.19389489	5.80141248	3.28703055	1.79193365	3.64498075	13.3249147	20.8003991	4.02039194

Fuente: Elaboración Propia

- En la siguiente tabla 6 se observa una muestra de la data que corresponde a la evaluación de las primeras 9 cargas de un total de 118 cargas concentradas.

Tabla 6. Potencia reactiva (kVAR) de las cargas concentradas obtenidas del Cymdist

PUNTO	HORA	03596AA	03597AA	03931AA	03951AA	03952AA	04627AA	04711AA	04994A	12362A
1	00:15	1.50795898	0.37022153	1.79899235	1.01929364	0.5556707	1.13029241	4.13199711	6.45011179	1.24670576
2	00:30	1.49796687	0.36776835	1.78707178	1.01253954	0.55198869	1.12280281	4.10461746	6.40737173	1.23844478
3	00:45	1.43128108	0.35139621	1.70751576	0.96746378	0.52741552	1.0728184	3.92189003	6.12213137	1.18331228
4	01:00	1.32589459	0.32552259	1.58178986	0.89622857	0.48858144	0.99382584	3.6331178	5.67135342	1.09618395
5	01:15	1.09190719	0.26807596	1.30264331	0.73806653	0.40235898	0.8184403	2.99196291	4.67050066	0.90273475
6	01:30	0.86994574	0.21358183	1.0378437	0.58803334	0.32056798	0.65206884	2.38376065	3.72108747	0.71922803
7	01:45	0.85666518	0.2103213	1.02200002	0.57905644	0.3156742	0.64211438	2.34737025	3.66428148	0.70824832
8	02:00	0.85769944	0.21057522	1.02323389	0.57975555	0.31605531	0.64288962	2.35020426	3.66870542	0.7091034
9	02:15	0.84619348	0.20775037	1.0095073	0.57197818	0.31181546	0.63426531	2.31867648	3.61949007	0.69959084
10	02:30	1.09441315	0.2686912	1.30563292	0.73976041	0.4032824	0.82031865	2.99882957	4.68121962	0.90480656
11	02:45	1.36851984	0.33598759	1.63264171	0.92504079	0.50428851	1.02577565	3.74991635	5.85367778	1.13142439
12	03:00	1.33208891	0.32704337	1.58917968	0.90041558	0.490864	0.9984688	3.65009103	5.6978489	1.10130511
13	03:15	1.36018162	0.33394046	1.62269423	0.91940463	0.50121594	1.01952572	3.72706858	5.81801206	1.12453077
14	03:30	1.32615468	0.32558645	1.58210015	0.89640437	0.48867728	0.99402078	3.63383047	5.67246591	1.09639897
15	03:45	1.34435025	0.33005367	1.60380743	0.90870353	0.49538221	1.0076593	3.68368863	5.75029527	1.11144217
16	04:00	1.29412955	0.31772391	1.54389423	0.87475723	0.47687629	0.97001632	3.54607762	5.53548234	1.06992219
17	04:15	1.30342508	0.32000607	1.55498378	0.88104047	0.48030161	0.97698379	3.57154852	5.57524282	1.07760727
18	04:30	1.28462679	0.31539087	1.53255746	0.86833391	0.4733746	0.96289351	3.52003886	5.49483543	1.06206578
19	04:45	1.28248851	0.31486589	1.53000649	0.86688855	0.47258665	0.96129076	3.51417969	5.48568918	1.06029795
20	05:00	1.29134152	0.31703941	1.54056812	0.87287268	0.47584892	0.96792655	3.53843806	5.52355687	1.06761718
21	05:15	1.31547752	0.32296508	1.56936232	0.88918723	0.48474284	0.98601771	3.60457373	5.62679569	1.08757163
22	05:30	1.32692772	0.32577624	1.58302238	0.8969269	0.48896214	0.99460022	3.6359487	5.67577251	1.09703809
23	05:45	1.08336842	0.26597959	1.29245658	0.73229481	0.39921251	0.81204006	2.96856562	4.63397713	0.89567533
24	06:00	0.62404448	0.1532102	0.74448394	0.42181822	0.22995535	0.46775327	1.7099603	2.66927463	0.51592905
25	06:15	0.6267446	0.15387311	0.74770518	0.42364334	0.23095032	0.46977714	1.71735896	2.68082406	0.51816138
26	06:30	0.67068307	0.16466052	0.80012369	0.45334322	0.24714129	0.50271127	1.83775589	2.86876553	0.55448753
27	06:45	0.67860756	0.16660608	0.8095776	0.45869973	0.2500614	0.50865109	1.85947	2.90266161	0.56103911
28	07:00	0.67992895	0.16693049	0.81115402	0.45959291	0.25054832	0.50964154	1.86309077	2.90831368	0.56213156
29	07:15	0.95674977	0.23489323	1.14140075	0.64670788	0.35255456	0.7171329	2.62161459	4.09238118	0.7909933
30	07:30	1.18634663	0.29126194	1.4153094	0.80190217	0.43715915	0.8892275	3.25073886	5.07445395	0.98081261
31	07:45	1.25827675	0.30892162	1.5011219	0.85052279	0.46366482	0.94314281	3.44783642	5.38212631	1.04028087
32	08:00	1.49721411	0.36758354	1.78617375	1.01203072	0.5517113	1.12223858	4.10255482	6.40415192	1.23782244
33	08:15	1.69239407	0.41550249	2.01902309	1.14396116	0.62363354	1.26853595	4.63737244	7.23901054	1.39918756
34	08:30	1.97722399	0.48543156	2.35882467	1.33648983	0.72859107	1.48203055	5.41784223	8.45733602	1.63467082
35	08:45	2.00244574	0.4916238	2.38891417	1.35353828	0.73788508	1.50093554	5.48695298	8.56521898	1.65552291
36	09:00	2.04987204	0.50326751	2.44549367	1.38559574	0.75536129	1.53648398	5.61690701	8.76807926	1.69473263
37	09:15	2.13623983	0.52447181	2.54853028	1.44397539	0.78718712	1.60122106	5.85356559	9.13750698	1.76613723
38	09:30	2.16381392	0.53124157	2.58142612	1.4626139	0.79734795	1.62188925	5.92912207	9.25545181	1.78893413
39	09:45	2.21677464	0.54424404	2.64460817	1.4984123	0.81686355	1.66158602	6.07424111	9.48198489	1.83271943
40	10:00	2.14888101	0.52757536	2.56361118	1.4525201	0.79184529	1.61069627	5.88820401	9.19157809	1.77658833
41	10:15	2.23188154	0.54795296	2.66263067	1.5086237	0.82243032	1.67290941	6.1156359	9.54660281	1.84520906
42	10:30	2.24026483	0.55001116	2.67263192	1.51429032	0.82551949	1.67919312	6.13860719	9.58246134	1.85213996
43	10:45	2.30426501	0.56572395	2.74898401	1.55755076	0.84910304	1.72716452	6.3139757	9.85621432	1.90505213
44	11:00	2.2593273	0.55469122	2.69537341	1.52717545	0.83254386	1.69348141	6.19084072	9.66399871	1.86789985
45	11:15	2.43272364	0.59726204	2.90223494	1.64438142	0.89643901	1.82345085	6.6659685	10.4056806	2.01125536

46	11:30	2.44618386	0.60056668	2.91829296	1.65347976	0.90139899	1.83353997	6.7028512	10.463255	2.02238361
47	11:45	2.53277721	0.62182636	3.02159866	1.71201188	0.93330794	1.89844611	6.94012786	10.8336476	2.09397469
48	12:00	2.57514734	0.63222872	3.07214615	1.74065166	0.94892099	1.93020469	7.05622733	11.0148807	2.12900422
49	12:15	2.17557498	0.53412905	2.59545705	1.47056637	0.80168181	1.63070477	5.96134886	9.30575834	1.79865759
50	12:30	2.08093385	0.51089354	2.48255034	1.40659173	0.76680731	1.55976639	5.70202025	8.90094234	1.72041299
51	12:45	1.90604649	0.46795666	2.27391004	1.28837792	0.70236273	1.42867937	5.22280692	8.15288288	1.57582479
52	13:00	1.86380891	0.45758684	2.22352068	1.25982774	0.68679852	1.39702014	5.10707063	7.97221673	1.54090485
53	13:15	1.90268641	0.46713172	2.26990146	1.2861067	0.70112457	1.42616082	5.21359987	8.13851052	1.57304684
54	13:30	2.05187738	0.50375984	2.44788603	1.38695123	0.75610024	1.53798709	5.62240189	8.77665684	1.69639055
55	13:45	2.27266026	0.55796461	2.71127961	1.53618777	0.83745695	1.70347515	6.22737472	9.72102885	1.87892289
56	14:00	2.32179524	0.57002782	2.76989755	1.56940019	0.85556279	1.74030433	6.36201074	9.93119777	1.91954526
57	14:15	2.36752559	0.58125516	2.82445378	1.60031128	0.87241405	1.77458157	6.48731766	10.1268038	1.95735285
58	14:30	2.4420222	0.59954495	2.91332809	1.65066671	0.89986545	1.83042059	6.69144771	10.445454	2.01894295
59	14:45	2.45428479	0.60255556	2.92795735	1.65895552	0.90438412	1.83961203	6.72504877	10.4979058	2.02908105
60	15:00	2.46184313	0.60441122	2.93697443	1.66406452	0.9071693	1.84527739	6.74575956	10.5302356	2.03532991
61	15:15	2.47813247	0.60841044	2.95640759	1.67507518	0.9131718	1.85748709	6.79039441	10.5999113	2.04879713
62	15:30	2.40547623	0.59057248	2.86972882	1.62596373	0.88639856	1.80302752	6.59130717	10.2891331	1.98872855
63	15:45	2.30513854	0.56593841	2.75002614	1.55814122	0.84942493	1.72781929	6.3163693	9.85995077	1.90577432
64	16:00	2.28940084	0.56207462	2.73125109	1.54750344	0.84362571	1.71602307	6.27324601	9.79263464	1.89276317
65	16:15	2.31549675	0.56848147	2.76238347	1.56514278	0.85324185	1.73558329	6.34475209	9.90425675	1.91433798
66	16:30	2.30078008	0.56486836	2.7448265	1.55519515	0.84781887	1.72455239	6.30442656	9.84130796	1.90217096
67	16:45	2.24910344	0.55218114	2.68317637	1.52026471	0.82877645	1.68581811	6.16282608	9.62026741	1.85944728
68	17:00	2.05138662	0.50363935	2.44730055	1.3866195	0.7559194	1.53761923	5.62105714	8.77455766	1.69598481
69	17:15	2.14517523	0.52666555	2.55919019	1.45001521	0.79047974	1.60791859	5.87804971	9.17572706	1.77352458
70	17:30	2.04011618	0.50087233	2.43385494	1.37900133	0.75176633	1.52917147	5.59017472	8.72634974	1.68666697
71	17:45	2.02965173	0.49830318	2.42137086	1.37192796	0.74791026	1.52132782	5.5615008	8.68158929	1.67801547
72	18:00	2.00828568	0.49305757	2.39588121	1.35748574	0.74003705	1.50531288	5.50295515	8.59019863	1.66035109
73	18:15	1.46993819	0.36088698	1.75363362	0.99359377	0.54166035	1.10179388	4.02781537	6.28748246	1.21527206
74	18:30	1.44733306	0.35533716	1.72666574	0.978314	0.53333054	1.08485018	3.96587448	6.19079177	1.19658326
75	18:45	1.6140583	0.39627015	1.92556865	1.09101068	0.59476744	1.20981928	4.42272258	6.90393877	1.33442342
76	19:00	1.83625912	0.45082304	2.19065383	1.24120567	0.67664665	1.37637016	5.03158074	7.85437584	1.51812805
77	19:15	1.83779144	0.45119924	2.19248189	1.24224143	0.6772113	1.37751872	5.03577951	7.86093017	1.5193949
78	19:30	1.80754273	0.44377283	2.15639523	1.22179504	0.66606489	1.35484576	4.95289424	7.73154498	1.49438676
79	19:45	1.80640498	0.4434935	2.1550379	1.22102599	0.66564564	1.35399296	4.94977666	7.72667838	1.49344613
80	20:00	1.75744606	0.43147352	2.09662999	1.18793257	0.64760468	1.31729575	4.81562307	7.51726254	1.45296932
81	20:15	1.85288303	0.4549044	2.21048612	1.25244248	0.68277243	1.38883063	5.07713235	7.9254826	1.53187187
82	20:30	1.79226841	0.44002281	2.138173	1.21147048	0.66043643	1.34339688	4.91104069	7.66621093	1.48175871
83	20:45	1.9744504	0.48475061	2.35551579	1.33461504	0.72756902	1.4799516	5.41024224	8.44547233	1.63237776
84	21:00	1.92346228	0.47223243	2.29468704	1.30014999	0.70878031	1.44173339	5.27052836	8.22737679	1.5902233
85	21:15	1.94526665	0.47758566	2.32069962	1.3148885	0.71681505	1.45807689	5.33027509	8.32064236	1.60825008
86	21:30	1.82720339	0.44859975	2.17985036	1.23508451	0.67330969	1.36958243	5.0067669	7.81564105	1.51064122
87	21:45	1.81197811	0.44486177	2.16168663	1.2247931	0.6676993	1.35817031	4.96504774	7.75051678	1.49805372
88	22:00	1.73854525	0.42683315	2.07408136	1.17515671	0.64063988	1.30312862	4.76383247	7.43641662	1.43734307
89	22:15	1.74108844	0.42745753	2.07711538	1.17687576	0.64157702	1.30503487	4.77080112	7.44729479	1.43944565
90	22:30	1.66342101	0.40838927	1.98445827	1.12437704	0.6129572	1.24681916	4.5579826	7.11508177	1.37523406
91	22:45	1.63719969	0.40195163	1.95317629	1.10665293	0.60329486	1.22716494	4.48613291	7.00292327	1.35355558
92	23:00	1.63663419	0.40181279	1.95250164	1.10627068	0.60308648	1.22674106	4.48458335	7.00050439	1.35308805
93	23:15	1.64314947	0.40341237	1.96027437	1.11067464	0.60548731	1.2316246	4.50243605	7.02837274	1.35847456
94	23:30	1.67737494	0.41181512	2.00110529	1.13380909	0.61809911	1.25727834	4.59621813	7.17476803	1.38677048
95	23:45	1.76456528	0.43322137	2.10512321	1.19274475	0.65022805	1.32263197	4.83513063	7.54771415	1.45885514
96	00:00	1.63565215	0.40157169	1.95133008	1.10560688	0.6027246	1.22600498	4.48189245	6.99630386	1.35227615

Fuente: Elaboración Propia

- En las figuras 8 y 9 se observa los perfiles típicos horarios de demanda (kW, KVAR) de las 118 cargas concentradas los cuales fueron obtenidas de los flujos de potencia en software Cymdist de la simulación de la demanda del perfil típico diario escogido.

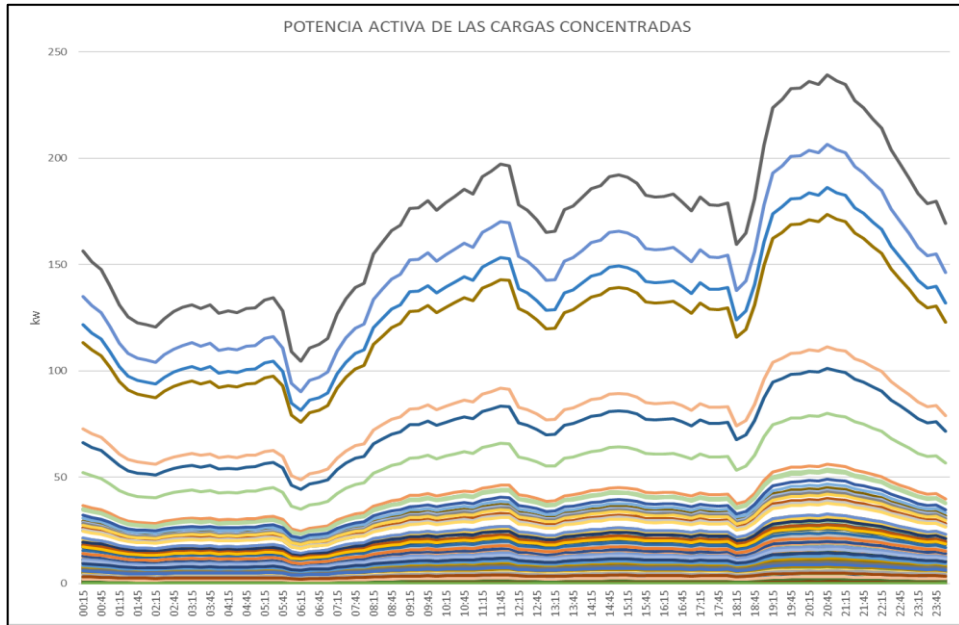


Fig. 9- Curvas de potencia activa (KW) de las cargas concentradas
Fuente: Elaboración Propia

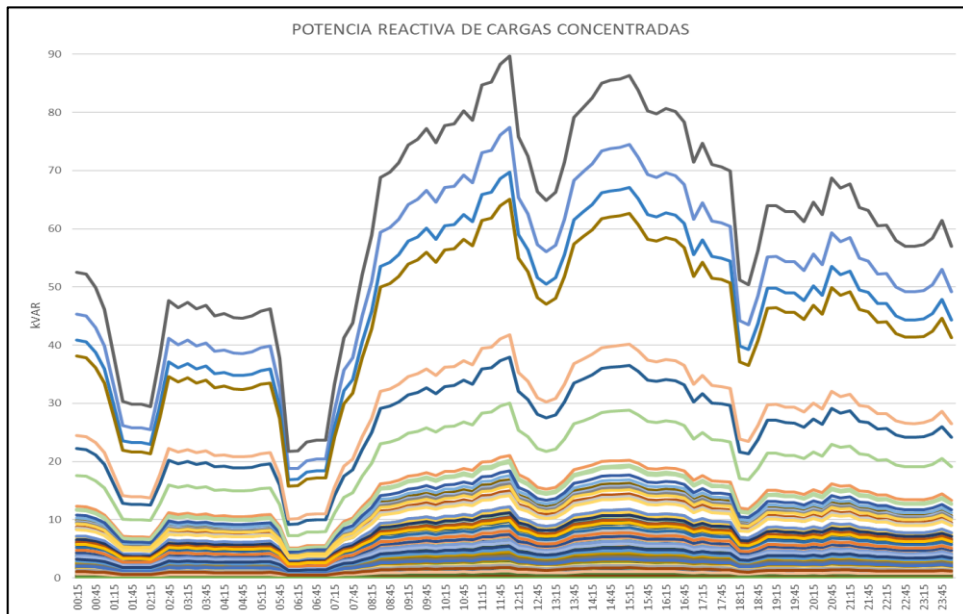


Fig. 10- Curvas de potencia reactiva (KVAR) de las cargas concentradas
Fuente: Elaboración Propia

F. Modelar la red eléctrica Caudivilla-51 en el software Digsilent Power Factory.

Se realizó la verificación de los parámetros eléctricos de los conductores de la red CV-51 y se realizó una base de datos de dichos conductores.

Tabla 7. Conductores de la red Caudivilla -51

DETALLE DE SECCIONAMIENTO													
SET	Alimentador	Sección	Subterráneo	Aéreo	Nombre Enel	Nombre Digsilent	Rv(Ohm./km)	Xs(Ohm./km)	R0(Ohm./km)	X0(Ohm./km)	C+(uF./km)	C0(uF./km)	IN (Amp.)
CV	CV-51	CU 3 - 1x 25 mm2	0	0.569	1-A 25 CU	(25)	0.843	0.458	1.021	1.982	0.171	0.150	146
CV	CV-51	AA 3 - 1x 33 mm2	0	15.762	1-A 33 AL	(33)*	1.155	0.447	1.332	1.971	0.010	0.004	130
CV	CV-51	A5 3X70	0	1.297	1-B 70 AL	(70)A5	0.568	0.154	0.746	2.464	0.010	0.004	228
CV	CV-51	CU 3 - 1x 35 mm2	0	0.215	1-A 35 CU	(35)	0.602	0.445	0.780	1.969	0.010	0.004	182
CV	CV-51	NA2XSY 3-1X240 (20)	1.086	0	1-C 240 AL	(240)A2	0.162	0.144	0.162	0.144	0.268	0.268	405
CV	CV-51	NA2XSY 3-1X70 (20)	0.387	0	1-C 70 AL	(70)A2	0.569	0.171	0.569	0.171	0.168	0.168	206
CV	CV-51	N2XSY 3 - 1x 25	0.055	0	1-C 25 CU	(25)**	0.927	0.185	0.927	0.185	0.171	0.150	140
CV	CV-51	NA2XSA2Y 3-1X120 (20)	3.424	0	1-C 120 AL	(120)A2R	0.324	0.149	0.324	0.149	0.260	0.260	300
CV	CV-51	NA2XSA2Y 3-1X240 (20)	0.71	0	1-C 240 AL	(240)A2R	0.160	0.137	0.160	0.137	0.340	0.340	445
CV	CV-51	AA 3 - 1x 120 mm2	0	13.235	1-A 120 AL	(120)*	0.329	0.396	0.507	1.920	0.011	0.004	293
CV	CV-51	AA 3 - 1x 70 mm2	0	33.938	1-A 70 AL	(70)*	0.520	0.418	0.698	1.942	0.010	0.004	217
CV	CV-51	CU 3 - 1x 13 mm2	0	1.296	1-A 13 CU	(13)	1.622	0.483	1.799	2.007	0.009	0.004	96
CV	CV-51	CU 3 - 1x 16 mm2	0	5.585	1-A 16CU	(16)	1.318	0.475	1.495	1.999	0.009	0.004	110

Fuente: Elaboración Propia

Se modeló toda la red eléctrica de Caudivilla-51 considerando el diagrama unifilar del año 2020.

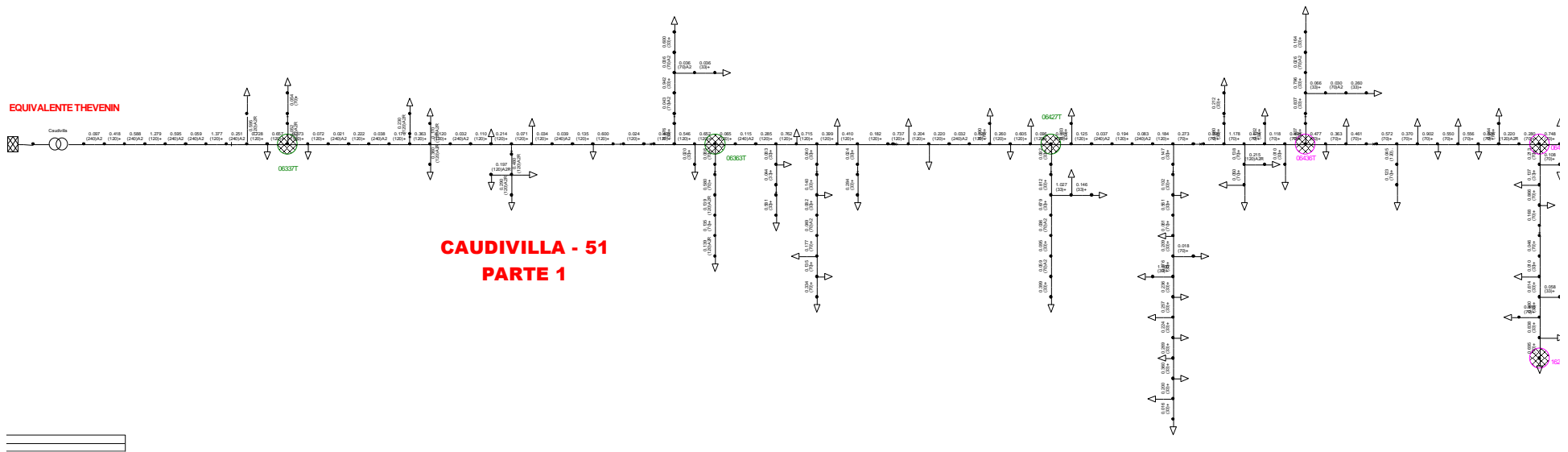
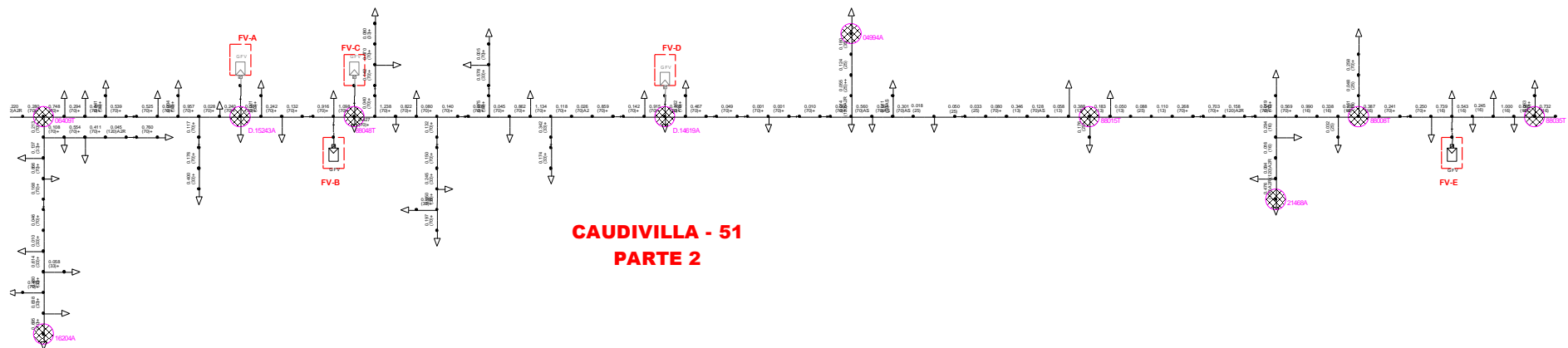


Fig. 11- Modelamiento Digsilent Caudivilla -51 (Parte 1)
Fuente: Elaboración Propia



**CAUDIVILLA - 51
PARTE 2**

Fig. 12- Modelamiento Digsilent Caudivilla -51 (Parte 2)
Fuente: Elaboración Propia

Se modeló los perfiles típicos de carga diarios (kW, kVAR) de las 118 cargas concentradas.

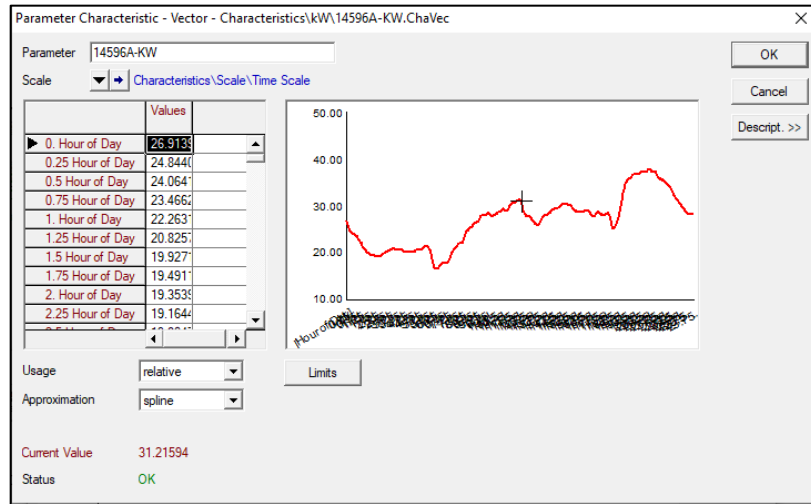


Fig. 13- Ejemplo de modelamiento de perfil típico de potencia activa de una carga concentrada
Fuente: Elaboración Propia

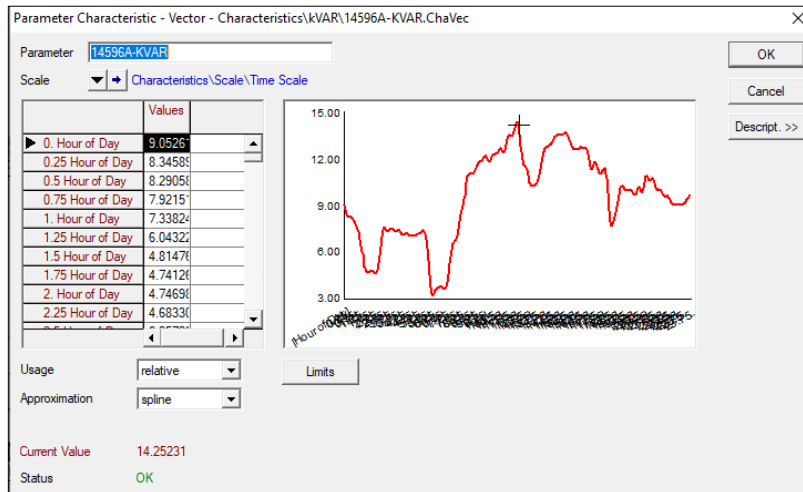


Fig. 14- Ejemplo de modelamiento de perfil típico de potencia reactiva de una carga concentrada
Fuente: Elaboración Propia

Se aplicó el DPL Time Sweep de la librería del Digsilent PowerFactory para efectuar las 96 simulaciones de flujo de carga.

```
DPL Command - \Library\Scripts\TimeSweep.ComDpl
Basic Options
Advanced Options
Script
Description
Version

Program text
int i, sweep, i_err;
int Balanced, inotopo;
int year, leap_year;
int originalStudyTime, studyTime;
double max_hours, stop_hoy;
double TotLossLast, TotGenLast, TotInfeedLast, TotLoadLast;
string sStudyTime, sUnit;
object com, tset;
object SumGrid;
set sFeeder;
object oFeeder;

ClearOutput();

sFeeder=AllRelevant('*.ElmFeeder');

SumGrid = SummaryGrid();
if (SumGrid=NULL) {
    printf('No Summary Grid found. '); exit();
}

com = GetCaseCommand('ComLdf');
if (com=NULL) {
    printf('No loadflow command available. '); exit();
}

inotopo = com:iopt_notopo;
if (com:iopt_net=0) Balanced = 1; else Balanced = 0;

Read Only
Close
Cancel
Save
Check
Contents
Ln 1, Col 1
```

Fig. 15- Script del DPL utilizado en el Digsilent
Fuente: Elaboración Propia

G. Irradiancia Solar Promedio

Se ubicaron las coordenadas de la Red de Caudivilla (Red de 60 km cuya extensión comprende desde el distrito de Carabayllo hasta el distrito de Santa Rosa de Quives) en la Base de Datos de la Nasa Power Access obteniéndose los parámetros de Irradiancia Solar Directa e Irradiancia Solar Difusa, para lo cual se calculó el promedio por hora de cada mes tanto para la Irradiancia Solar Directa como para la Irradiancia Solar Difusa dentro del periodo de tiempo del 01/01/2018 al 31/12/2020 (3 años) y se analizó la irradiancia mensual.

Los datos obtenidos de la NASA Power Access son los siguientes:

- Irradiancia difusa: ALLSKY_SFC_PAR_TOT
- Irradiancia directa: CLRSKY_SFC_PAR_TOT

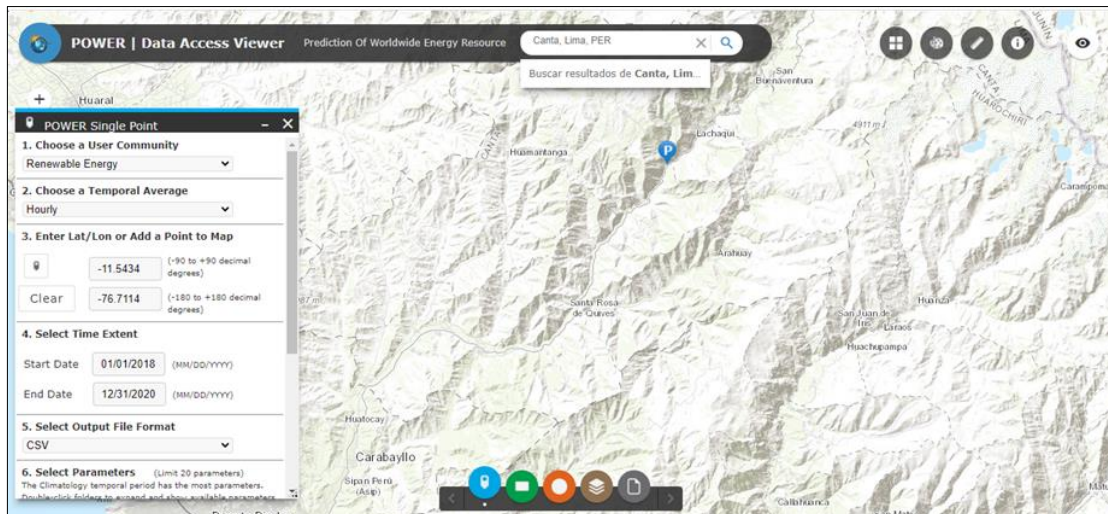


Fig. 16- Base de Datos de la Nasa Power Access

De las 2 irradiancias se obtendrá la irradiancia global mediante la suma aritmética:

$$I_{\text{Global}} = I_{\text{difusa}} + I_{\text{directa}}$$

- Se evaluó el mes de **noviembre** correspondiente al mes de mayor irradiancia solar y también se obtuvo la información técnica del mes de **junio** correspondiente a la menor irradiancia solar.

Tabla 8. Irradiancia promedio horaria mínima en el año (mes de junio)

Hora	ALLSKY_SFC_PAR_TOT	CLRSKY_SFC_PAR_TOT	IRRADIANCIA GLOBAL
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	5.51	6.94	12.45
7	80.38	88.86	169.24
8	169.67	191.29	360.96
9	250.39	278.70	529.10
10	311.64	342.22	653.87
11	339.75	376.89	716.64
12	343.80	385.37	729.17
13	313.06	357.28	670.34

Hora	ALLSKY_SFC_PAR_TOT	CLRSKY_SFC_PAR_TOT	IRRADIANCIA GLOBAL
14	256.14	299.80	555.94
15	182.48	217.02	399.50
16	98.32	116.23	214.55
17	15.10	17.66	32.76
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Irradiancia promedio horaria máxima en el año (mes de noviembre)

Hora	ALLSKY_SFC_PAR_TOT	CLRSKY_SFC_PAR_TOT	IRRADIANCIA GLOBAL
0	0	0	0
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	2.36	3.35	5.70
6	61.68	78.12	139.80
7	158.67	197.32	355.99
8	255.65	309.04	564.69
9	329.94	399.41	729.35
10	375.92	461.44	837.36
11	403.02	490.78	893.80
12	368.25	487.07	855.32
13	311.37	447.37	758.75
14	242.40	376.40	618.80
15	148.49	278.83	427.32
16	78.74	162.80	241.54
17	24.74	46.37	71.11
18	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00

Hora	ALLSKY_SFC_PAR_TOT	CLRSKY_SFC_PAR_TOT	IRRADIANCIA GLOBAL
22	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

H. Modelamiento de la generación distribuida fotovoltaica

- Se revisaron los catálogos de datos técnicos de paneles fotovoltaicos comerciales, optando por seleccionar los paneles fotovoltaicos de 300W para ser modelados en el Digsilent PowerFactory.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN CONDICIONES STC*									
Potencia Nominal (Pmax)	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W	335W	340W
Tensión de circuito abierto (Voc)	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V	46.0V	46.1V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.68A	8.76A	8.85A	8.93A	9.04A	9.15A	9.26A	9.38A	9.50A
Tensión a potencia nominal (Vmp)	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Corriente a potencia nominal (Imp)	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A	8.96A	9.07A
Eficiencia del módulo (%)	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01	17.26	17.52
Temperatura de trabajo	-40° C to +85° C								
Max. tensión de sistema	1000V DC								
Resistencia al fuego	Tipo 1 (en cumplimiento con UL1703) / Clase C (IEC61730)								
Max calibre de fusible	15A								
*Condiciones STC: Irradiancia 1000W/m², temperatura ambiente 25° C, AM1.5									
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN CONDICIONES NOCT*									
Potencia Nominal (Pmax)	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W	247W	251W
Tensión de circuito abierto (Voc)	41.7V	41.8V	41.9V	42.0V	42.1V	42.2V	42.3V	42.4V	42.5V
Corriente de cortocircuito (Isc)	7.03A	7.10A	7.17A	7.23A	7.32A	7.41A	7.50A	7.60A	7.70A
Tensión a potencia nominal (Vmp)	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V	34.1V	34.2V
Corriente a potencia nominal (Imp)	6.62A	6.69A	6.79A	6.89A	6.98A	7.05A	7.15A	7.25A	7.34A
*Condiciones NOCT: Irradiancia 800W/m², temperatura ambiente 20°C, Vel.viento 1m/s									
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS					CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA				
Tipo de celda	Policristalino de 156x156mm				NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	45° C ± 2° C			
Número de celdas	72 (6x12)				Coefficientes de temperatura para Pmax	-0.41%/° C			
Dimensiones del módulo	1956x992x40mm				Coefficientes de temperatura para Voc	-0.31%/° C			
Peso	22.5kg				Coefficientes de temperatura para Isc	0.05%/° C			
Cubierta frontal	3.2mm con vidrio atemperado con recubrimiento AR				EMBALAJE				
Marco	Aleación de aluminio anodizado								

Fig. 17- Datos técnicos de panel fotovoltaico de 300W de la marca CRADY SOLAR

- Con los datos técnicos se seleccionó en el software Digsilent PowerFactory el elemento PV-System el cual amerita los siguientes parámetros más importantes:

1. Datos del panel fotovoltaico:

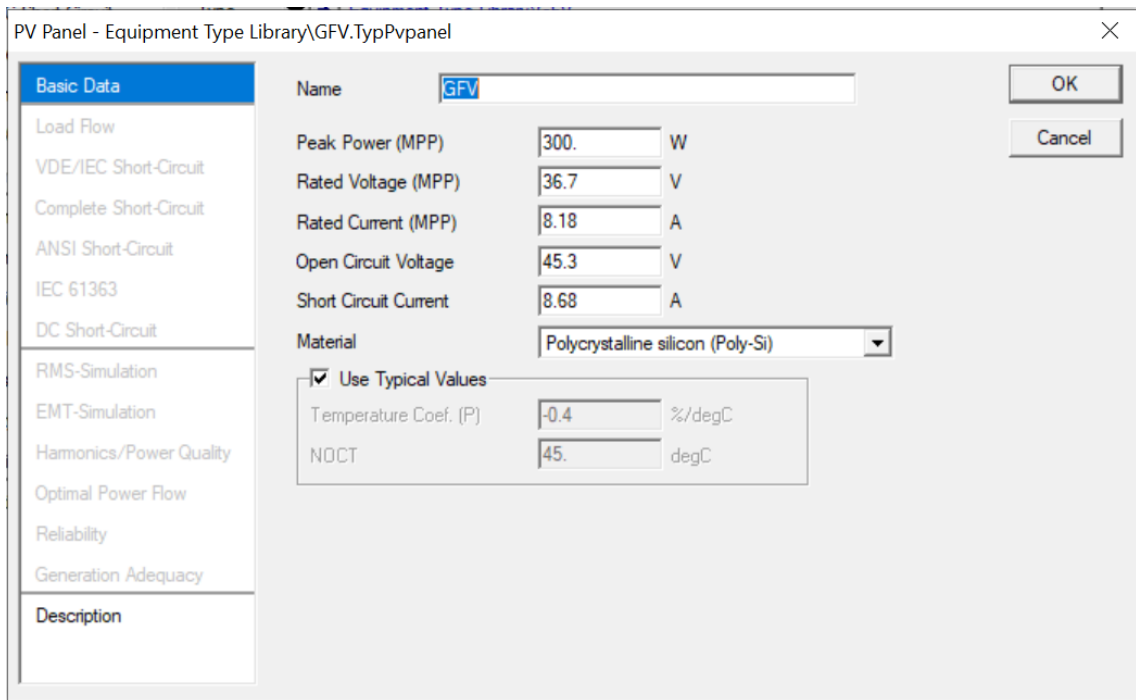


Fig. 18- Datos técnicos de panel 300W en software Digsilent
Fuente: Elaboración Propia

2. Latitud, longitud y zona horario del nodo de instalación del sistema fotovoltaico.
3. Data de irradiancia:

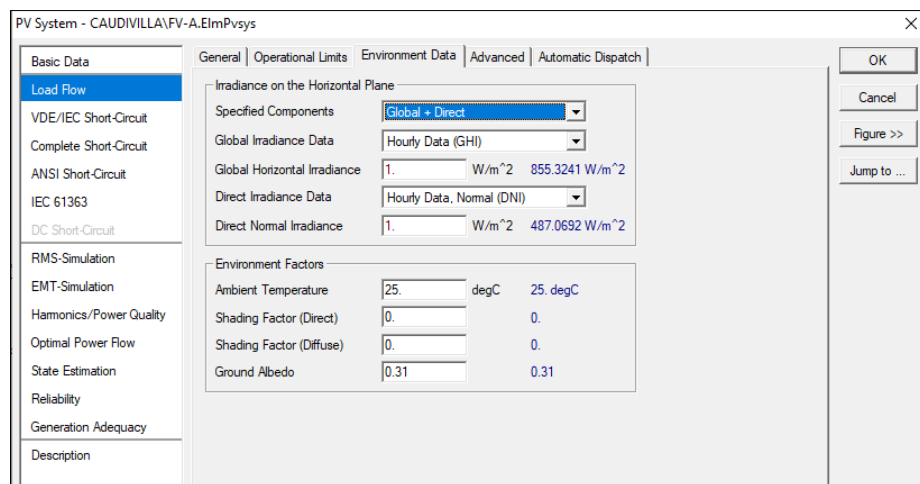


Fig.19- Parámetros de irradiancia solar
Fuente: Elaboración Propia

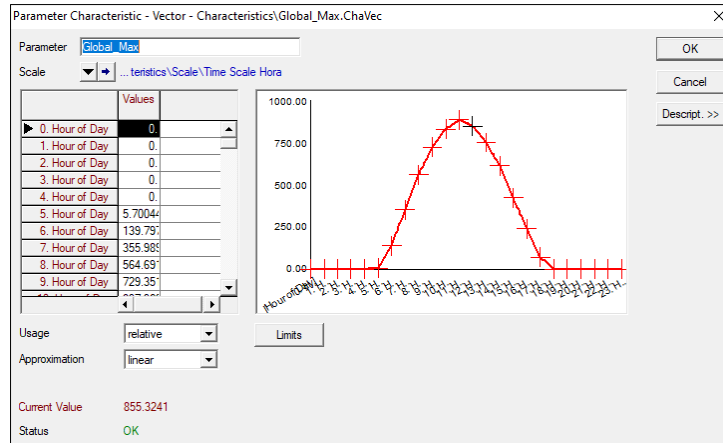


Fig. 20- Modelamiento de irradiancia global
Fuente: Elaboración Propia

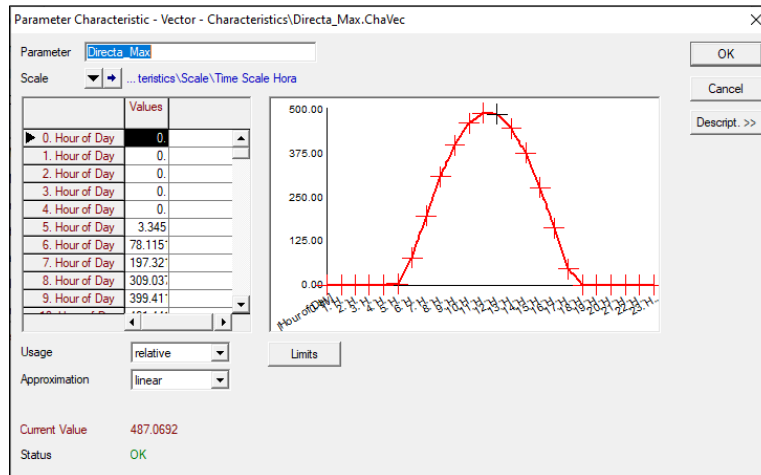


Fig. 21- Modelamiento de irradiancia directa
Fuente: Elaboración Propia

4. Tipo de controlador del generador, factor de potencia.

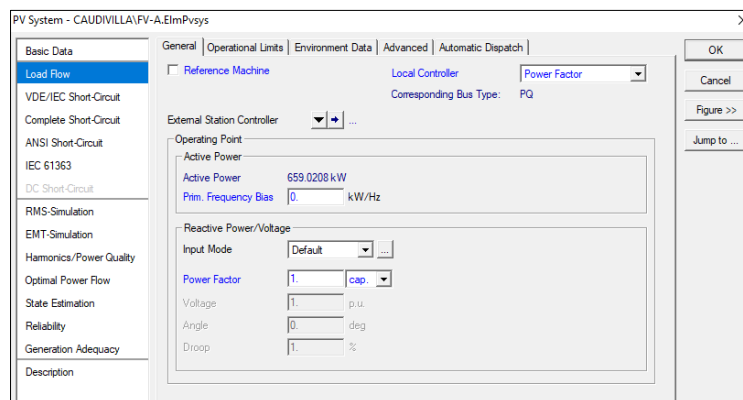


Fig. 22- Tipo de controlador y factor de potencia unitario en Digsilent
Fuente: Elaboración Propia

5. Cantidad de paneles fotovoltaicos
6. Ángulo de inclinación de paneles solares

4.6.4. Metodología de Análisis

Para la evaluación de la implementación de generación distribuida fotovoltaica en el alimentador Caudivilla-51 se consideró los siguientes criterios:

- Reducir las pérdidas técnicas.
- Mejorar el perfil de tensiones del alimentador.

Para ello se analizan 2 etapas:

- Determinar la potencia instalada de la generación fotovoltaica
- Determinar la ubicación óptima de generación fotovoltaica

A. Determinación de la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.

La potencia instalada de generación fotovoltaica será distribuida en diferentes puntos de la red del alimentador Caudivilla-51. Para las posibles ubicaciones se tuvo el siguiente criterio:

- I. **Análisis eléctrico de la red Caudivilla-51:** se verificó el área con mayor caída de tensión en máxima demanda en el escenario actual (sin generación fotovoltaica) identificándose que a partir del nodo 06436T inicia la caída de tensión con valores menores a 0.96 pu. hasta 0.94 pu



Fig. 23- Área con caída de tensión en alimentador Caudivilla-51
Fuente: Elaboración Propia

II. **Análisis demográfico:** del resultado anterior se consideró verificar áreas disponibles para la instalación de generación fotovoltaica (paneles solares y sistemas de conversión de energía) desde el nodo 06436T hasta la red eléctrica final del alimentador. Se utilizó el Google Earth para verificar áreas disponibles mostrados en blanco en la figura 23.

- Se establecieron inicialmente 13 probables nodos de conexión los cuales se evaluó el área disponible en hectáreas y la diferencia de altitud en el área, los resultados se detallan en la tabla 10.

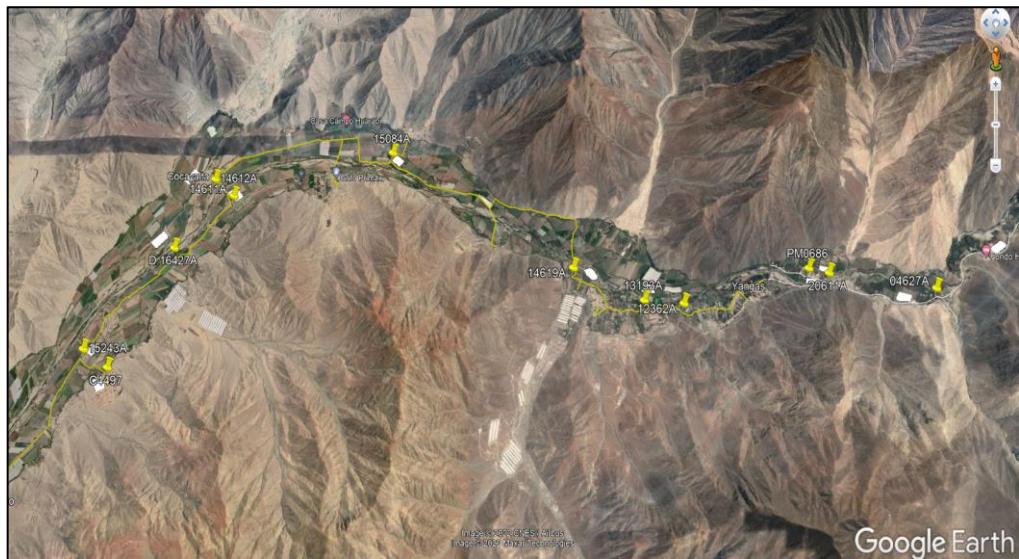


Fig. 24- Nodos probables de conexión de la generación fotovoltaica
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10- (13) Nodos iniciales de probables puntos de interconexión

Conexión FV	Área disponible (Hectáreas)	Diferencia promedio de perfil de elevación(m)
1	2.7	14-17m
2	1.41	2-5 m
3	2.92	3 m
4	2.5	2 - 6 m
5	2.5	4-9 m
6	1.68	2-3 m

Conexión FV	Área disponible (Hectáreas)	Diferencia promedio de perfil de elevación(m)
7	1.91	2-4 m
8	2	2-4 m
9	1	1 a 10m
10	0.77	4 a 7 m
11	2.17	20m
12	2.29	3m
13	1.34	4m

Fuente: Elaboración Propia

- De los 13 nodos anteriores se identificaron solo 5 nodos para evaluar la conexión, se consideró área mayor a 1.4 Hectáreas y con diferencia de altitud menor a 6m.

Tabla 11. (5) Nodos para análisis de puntos de conexión de la generación fotovoltaica

Generación fotovoltaica	Nodo de Conexión FV	Área disponible (Hectáreas)	Diferencia promedio de perfil de elevación(m)	Latitud	Longitud
FV-A	D.15243A	1.41	2-5 m	-11.7021	-76.9386
FV-B	D.16427A	2.92	3 m	-11.6882	-76.9305
FV-C	88048T	2.5	2 - 6 m	-11.6799	-76.9265
FV-D	D.14619A	1.91	2-4 m	-11.6934	-76.8686
FV-E	D.03951A	2.29	3m	-11.6905	-76.8119

Fuente: Elaboración Propia

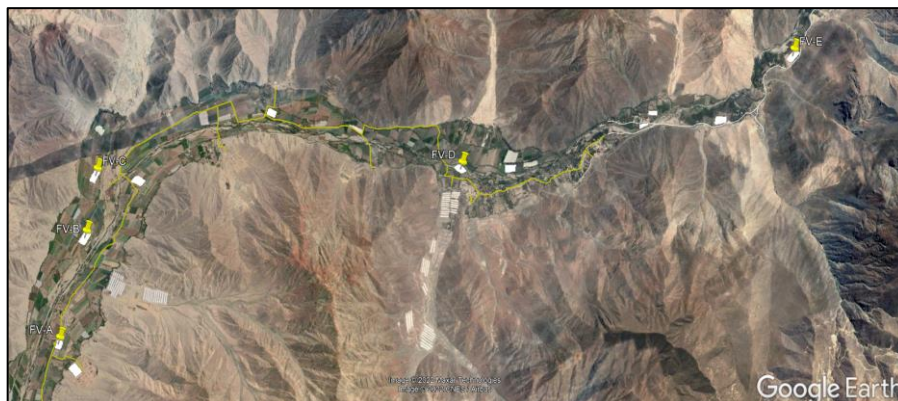


Fig. 25- (5) Nodos probables de conexión de la generación fotovoltaica Fuente: Elaboración Propia

- III. **Modelamiento en Digsilent PowerFactory:** con los datos del ítem 3 del apartado H se modelan los 5 nodos de interconexión para realizar el modelamiento, se ingresan los parámetros de latitud y longitud y su nodo de conexión en la red.
- IV. **Calibre de conductores en puntos de interconexión:** se evaluaron los calibres de los 5 nodos probables de conexión de la generación fotovoltaica los cuales si soportan una cantidad de corriente adicional que sería suministrada por la generación fotovoltaica.

B. Determinación de la potencia instalada de la generación fotovoltaica

Se consideraron los siguientes criterios para determinar la potencia instalada:

- I. **Límite de la potencia instalada y casos de estudio:** la potencia generada por la instalación fotovoltaica no debe suministrar energía al sistema de Enel Distribución Perú. Del análisis de las curvas de demanda de los meses de enero a diciembre del año 2020 se observó que la demanda media se mantiene entre 1.5 a 2.5 MW por lo que se propone una instalación máxima de 3 MW de potencia instalada, la cual será evaluada con los resultados obtenidos de potencia con los valores de irradiancia solar obtenidos en la parte de análisis de datos.

Para esta etapa se consideran 34 casos de estudio con diferentes potencias instaladas en los 5 probables nodos de conexión que fueron obtenidos en el apartado A. La suma de la potencia generada de los 5 puntos de interconexión no supera los 3 MW, los casos son los siguientes:

Tabla 12. (34) Casos de análisis en el software Digsilent PowerFactory

SISTEMA FV	PUNTO A	POTENCIA (KW)	PUNTO B	POTENCIA (KW)	PUNTO C	POTENCIA (KW)	PUNTO D	POTENCIA (KW)	PUNTO E	POTENCIA (KW)	POTENCIA INSTALADA
CASO 1	ON	500	ON	500	ON	500	ON	500	ON	500	2500
CASO 2	ON	1000	ON	500	ON	500	ON	500	ON	500	3000
CASO 3	ON	500	ON	1000	ON	500	ON	500	ON	500	3000
CASO 4	ON	500	ON	500	ON	1000	ON	500	ON	500	3000
CASO 5	ON	500	ON	500	ON	500	ON	1000	ON	500	3000
CASO 6	ON	500	ON	500	ON	500	ON	500	ON	1000	3000
CASO 7	ON	1000	ON	1000	ON	1000	OFF	0	OFF	0	3000
CASO 8	OFF	0	ON	1000	ON	1000	ON	1000	OFF	0	3000
CASO 9	OFF	0	OFF	0	ON	1000	ON	1000	ON	1000	3000
CASO 10	ON	1000	OFF	0	OFF	0	ON	1000	ON	1000	3000
CASO 11	ON	1000	ON	1000	OFF	0	OFF	0	ON	1000	3000
CASO 12	ON	1000	OFF	0	ON	1000	OFF	0	ON	1000	3000
CASO 13	OFF	0	ON	1000	OFF	0	ON	1000	ON	1000	3000
CASO 14	OFF	0	ON	1000	ON	1000	OFF	0	ON	1000	3000
CASO 15	ON	1000	ON	1000	OFF	0	ON	1000	OFF	0	3000
CASO 16	ON	1000	OFF	0	ON	500	ON	500	ON	500	2500
CASO 17	ON	1000	ON	500	OFF	0	ON	500	ON	500	2500
CASO 18	ON	1000	ON	500	ON	500	OFF	0	ON	500	2500
CASO 19	ON	1000	ON	500	ON	500	ON	500	OFF	0	2500
CASO 20	OFF	0	ON	1000	ON	500	ON	500	ON	500	2500
CASO 21	OFF	0	ON	500	ON	1000	ON	500	ON	500	2500
CASO 22	OFF	0	ON	500	ON	500	ON	1000	ON	500	2500
CASO 23	OFF	0	ON	500	ON	500	ON	500	ON	1000	2500
CASO 24	ON	1000	ON	1000	OFF	0	OFF	0	OFF	0	2000
CASO 25	OFF	0	ON	1000	ON	1000	OFF	0	OFF	0	2000
CASO 26	OFF	0	OFF	0	ON	1000	ON	1000	OFF	0	2000
CASO 27	OFF	0	OFF	0	OFF	0	ON	1000	ON	1000	2000
CASO 28	ON	1000	OFF	0	OFF	0	OFF	0	ON	1000	2000
CASO 29	OFF	0	OFF	0	ON	1000	OFF	0	ON	1000	2000
CASO 30	ON	1000	OFF	0	ON	1000	OFF	0	OFF	0	2000
CASO 31	OFF	0	OFF	0	ON	1000	OFF	0	ON	1000	2000
CASO 32	ON	1000	OFF	0	OFF	0	ON	1000	OFF	0	2000
CASO 33	OFF	0	ON	1000	OFF	0	ON	1000	OFF	0	2000
CASO 34	OFF	0	ON	1000	OFF	0	OFF	0	ON	1000	2000

Fuente: Elaboración Propia

II. Modelamiento en Digsilent PowerFactory: con los datos de la tabla 12 se realizan los 34 escenarios de operación en el software Digsilent PowerFactory.

C. Casos de estudio

Del apartado A y B se consideran 34 casos ubicados en 5 nodos de interconexión, se realizará el análisis con la irradiancia máxima y se verificarán los resultados que mejoren el perfil de tensión y disminuyan las pérdidas técnicas realizando un análisis comparativo con el caso base.

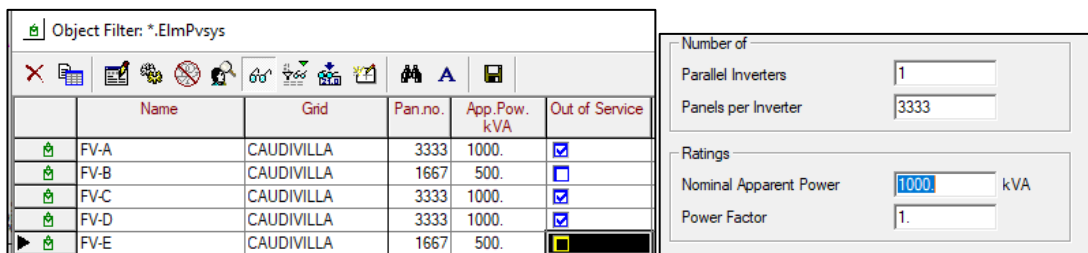
V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Resultado 1: Potencia instalada del modelamiento de la generación distribuida fotovoltaica

La potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica en el alimentador Caudivilla-51 consideró los 34 casos de estudio que se definió en la tabla 12.

Para modelar la potencia instalada en cada sistema de generación se modificó la cantidad de paneles solares modelados en el software Digsilent PowerFactory de acuerdo con cada escenario, asimismo se consideró un factor de potencia unitario.



	Name	Grid	Pan.no.	App.Pow. kVA	Out of Service
<input checked="" type="checkbox"/>	FV-A	CAUDIVILLA	3333	1000.	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	FV-B	CAUDIVILLA	1667	500.	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	FV-C	CAUDIVILLA	3333	1000.	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	FV-D	CAUDIVILLA	3333	1000.	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	FV-E	CAUDIVILLA	1667	500.	<input type="checkbox"/>

Object Filter: *.ElmPvsys

Number of
Parallel Inverters: 1
Panels per Inverter: 3333

Ratings
Nominal Apparent Power: 1000. kVA
Power Factor: 1.

Fig.26- Modelamiento de la potencia instalada en Digsilent
Fuente: Elaboración Propia

Resultado 2: Ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica

La ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica en el alimentador Caudivilla-51 consideró inicialmente 13 ubicaciones de los cuales solo se consignaron y modelaron 5 nodos con los criterios de la metodología descrita en la presente tesis. Estos 5 nodos de conexión finales fueron modelados en Digsilent PowerFactory para el análisis y verificación del impacto en la variable servicio eléctrico.

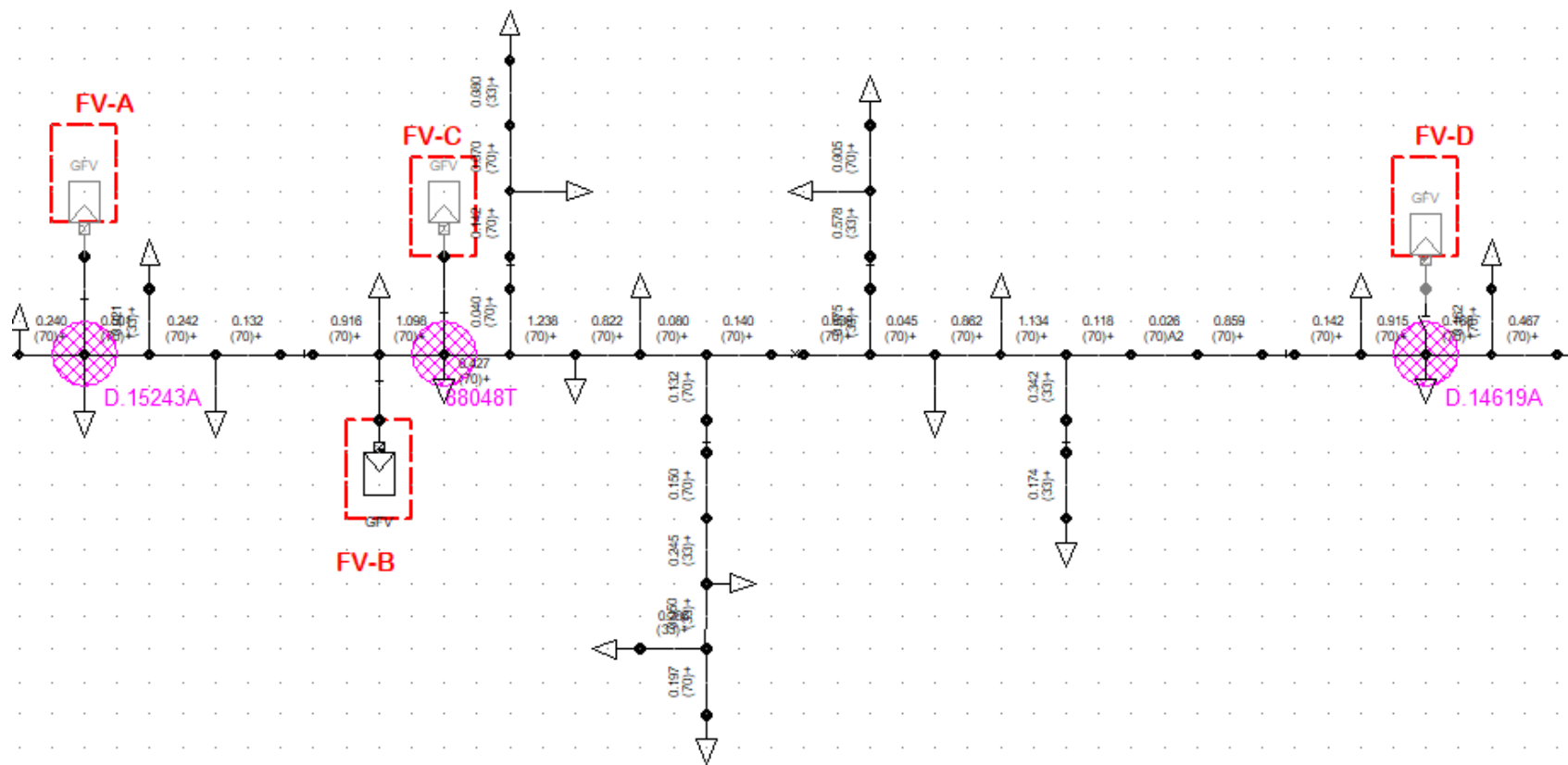


Fig.27- Modelamiento de generación fotovoltaica
Fuente: Elaboración Propia

Resultado 3: Modelamiento de la Generación Fotovoltaica y resultado de los casos de análisis

El modelamiento de la generación distribuida fotovoltaica en el software Digsilent PowerFactory tiene como resultados el siguiente resumen:

Tabla 13. Resultados del modelamiento en Digsilent PowerFactory

Elemento	Cantidad	Descripción
Barras modeladas	314	Representación de puntos de conexión de las cargas y los conductores eléctrico
Cargas modeladas	118	Representación de las cargas concentradas de los transformadores de distribución y cargas MT
Equivalente Thevenin	1	Equivalente del punto de conexión en Caudivilla 10 kV
Generación fotovoltaica	5	5 sistemas fotovoltaicos para análisis

Fuente: Elaboración Propia

La determinación de la ubicación óptima y potencia instalada de la generación fotovoltaica fue realizada con el criterio de mejorar el perfil de tensiones y disminuir las pérdidas técnicas. Se simularon los 34 casos y 96 flujos de potencia por cada caso obteniendo los siguientes resultados:

1. Pérdidas técnicas: se revisaron los 10 casos con las menores pérdidas técnicas, siendo el caso 24, 30 y 32 los casos con menores pérdidas.

Tabla 14. Resultados de las menores pérdidas técnicas

CASOS	Potencia de la generación FV (MW)	Nodos de conexión de la generación FV	Pérdidas técnicas(Mwhxdía)
BASE	0	0	1.413
CASO 16	2.5	4	1.085

CASOS	Potencia de la generación FV (MW)	Nodos de conexión de la generación FV	Pérdidas técnicas(Mwhxdía)
CASO 17	2.5	4	1.083
CASO 18	2.5	4	1.075
CASO 19	2.5	4	1.069
CASO 24	2	2	1.057
CASO 25	2	2	1.066
CASO 26	2	2	1.074
CASO 30	2	2	1.056
CASO 32	2	2	1.057
CASO 33	2	2	1.068

Fuente: Elaboración Propia

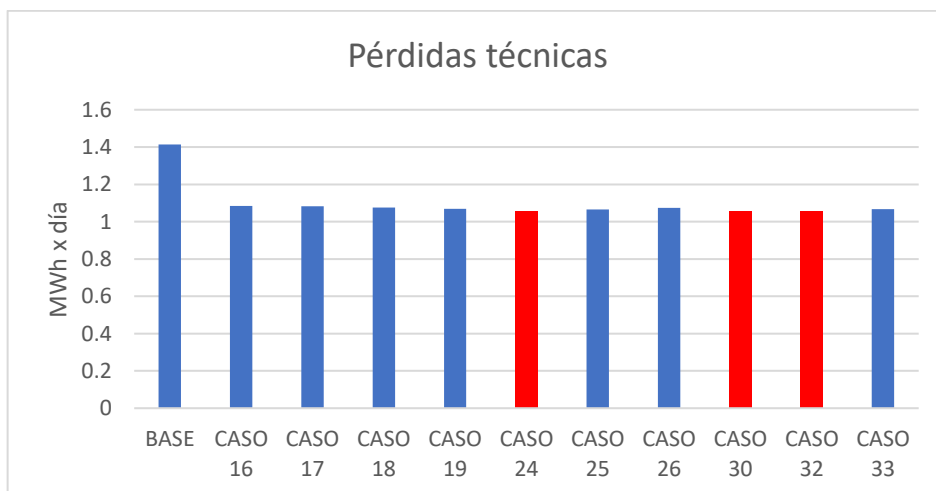


Fig. 28- Menores pérdidas técnicas
Fuente: Elaboración Propia

2. Perfiles de tensión: Para verificar la mejora en los perfiles de tensión se identificaron 11 nodos de análisis (ver figura 28) y se comparó con el caso base (sin generación fotovoltaica).

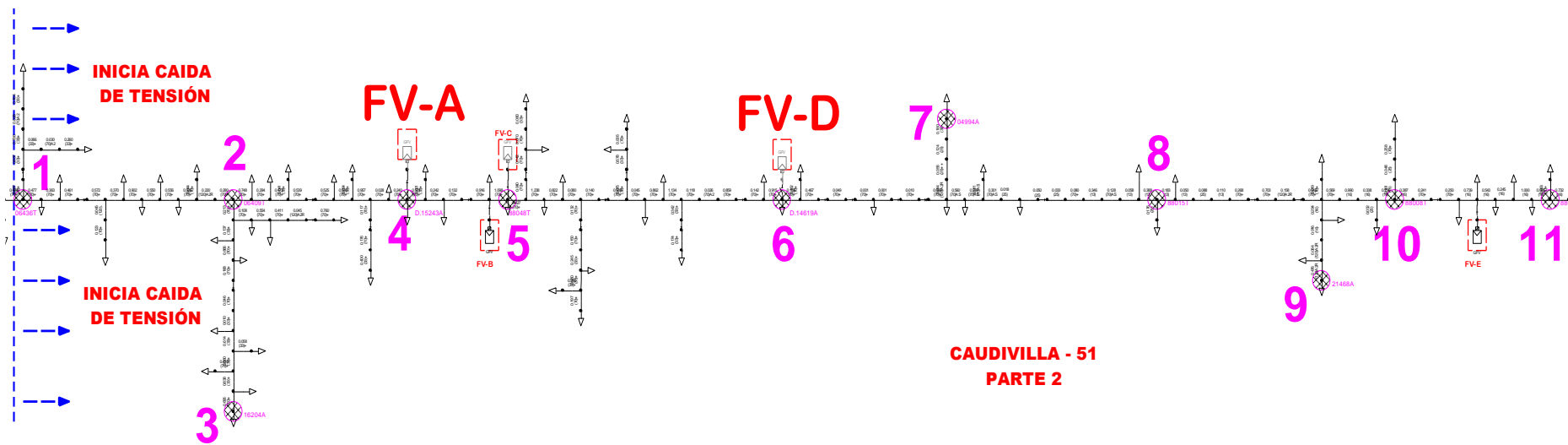


Fig. 29- 11 Puntos de análisis para verificar la caída de tensión
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Nodo de conexión de los 11 puntos de análisis

Nodo	Nodo de conexión
1	06436T
2	06409T
3	16204A
4	D.15243A
5	88048T
6	D.14619A
7	04994A
8	88015T
9	21468A
10	88008T
11	88035T

Fuente: Elaboración Propia

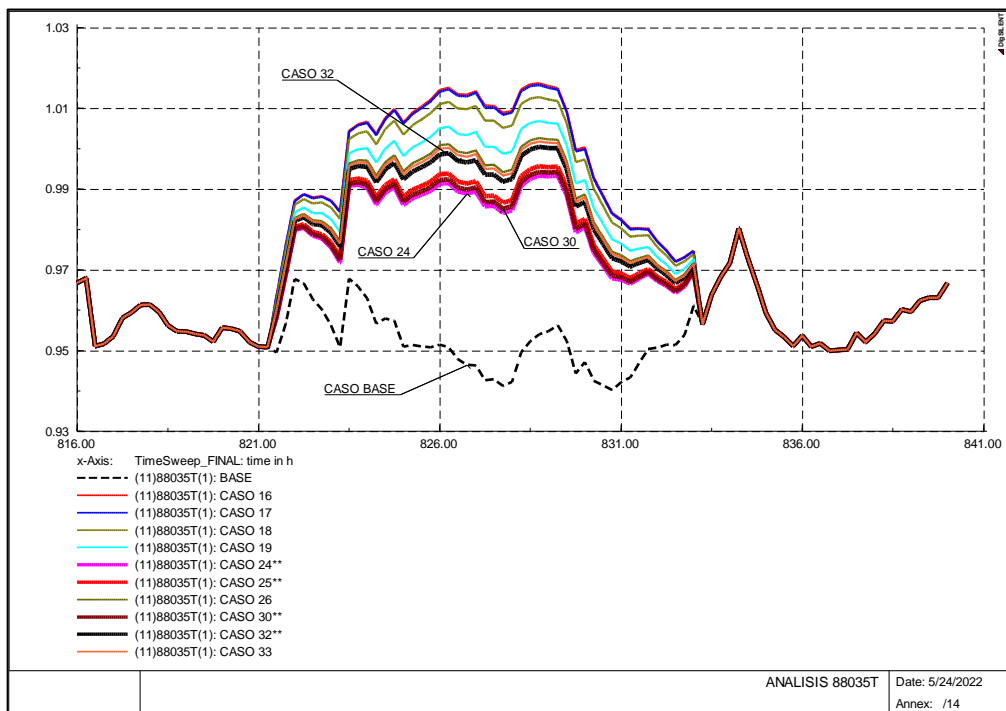


Fig.30- Tensiones del nodo 11, conexión 88035T
Fuente: Elaboración Propia

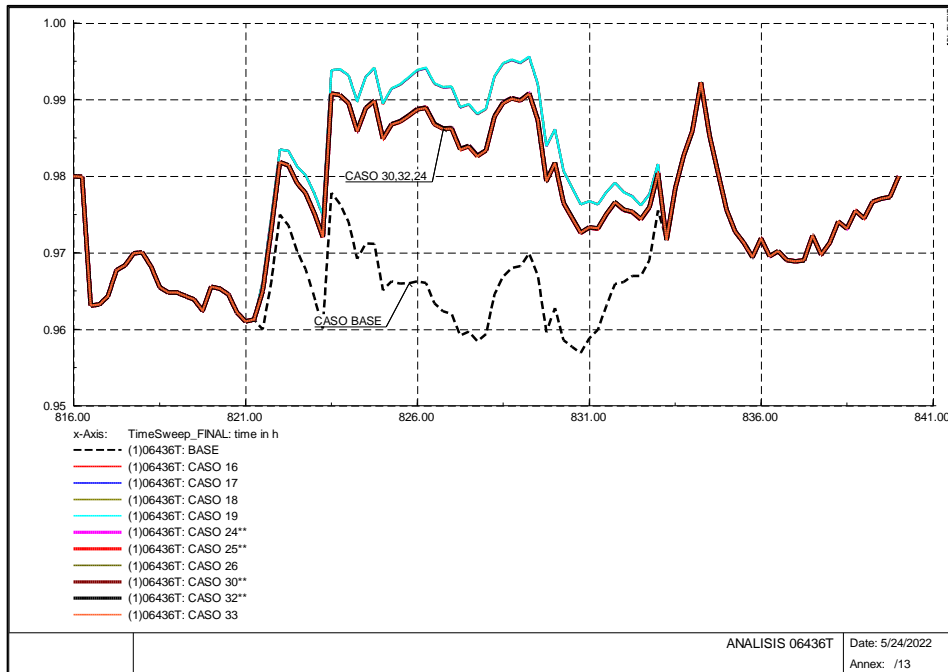


Fig.31- Tensiones del nodo 1, conexión 88035T
Fuente: Elaboración Propia

Del análisis de los resultados del apartado 1 y 2 el CASO ÓPTIMO es el **CASO 32**.

Resultado 3.1: Ubicación óptima y potencia instalada de la generación fotovoltaica:

Los resultados del caso óptimo 32 son los siguientes:

- **Ubicación óptima:**

Tabla 16. Resultados de la ubicación de los sistemas fotovoltaicos

Sistema	Latitud	Longitud	Conexión
FV-A	-11.7021	-76.9386	D.15243A
FV-D	-11.6934	-76.8686	D.14619A

Fuente: Elaboración Propia

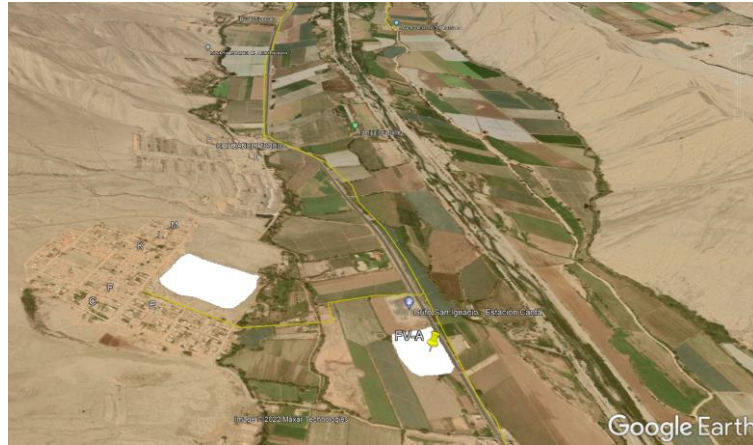


Fig.32- Ubicación geográfica del sistema fotovoltaico A
Fuente: Elaboración Propia



Fig.33- Ubicación geográfica del sistema fotovoltaico D
Fuente: Elaboración Propia

- **Potencia instalada:**

Tabla 17. Resultados de la potencia de los sistemas fotovoltaicos

Sistema	Potencia (MW)
FV-A	1
FV-D	1
TOTAL	2

Fuente: Elaboración Propia

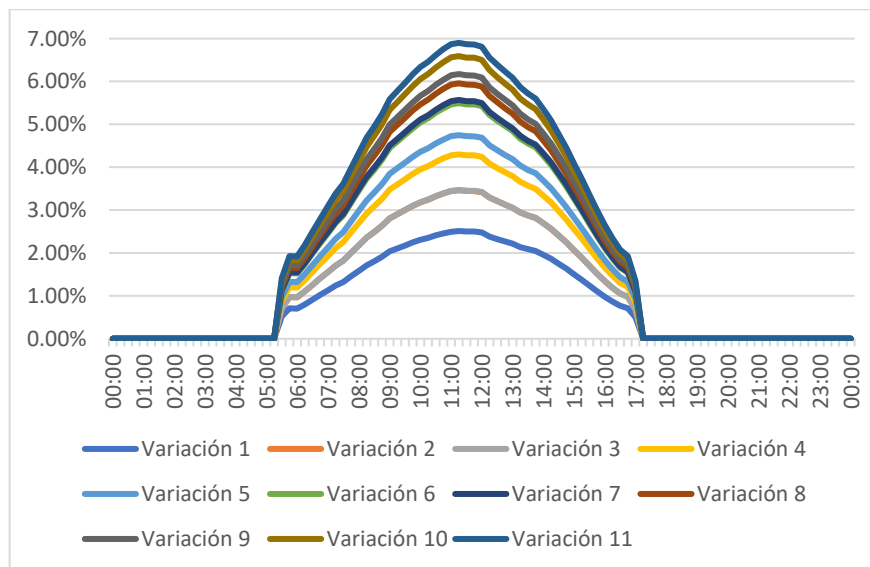
La potencia instalada total es 2 MW, 1 MW instalado en el punto A y 1 MW instalado en el punto D.

Resultado 3.2: Mejora de perfiles de tensión

De acuerdo con los resultados del caso 32 se verifica la mejora de los perfiles de tensión en la red de Caudivilla-51.

En la gráfica se observa:

- La tensión aumenta hasta en un 7% de la tensión del caso base en el punto más alejado de la red (punto 11) superando hasta 1.0 pu.
- La tensión aumenta hasta en un 2.5% de la tensión del caso base en el punto donde inicia la caída de tensión (punto 1) superando hasta 0.99 pu.
- La tensión aumenta en el horario de 6 am a 5 pm en el cual se cuenta con mayor irradiancia solar.
- Las tensiones en el punto 1 al 11 mejoran y superan 0.96 pu. Para el caso base se tenía caída de tensión con valores de hasta 0.94 pu.



**Fig.34- Variación de tensión en los 11 nodos de análisis (ver anexo)
Fuente: Elaboración Propia**

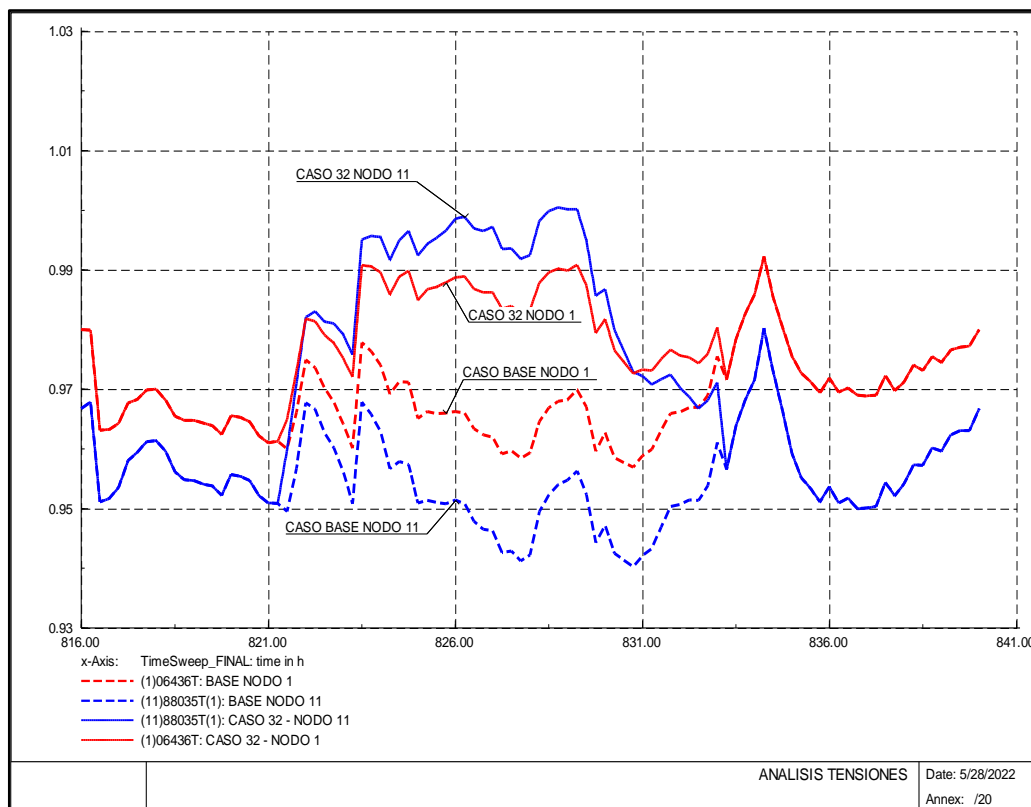


Fig.35- Perfil de tensión de los nodos 1 y 11 en análisis
Fuente: Elaboración Propia

Resultado 3.3: Disminución de pérdidas técnicas

Se verificó la disminución de las pérdidas técnicas en el sistema eléctrico Caudivilla-51 comparando las pérdidas del caso base y del caso número 32 el cual es el caso óptimo:

Tabla 18. Resultados de las pérdidas técnicas

CASOS	Potencia de la generación Fotovoltaica(MW)	Sistema de generación Fotovoltaica	Perdidas técnicas (MWhxdía)	Perdidas técnicas anual (MWh)
BASE	-	-	1.413	515.745
CASO 32	FVA: 1 FV-D: 1	FV-A FV-D	1.057	385.805

Fuente: Elaboración Propia

- Se tiene una disminución del 25.2% de las pérdidas técnicas en el caso 32 con respecto al caso Base.

- Para el caso de análisis de un año se reduciría aproximadamente 130 MWh de pérdidas técnicas.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Contrastación hipótesis 1:

De la Hipótesis 1: Será posible determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.

Si se determinó la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica. La potencia instalada propuesta es 2 MW distribuidas en 2 puntos de conexión (1 MW instalado en el punto A y 1 MW instalado en el punto D) en la red Caudivilla-51.

Para el modelamiento de la potencia instalada en cada sistema de generación se modificó la cantidad de paneles solares modelados en el software Digsilent Power Factory de acuerdo con cada escenario (34 escenarios en total), asimismo se consideró un factor de potencia unitario para los generadores fotovoltaicos.

6.1.2. Contrastación hipótesis 2

De la Hipótesis 2: Será posible definir la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51.

Si se definió la ubicación óptima del Modelamiento de generación distribuida fotovoltaica en el alimentador Caudivilla-51, las ubicaciones de los puntos de generación fotovoltaica se muestra a continuación:

Tabla 19. Puntos de ubicación de generación fotovoltaica

Sistema	Latitud	Longitud	Conexión	Potencia
FV-A	-11.7021	-76.9386	D.15243A	1 MW
FV-D	-11.6934	-76.8686	D.14619A	1 MW

Fuente: Elaboración Propia

Para definir la ubicación óptima inicialmente se consideró 13 ubicaciones de los cuales solo se consignaron y modelaron 5 nodos con los criterios de la metodología propuesta. Estos 5 nodos finales fueron modelados en Digsilent Power Factory para el análisis y verificación del impacto en la variable servicio eléctrico.

6.1.3. Contrastación hipótesis 3:

De la Hipótesis 3: Será posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51

Si fue posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51. Para ello se identificaron 11 nodos de análisis de los perfiles de tensión y se comparó con el caso base (sin generación fotovoltaica) obteniéndose que el caso de estudio óptimo que mejora los perfiles de tensión es el CASO 32.

De acuerdo con el caso 32 se obtuvieron los siguientes resultados respecto a las tensiones en la red de Caudivilla-51

- La tensión aumenta hasta en un 7% de la tensión del caso base en el punto más alejado de la red (nodo 11) superando hasta 1.0 pu.

- La tensión aumenta hasta en un 2.5% de la tensión del caso base en el punto donde inicia la caída de tensión (nodo 1) superando hasta 0.99 pu.
- La tensión aumenta en el horario de 6 am a 5 pm en el cual se cuenta con mayor irradiancia solar y se valida en el perfil de potencia activa suministrada por los paneles fotovoltaicos del sistema A y D.

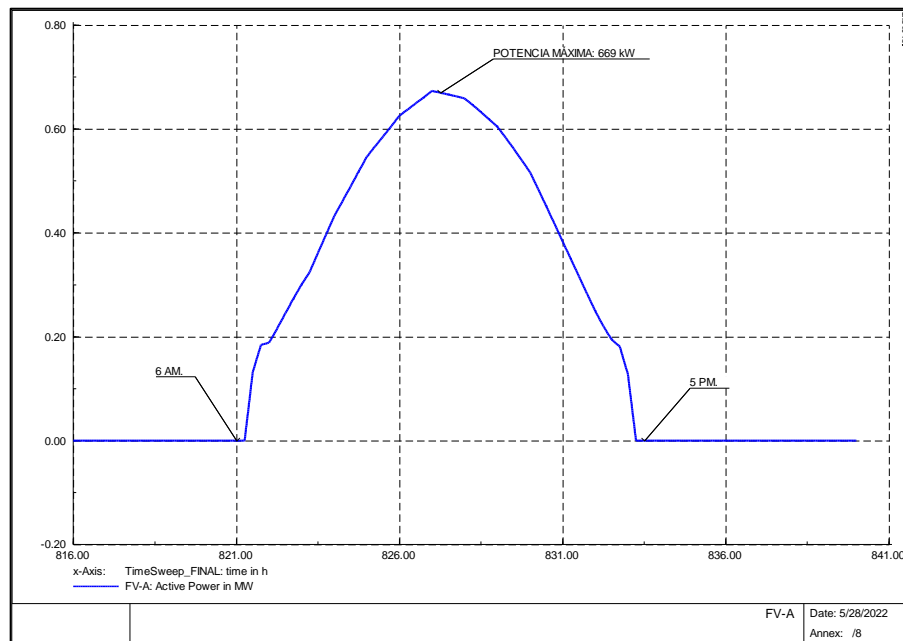


Fig. 36- Perfil de potencia activa de sistema fotovoltaico A
Fuente: Elaboración Propia

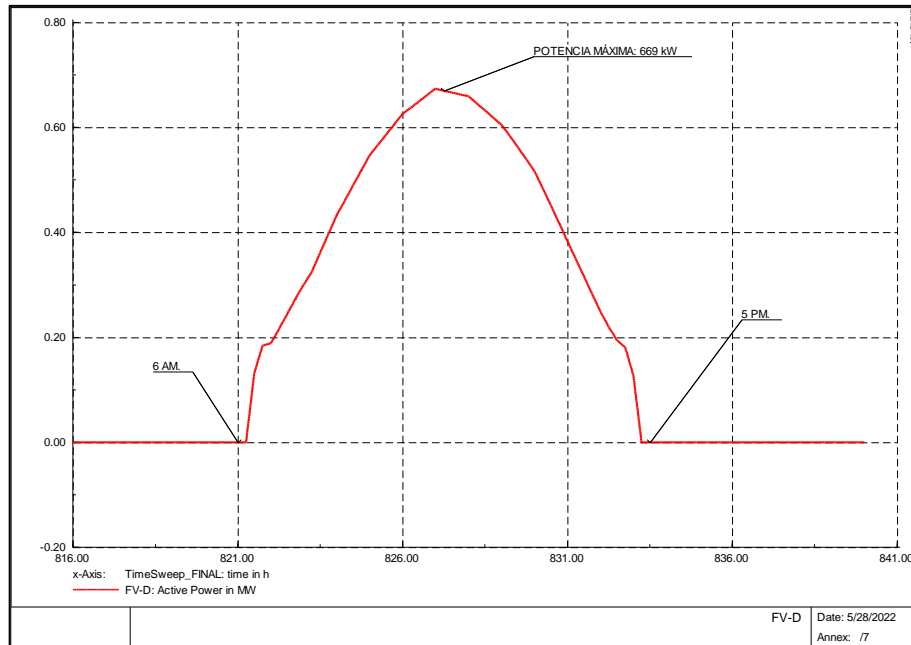


Fig. 37- Perfil de potencia activa de sistema fotovoltaico D
Fuente: Elaboración Propia

- Las tensiones en el punto 1 al 11 mejoran y superan 0.96 pu. para el caso base se tenía caída de tensión con valores de hasta 0.94 pu.

6.1.4. Contrastación hipótesis 4:

De la Hipótesis 4: Será posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51

Si fue posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51. Para ello se revisaron los 10 casos con las menores pérdidas técnicas, siendo el caso 24, 30 y 32 los casos con menores pérdidas.

Tabla 20. Resultados del caso 24 en el software Digsilent

CASO 24	
Summary:	
Total External Infeed =	37.676 MWh
Total Generation =	10.545 MWh
Total Load =	47.163 MWh
Total Losses =	1.057 MWh

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Resultados del caso 30 en el software Digsilent

CASO 30	
Summary:	
Total External Infeed =	37.674 MWh
Total Generation =	10.544 MWh
Total Load =	47.163 MWh
Total Losses =	1.056 MWh

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Resultados del caso 32 en el software Digsilent

CASO 32	
Summary:	
Total External Infeed =	37.676 MWh
Total Generation =	10.545 MWh
Total Load =	47.163 MWh
Total Losses =	1.057 MWh

Fuente: Elaboración Propia

Para la evaluación de la Disminución de pérdidas técnicas de energía se verificó la disminución de las pérdidas técnicas en el sistema eléctrico Caudivilla-51 comparando las pérdidas del caso base y del caso número 32 el cual es el caso óptimo: Se tiene una disminución del 25.2% de las pérdidas técnicas en el caso 32 con respecto al caso Base obteniendo que para el caso de análisis de un año se reduciría aproximadamente 130 MWh de pérdidas técnicas.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Se realizó la contrastación de los resultados de la presente tesis con los resultados obtenidos en los antecedentes que fueron considerados en el capítulo II.

K. Balamurugan et al. (2012) en el artículo “Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems” evidencia que la implementación de generación distribuida disminuye las pérdidas de energía y mejora los perfiles de tensión del sistema. A continuación se muestra una tabla de los resultados obtenidos en dicho artículo y se observa que a mayor penetración de generación distribuida (evaluación en nodo 848 y 890) disminuyen las pérdidas técnicas y mejora la tensión, este resultado también se demostró en la presente tesis como se muestra en la tabla 24

Tabla 23. Impacto del nivel de penetración de la generación distribuida

DG Node/ % penetration	No DG	DG at 848		DG at 890		1 Phase DGs	
		10% DG	20% DG	10% DG	20% DG	10% DG	20% DG
Losses (MW)	0.2665	0.2223	0.1852	0.2017	0.1556	0.2357	0.2081
Losses (MVA _r)	0.1190	0.0766	0.0404	0.0540	0.008	0.0887	0.0615
Min. Voltage	0.90619	0.9219	0.9371	0.9538	0.9753	0.9125	0.9186
Max. Voltage	1.05694	1.067	1.0823	1.0686	1.0839	1.0608	1.0822
Max. Phase imbal. (%)	1.9477	1.9357	1.9255	1.8769	1.8323	2.3553	3.0857
Max. Short Cir. current (KA)	1.1298	1.2034	1.2109	1.3020	1.3090	1.156	1.224

Fuente: “Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems” K. Balamurugan et al. (2012)

Tabla 24. Evaluación de la Penetración Fotovoltaica y Perdidas Técnicas

CASOS	Potencia de la generación FV (MW)	Nodos de conexión de la generación FV	Perdidas técnicas(Mwhxdía)
BASE	0	0	1.413
CASO 16	2.5	4	1.085
CASO 17	2.5	4	1.083
CASO 18	2.5	4	1.075
CASO 19	2.5	4	1.069
CASO 24	2	2	1.057

CASOS	Potencia de la generación FV (MW)	Nodos de conexión de la generación FV	Perdidas técnicas(Mwhxdía)
CASO 25	2	2	1.066
CASO 26	2	2	1.074
CASO 30	2	2	1.056
CASO 32	2	2	1.057
CASO 33	2	2	1.068

Fuente: Elaboración Propia

F. Morán et al. (2010) en el artículo “Impacto de la generación fotovoltaica distribuida en los niveles de tensión. Aplicación a un caso real” verificó la mejora en el perfil de tensión como se observa en la figura 38 en la cual se compara el caso sin generación FV (Sin FV) y el resultante con la incorporación de generación FV (Con FV) en una fase de la barra de BT para un día hábil de la estación de verano.

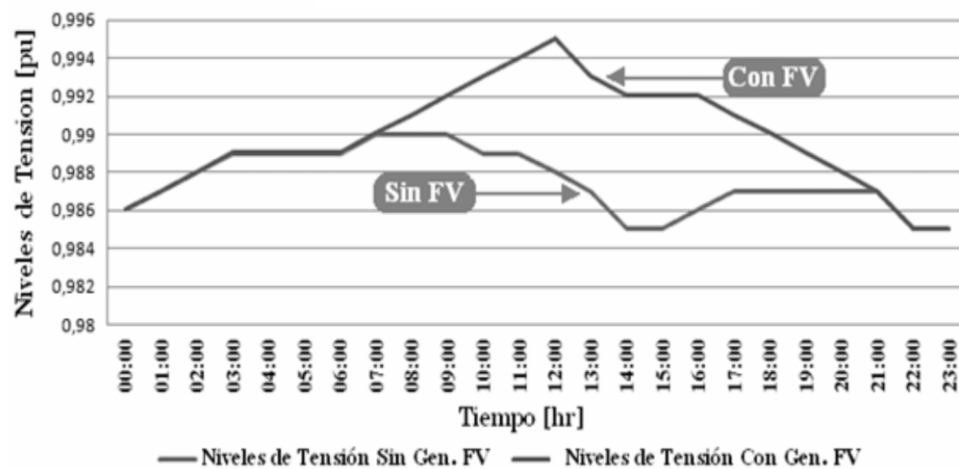


Fig. 38- Nivel de Tensión en la fase R para la estación de Verano - Dia hábil

Fuente: “Impacto de la generación fotovoltaica distribuida en los niveles de tensión. Aplicación a un caso real” F. Morán et al. (2010)

Similar a la figura anterior, en la presente tesis se demostró la mejora de tensión al aplicar generación fotovoltaica trifásica de 2MW distribuido en 2 puntos de conexión. Ver figura 39

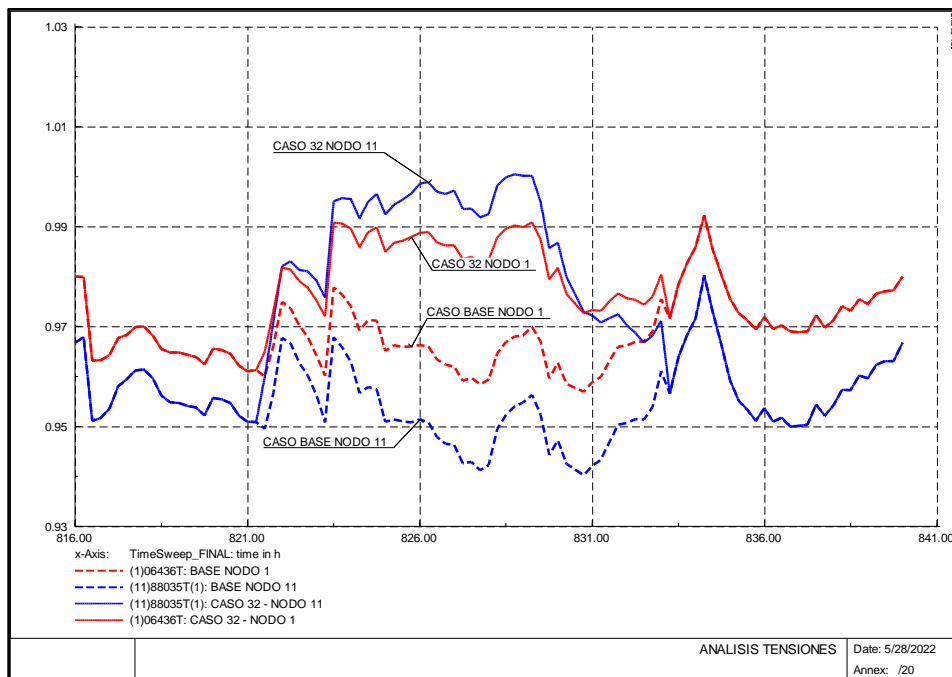


Fig. 39- Comparación de los perfiles de tensión en el caso base y caso óptimo

Fuente: Elaboración Propia

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

6.3.1. Declaración Ética de Tesistas

Los autores declaran que la tesis de maestría titulada **"MODELAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA PARA MEJORAR EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL ALIMENTADOR CAUDIVILLA-51 DE ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ"** es de nuestra autoría, en la cual se desarrolló un modelamiento de generación distribuida fotovoltaica con el software Digsilent Power Factory en el alimentador Caudivilla-51, teniendo como objetivos la determinación de la ubicación óptima y la potencia instalada de la generación distribuida fotovoltaica mediante la evaluación de las pérdidas técnicas de energía y evaluación de los perfiles de tensión, obteniendo como resultados la mejora en los perfiles de tensión de la red de distribución y la disminución de las pérdidas técnicas.

La importancia de la tesis radica en promover la aplicación de generación distribuida fotovoltaica en las redes de distribución de la región Lima con el propósito de mejorar el servicio eléctrico y disminuir las pérdidas técnicas de energía en las redes eléctricas.

Fue elaborada dentro del marco de las directrices, parámetros y principios metodológicos establecidos respectivamente por la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Callao.

Finalmente, lo descrito líneas arriba en virtud de la tesis contribuye con el desarrollo académico y constituye un aporte de investigación para la Maestría en Ingeniería Eléctrica con mención en Gestión de Sistemas de Energía Eléctrica de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Callao.

VII. CONCLUSIONES

1. Para la determinación de la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51 se consideraron los 34 casos de estudio, con modificación de la cantidad de paneles solares modelados en el software Digsilent Power Factory de acuerdo con cada escenario, considerando un factor de potencia unitario para los generadores fotovoltaicos.
2. La ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51 se ha considerado inicialmente 13 ubicaciones de las cuales solo se consignaron y modelaron 5 nodos con los criterios de la metodología descrita en la presente tesis, estos 5 nodos finales fueron modelados en Digsilent Power Factory para el análisis y verificación del impacto en la variable servicio eléctrico.
3. Con la ubicación óptima y la potencia instalada de la generación fotovoltaica modelada en el Digsilent Power Factory se consiguió mejorar los perfiles de tensiones y disminuir las pérdidas técnicas de energía, por ello se simularon los 34 casos de estudio y 96 flujos de potencia por cada caso. Para el estudio de las pérdidas técnicas de energía: se revisaron los 10 casos con las menores pérdidas técnicas, siendo el caso 24, 30 y 32 los casos con menores pérdidas. Para verificar la mejora en los perfiles de tensión se identificaron 11 nodos de análisis y se comparó con el caso base (sin generación fotovoltaica) obteniéndose que el caso de estudio óptimo es el CASO 32 cuyo valor respecto a la potencia instalada total es 2 MW, 1 MW instalado en el punto A y 1 MW instalado en el punto D.

4. Se estableció el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51 y para la evaluación de la mejora de perfiles de tensión de acuerdo con los resultados del caso 32 se verificó la mejora de los perfiles de tensión en la red de Caudivilla-51.

5. Se estableció el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51 y para la evaluación de la disminución de pérdidas técnicas de energía se verificó la disminución de las pérdidas técnicas en el sistema eléctrico Caudivilla-51 comparando las pérdidas del caso base y del caso número 32 el cual es el caso óptimo: Se tiene una disminución del 25.2% de las pérdidas técnicas en el caso 32 con respecto al caso base obteniendo que para el caso de análisis de un año se reduciría aproximadamente 130 MWh de pérdidas técnicas.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la difusión de proyectos de generación de energía eléctrica renovable de baja y mediana potencia en sistemas rurales con elevada irradiancia solar en el país.
2. Se insta a que la metodología propuesta sea el punto de partida para que se pueda aplicar la generación distribuida fotovoltaica a nivel nacional en diferentes empresas concesionarias.
3. Se sugiere la aplicación de la tecnología de la generación distribuida fotovoltaica a nivel nacional ya que sería beneficioso para los usuarios y compañías eléctricas de distribución debido a que repercutiría en la mejora del servicio eléctrico que estas entregan.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agüero, J. R., & Steffel, S. J. (2011, July). Integration challenges of photovoltaic distributed generation on power distribution systems. In 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting (pp. 1-6). IEEE.
- [2] Código Nacional de Electricidad Utilización 2006, Sección 010 Introducción, pp. 14, 2006.
- [3] C. Quispe, I. Huaman, E. Matos y W. Llacsá, “Evaluación de la infraestructura de las redes de distribución para la implementación de la generación distribuida”, libro “Alcances de la Generación Distribuida en el Sector Eléctrico: Aplicaciones y Casos de Estudio”, primera edición, pp. 127-140, Perú, diciembre 2020.
- [4] “CSP-6P 300-340W Módulos solares Poli-cristalinos”, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.grupotemper.com/>. [Accedido: 15-mar-2022]
- [5] CYME International T&D “Análisis del sistema de distribución” Canadá, Publicación No. BR 917 045 ES Febrero, 2018.
- [6] D. Barbera, “Introducción a la energía fotovoltaica”, Separata de Biblioteca de Ingeniería, España: Universidad de Sevilla, pp. 1, 2. 2017.
- [7] *DigSILENT PowerFactory* Versión 15, User Manual. Germany: DigSILENT GmbH, 2014.
- [8] Enel Distribución Perú Memoria 2020, pp. 9,49,50. Lima, Perú. febrero 2021.
- [9] F. Gonzalez-Longatt, C. Fortoul, “Review of the distributed Generation Concept: Attempt of Unification”. RE&PQJ, Vol. 1, No.3, pp. 281-284, March 2005.

- [10] F. Morán, M. Facchini, V. Doña “Impacto de la Generación Fotovoltaica Distribuida en los Niveles de Tensión. Aplicación a un Caso Real” Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 14, Argentina, 2010.
- [11] G. Arencibia, “La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica”, REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 17, núm. 9, septiembre 2016, España.
- [12] J. Izquierdo Franco “Estudio de flujos de potencia y análisis de fallas en sistemas eléctricos de distribución radial”, Tesis de Posgrado, Universidad Autónoma de Nueva León, México, pp.1,2. 2002.
- [13] J. Juarez, Libro “Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica”, México: Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 11, 13. 1995.
- [14] K. Balamurugan, D. Srinivasan and T. Reindl, “Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems”, Energy Procedia, no. 25, pp. 93 -100, 2012.
- [15] Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto de Ley N°25844, Artículo 2, pp. 2, publicado en el Diario Oficial El Peruano el 19-11-1992.
- [16] M. Facchini, F. Morán y V. Doña, “Valoración técnica y económica del impacto de penetración de generación distribuida a través de energía solar fotovoltaica”, Revista CIER, no. 57, pp. 7-14, 2010.
- [17] M. Gómez Gonzáles, “Sistema de generación eléctrica con pila de combustible de óxido sólido alimentado con residuos forestales y su optimización mediante algoritmos basados en nubes de partículas”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control, España, pp.27,34-36. 2008.

- [18] Norma DGE (Dirección General de Electricidad) Terminología en Electricidad, Sección 2, inciso 023 Términos Básicos, pp.16,18. 2002.
- [19] Proyecto de Reglamento de Generación Distribuida, pp. 5, pre publicado en el portal web del Ministerio de Energía y Minas del Perú, 02-08-2018.
- [20] Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) por Decreto Supremo N° 020-97-EM, pp.15 publicado en el Diario Oficial El Peruano, 09-10-1997.
- [21] P. Lopez Ruiz, “Diseño de una Instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada”, Tesis profesional, Universidad Rovira i Virgili, pp.13,14. 2015.
- [22] “Power Data Access Viewer”, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Accedido: 21-mar-2022]
- [23] “PowerFactory-DIGSILENT”, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html> [Accedido: 14-junio-2022]
- [24] T. Diaz, G. Carmona, “Instalaciones Solares Fotovoltaicas”, GM McGraw Hill Interamericana de España, SL 1er edición. pp. 8, 2010.

ANEXOS

ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 25. Matriz de Consistencia

TÍTULO: MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA PARA MEJORAR EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL ALIMENTADOR CAUDIVILLA-51 DE ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Como el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica mejoraría el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú?</p>	<p>Objetivo general: Desarrollar el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para mejorar el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú.</p>	<p>Hipótesis general: Con el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica será posible mejorar el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51.</p>	<p>Variables Independiente: * Generación distribuida fotovoltaica</p> <p>Variable dependiente: *Servicio eléctrico</p>	<p>Diseño de la investigación: Para este proyecto de investigación se considerará las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Recopilar los datos técnicos actualizados del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú. * Modelar la red eléctrica Caudivilla-51 en el software Digsilent PowerFactory. * En base a las mediciones históricas de la potencia (kW, kVAR) del alimentador Caudivilla-51 se designarán los escenarios de operación del sistema. * Realizar un modelamiento de generación distribuida fotovoltaica mediante el software Digsilent PowerFactory en el alimentador Caudivilla-51 para definir la ubicación óptima de la generación distribuida fotovoltaica mediante la evaluación de las pérdidas técnicas de energía y evaluación de los perfiles de tensión.
<p>Problema específico 1: ¿Cómo determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla – 51?</p>	<p>Objetivo específico 1: Determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla – 51.</p>	<p>Hipótesis específica 1: Será posible determinar la potencia instalada del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla – 51.</p>		
<p>Problema específico 2: ¿Cuál es la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla – 51?</p>	<p>Objetivo específico 2: Definir la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51</p>	<p>Hipótesis específica 2: Será posible definir la ubicación óptima del modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para el alimentador Caudivilla-51</p>		
<p>Problema específico 3: ¿Qué modelamiento de generación distribuida fotovoltaica mejorará los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51?</p>	<p>Objetivo específico 3: Establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51</p>	<p>Hipótesis específica 3: Será posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que mejore los perfiles de tensión del alimentador Caudivilla-51</p>		
<p>Problema específico 4: ¿Qué modelamiento de generación distribuida fotovoltaica disminuirá las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51?</p>	<p>Objetivo específico 4: Establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51</p>	<p>Hipótesis específica 4: Será posible establecer el modelamiento de generación distribuida fotovoltaica que disminuya las pérdidas técnicas de energía del alimentador Caudivilla-51</p>		

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO II: CONSENTIMIENTO INFORMADO



C. N° 021-SGOM-2021

Lima, 5 de noviembre de 2021.

Señores:

- Widmard Eduardo Espinoza Rodríguez (COD. POSGRADO: 2131010106)
- Nimia Antuané Ramos Lázaro (COD. POSGRADO: 2131010017)

Tesistas de la Maestría en Ingeniería Eléctrica con mención en Gestión de Sistemas de Energía Eléctrica de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao.
Lima

Asunto: Autorización para el uso de información técnica de Enel Distribución Perú para el desarrollo de la Tesis **“Modelamiento de generación distribuida fotovoltaica para mejorar el servicio eléctrico del alimentador Caudivilla-51 de Enel Distribución Perú”**.

Referencia: Solicitud de información técnica de alimentador Caudivilla-51 para ejecución de tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica con mención en Gestión de Sistemas de Energía Eléctrica de la Universidad Nacional del Callao y consentimiento para el uso de dicha información técnica de Enel Distribución Perú.

De mi consideración:

Me dirijo a ustedes en atención a la comunicación de la referencia, respecto a la investigación que vienen realizando para el desarrollo de su Tesis de Posgrado: **“MODELAMIENTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA PARA MEJORAR EL SERVICIO ELÉCTRICO DEL ALIMENTADOR CAUDIVILLA-51 DE ENEL DISTRIBUCIÓN PERÚ”** y otorgo la autorización para el uso consentido de la siguiente información técnica de la compañía Enel Distribución Perú:

- Diagramas unifilares del alimentador MT Caudivilla – 51.
- Perfil de tensiones del alimentador MT Caudivilla – 51.
- Potencia de cortocircuito de la barra Caudivilla 20 kV.
- Flujos de carga del alimentador Caudivilla – 51 (kW, kVar, I, V)
- Ubicación de los equipos de protección del alimentador MT Caudivilla – 51.
- Ajustes de protección de los equipos instalados en el alimentador MT Caudivilla – 51.
- Potencia nominal de las subestaciones de distribución del alimentador MT Caudivilla – 51.

Asimismo, hacerles presente que estoy llano absolver las consultas técnicas que se puedan presentar en el desarrollo de su tesis y mantener una comunicación continua en caso se requiera información adicional posteriormente.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlos

Atentamente,

Julio Antunez López

Subgerente Operación y Mantenimiento
Enel Distribución Perú S.A.A. - Calle César López Rojas N° 201 Urbanización Maranga - San Miguel, Lima - Perú. Teléfono +(511) 561-2001

ANEXO III: BASE DE DATOS

Tabla 26. Pérdidas técnicas y cantidad de nodos de conexión de los 34 casos de estudio

CASOS	Potencia de la generación Fotovoltaica (MW)	Nodos de conexión de la generación FV	Pérdidas técnicas (Mwhxdía)
BASE	-	0	1.413
CASO 1	2.5	5	1.902
CASO 2	3.0	5	1.146
CASO 3	3.0	5	1.155
CASO 4	3.0	5	1.159
CASO 5	3.0	5	1.179
CASO 6	3.0	5	1.209
CASO 7	3.0	3	1.136
CASO 8	3.0	3	1.166
CASO 9	3.0	3	1.136
CASO 10	3.0	3	1.233
CASO 11	3.0	3	1.174
CASO 12	3.0	3	1.18
CASO 13	3.0	3	1.254
CASO 14	3.0	3	1.201
CASO 15	3.0	3	1.138
CASO 16	2.5	4	1.085
CASO 17	2.5	4	1.083
CASO 18	2.5	4	1.075
CASO 19	2.5	4	1.069
CASO 20	2.5	4	1.102
CASO 21	2.5	4	1.106
CASO 22	2.5	4	1.127
CASO 23	2.5	4	1.158
CASO 24	2.0	2	1.057
CASO 25	2.0	2	1.066
CASO 26	2.0	2	1.074
CASO 27	2.0	2	1.169
CASO 28	2.0	2	1.096
CASO 29	2.0	2	1.113
CASO 30	2.0	2	1.056
CASO 31	2.0	2	1.113
CASO 32	2.0	2	1.057
CASO 33	2.0	2	1.068
CASO 34	2.0	2	1.107

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Data de los Perfiles de Tensión de los 11 nodos de análisis

	06436T			06409T			16204A			D.15243A			88048T		
	Tensión	Tensión	Variación 1	Tensió	tensio	Variación	tensión	Tensión	Variación 3	Tensión base	Tensio	Variaci	tensio	Tensio	Variaci
00:00	0.980	0.980	0.00%	0.975	0.975	0.00%	0.975	0.975	0.00%	0.972	0.972	0.00%	0.971	0.971	0.00%
00:15	0.980	0.980	0.00%	0.976	0.976	0.00%	0.975	0.975	0.00%	0.973	0.973	0.00%	0.972	0.972	0.00%
00:30	0.963	0.963	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.955	0.955	0.00%
00:45	0.963	0.963	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.955	0.955	0.00%
01:00	0.964	0.964	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.957	0.957	0.00%
01:15	0.968	0.968	0.00%	0.964	0.964	0.00%	0.964	0.964	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.961	0.961	0.00%
01:30	0.968	0.968	0.00%	0.965	0.965	0.00%	0.965	0.965	0.00%	0.963	0.963	0.00%	0.962	0.962	0.00%
01:45	0.970	0.970	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.965	0.965	0.00%	0.964	0.964	0.00%
02:00	0.970	0.970	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.965	0.965	0.00%	0.964	0.964	0.00%
02:15	0.968	0.968	0.00%	0.965	0.965	0.00%	0.965	0.965	0.00%	0.963	0.963	0.00%	0.962	0.962	0.00%
02:30	0.965	0.965	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.959	0.959	0.00%
02:45	0.965	0.965	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.958	0.958	0.00%
03:00	0.965	0.965	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.958	0.958	0.00%
03:15	0.964	0.964	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.957	0.957	0.00%
03:30	0.964	0.964	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.957	0.957	0.00%
03:45	0.962	0.962	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.955	0.955	0.00%
04:00	0.966	0.966	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.959	0.959	0.00%
04:15	0.965	0.965	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.959	0.959	0.00%
04:30	0.965	0.965	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.958	0.958	0.00%
04:45	0.962	0.962	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.955	0.955	0.00%
05:00	0.961	0.961	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.954	0.954	0.00%
05:15	0.961	0.961	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.954	0.954	0.00%
05:30	0.960	0.965	0.52%	0.956	0.963	0.71%	0.956	0.963	0.71%	0.954	0.962	0.88%	0.953	0.962	0.97%
05:45	0.966	0.973	0.71%	0.963	0.972	0.97%	0.963	0.972	0.97%	0.961	0.972	1.20%	0.960	0.972	1.33%
06:00	0.975	0.982	0.70%	0.972	0.982	0.97%	0.972	0.982	0.97%	0.971	0.982	1.20%	0.970	0.983	1.32%
06:15	0.974	0.981	0.80%	0.971	0.982	1.10%	0.971	0.982	1.10%	0.970	0.983	1.37%	0.969	0.983	1.51%
06:30	0.970	0.979	0.92%	0.968	0.980	1.26%	0.967	0.980	1.26%	0.966	0.981	1.56%	0.965	0.982	1.72%
06:45	0.968	0.978	1.02%	0.965	0.979	1.41%	0.965	0.979	1.41%	0.963	0.980	1.75%	0.963	0.981	1.93%
07:00	0.964	0.975	1.13%	0.961	0.976	1.56%	0.961	0.976	1.56%	0.960	0.978	1.93%	0.959	0.979	2.13%
07:15	0.960	0.972	1.24%	0.957	0.973	1.70%	0.957	0.973	1.70%	0.955	0.975	2.11%	0.954	0.976	2.33%
07:30	0.978	0.991	1.32%	0.974	0.992	1.82%	0.974	0.992	1.82%	0.972	0.994	2.25%	0.971	0.995	2.49%
07:45	0.976	0.991	1.45%	0.973	0.992	2.00%	0.972	0.992	2.00%	0.970	0.994	2.48%	0.969	0.996	2.74%
08:00	0.974	0.989	1.58%	0.970	0.991	2.18%	0.970	0.991	2.18%	0.968	0.994	2.71%	0.966	0.995	2.99%
08:15	0.969	0.986	1.71%	0.965	0.988	2.36%	0.965	0.987	2.36%	0.962	0.990	2.92%	0.961	0.992	3.23%
08:30	0.971	0.989	1.81%	0.966	0.991	2.49%	0.966	0.990	2.49%	0.964	0.993	3.09%	0.962	0.995	3.41%
08:45	0.971	0.990	1.91%	0.966	0.992	2.63%	0.966	0.991	2.63%	0.963	0.995	3.27%	0.962	0.996	3.61%
09:00	0.965	0.985	2.04%	0.960	0.987	2.81%	0.960	0.987	2.81%	0.957	0.990	3.48%	0.955	0.992	3.84%
09:15	0.966	0.987	2.11%	0.961	0.989	2.90%	0.961	0.989	2.91%	0.958	0.992	3.60%	0.956	0.994	3.98%
09:30	0.966	0.987	2.18%	0.961	0.989	3.00%	0.960	0.989	3.00%	0.957	0.993	3.72%	0.956	0.995	4.11%
09:45	0.966	0.988	2.25%	0.961	0.990	3.10%	0.960	0.990	3.10%	0.957	0.994	3.84%	0.956	0.996	4.24%
10:00	0.966	0.989	2.31%	0.961	0.992	3.18%	0.961	0.991	3.18%	0.958	0.996	3.95%	0.956	0.998	4.36%
10:15	0.966	0.989	2.35%	0.961	0.992	3.24%	0.960	0.991	3.24%	0.957	0.996	4.03%	0.956	0.998	4.45%
10:30	0.963	0.987	2.41%	0.958	0.990	3.32%	0.958	0.989	3.32%	0.955	0.994	4.12%	0.953	0.996	4.55%
10:45	0.962	0.986	2.46%	0.957	0.989	3.39%	0.956	0.989	3.39%	0.953	0.993	4.21%	0.951	0.996	4.65%
11:00	0.962	0.986	2.50%	0.956	0.989	3.45%	0.956	0.989	3.45%	0.953	0.994	4.28%	0.951	0.996	4.72%
11:15	0.959	0.983	2.51%	0.953	0.986	3.46%	0.953	0.986	3.47%	0.950	0.991	4.30%	0.948	0.993	4.75%
11:30	0.960	0.984	2.50%	0.954	0.987	3.45%	0.953	0.986	3.45%	0.950	0.991	4.28%	0.948	0.993	4.73%
11:45	0.958	0.982	2.50%	0.952	0.985	3.45%	0.952	0.985	3.45%	0.949	0.989	4.28%	0.947	0.991	4.72%
12:00	0.959	0.983	2.48%	0.953	0.986	3.42%	0.953	0.986	3.42%	0.950	0.990	4.25%	0.948	0.992	4.69%
12:15	0.965	0.988	2.39%	0.959	0.991	3.29%	0.959	0.991	3.29%	0.956	0.995	4.08%	0.954	0.997	4.51%
12:30	0.967	0.989	2.33%	0.962	0.993	3.21%	0.961	0.992	3.21%	0.955	0.997	3.98%	0.957	0.999	4.40%
12:45	0.968	0.990	2.27%	0.963	0.993	3.13%	0.963	0.993	3.13%	0.960	0.997	3.88%	0.958	1.000	4.29%
13:00	0.968	0.990	2.21%	0.963	0.993	3.05%	0.963	0.993	3.06%	0.961	0.997	3.79%	0.959	0.999	4.19%
13:15	0.970	0.991	2.14%	0.965	0.994	2.95%	0.965	0.993	2.95%	0.962	0.997	3.66%	0.961	0.999	4.04%
13:30	0.967	0.987	2.09%	0.962	0.990	2.88%	0.962	0.989	2.88%	0.959	0.993	3.57%	0.957	0.995	3.94%
13:45	0.960	0.979	2.05%	0.954	0.981	2.82%	0.954	0.981	2.82%	0.951	0.984	3.49%	0.949	0.986	3.86%
14:00	0.963	0.982	1.96%	0.957	0.983	2.69%	0.957	0.983	2.70%	0.954	0.986	3.34%	0.952	0.987	3.69%
14:15	0.959	0.976	1.87%	0.953	0.977	2.56%	0.953	0.977	2.57%	0.949	0.980	3.18%	0.948	0.981	3.51%
14:30	0.958	0.974	1.75%	0.952	0.975	2.41%	0.952	0.974	2.41%	0.948	0.977	2.98%	0.947	0.978	3.29%
14:45	0.957	0.973	1.64%	0.951	0.972	2.25%	0.951	0.972	2.25%	0.947	0.974	2.78%	0.946	0.975	3.07%
15:00	0.959	0.973	1.50%	0.953	0.973	2.06%	0.953	0.972	2.07%	0.949	0.974	2.56%	0.947	0.974	2.82%
15:15	0.960	0.973	1.38%	0.954	0.972	1.89%	0.954	0.972	1.89%	0.951	0.973	2.34%	0.949	0.973	2.58%
15:30	0.963	0.975	1.24%	0.957	0.974	1.70%	0.957	0.973	1.70%	0.954	0.974	2.10%	0.952	0.974	2.32%
15:45	0.966	0.977	1.10%	0.960	0.975	1.51%	0.960	0.975	1.51%	0.957	0.975	1.87%	0.955	0.975	2.07%
16:00	0.966	0.976	0.98%	0.961	0.974	1.34%	0.960	0.973	1.34%	0.957	0.973	1.66%	0.956	0.973	1.83%
16:15	0.967	0.975	0.87%	0.961	0.973	1.19%	0.961	0.973	1.19%	0.958	0.972	1.47%	0.956	0.972	1.62%
16:30	0.967	0.974	0.77%	0.961	0.972	1.05%	0.961	0.971	1.05%	0.958	0.971	1.30%	0.956	0.970	1.44%
16:45	0.969	0.976	0.71%	0.964	0.973	0.98%	0.963	0.973	0.98%	0.960	0.972	1.21%	0.959	0.971	1.33%
17:00	0.976	0.980	0.50%	0.970	0.977	0.68%	0.970	0.977	0.68%	0.967	0.976	0.84%	0.966	0.975	0.93%
17:15	0.972	0.972	0.00%	0.966	0.966	0.00%	0.966	0.966	0.00%	0.963	0.963	0.00%	0.961	0.961	0.00%
17:30	0.978	0.978	0.00%	0.973	0.973	0.00%	0.973	0.973	0.00%	0.970	0.970	0.00%	0.968	0.968	0.00%
17:45	0.983	0.983	0.00%	0.978	0.978	0.00%	0.977	0.977	0.00%	0.974	0.974	0.00%	0.973	0.973	0.00%
18:00	0.986	0.986	0.00%	0.981	0.981	0.00%	0.981	0.981	0.00%	0.978	0.978	0.00%	0.976	0.976	0.00%
18:15	0.992	0.992	0.00%	0.988	0.988	0.00%	0.988	0.988	0.00%	0.985	0.985	0.00%	0.984	0.984	0.00%
18:30	0.985	0.985	0.00%	0.981	0.981	0.00%	0.981	0.981	0.00%	0.978	0.978	0.00%	0.977	0.977	0.00%
18:45	0.980	0.980	0.00%	0.975	0.										

	D.14619A			04994A			88015T			21468A			88008T			88035T		
	Tensio	Tensio	Variaci	Tensio	Tensio	Variaci	Tensio	Tensio	Variaci	Tensio	Tensio	Variaci	Tensio	Tensio	Variaci	Tensio	Tensio	Variaci
00:00	0.968	0.968	0.00%	0.968	0.968	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.967	0.967	0.00%	0.967	0.967	0.00%
00:15	0.969	0.969	0.00%	0.969	0.969	0.00%	0.968	0.968	0.00%	0.968	0.968	0.00%	0.968	0.968	0.00%	0.968	0.968	0.00%
00:30	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%
00:45	0.953	0.953	0.00%	0.953	0.953	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%
01:00	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%
01:15	0.959	0.959	0.00%	0.959	0.959	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.958	0.958	0.00%	0.958	0.958	0.00%
01:30	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.959	0.959	0.00%
01:45	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.961	0.961	0.00%	0.961	0.961	0.00%
02:00	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.962	0.962	0.00%	0.961	0.961	0.00%
02:15	0.961	0.961	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%	0.960	0.960	0.00%
02:30	0.957	0.957	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%
02:45	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%
03:00	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%
03:15	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%
03:30	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%	0.954	0.954	0.00%
03:45	0.953	0.953	0.00%	0.953	0.953	0.00%	0.953	0.953	0.00%	0.953	0.953	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%
04:00	0.957	0.957	0.00%	0.957	0.957	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%
04:15	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.955	0.955	0.00%
04:30	0.956	0.956	0.00%	0.956	0.956	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%	0.955	0.955	0.00%
04:45	0.953	0.953	0.00%	0.953	0.953	0.00%	0.953	0.953	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%
05:00	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%
05:15	0.952	0.952	0.00%	0.952	0.952	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%	0.951	0.951	0.00%
05:30	0.951	0.961	1.12%	0.951	0.961	1.14%	0.950	0.962	1.22%	0.950	0.962	1.26%	0.950	0.962	1.35%	0.950	0.963	1.41%
05:45	0.958	0.972	1.53%	0.958	0.972	1.55%	0.957	0.973	1.66%	0.957	0.973	1.72%	0.957	0.974	1.84%	0.957	0.975	1.92%
06:00	0.969	0.983	1.53%	0.968	0.983	1.55%	0.968	0.984	1.65%	0.968	0.985	1.71%	0.968	0.986	1.83%	0.968	0.986	1.92%
06:15	0.967	0.984	1.74%	0.967	0.984	1.76%	0.967	0.985	1.89%	0.967	0.986	1.95%	0.967	0.987	2.09%	0.967	0.988	2.19%
06:30	0.964	0.983	1.99%	0.963	0.983	2.01%	0.963	0.984	2.15%	0.963	0.984	2.23%	0.963	0.986	2.38%	0.963	0.987	2.50%
06:45	0.961	0.982	2.22%	0.961	0.983	2.25%	0.960	0.984	2.41%	0.960	0.984	2.50%	0.960	0.986	2.67%	0.960	0.987	2.79%
07:00	0.957	0.981	2.46%	0.957	0.981	2.49%	0.957	0.982	2.66%	0.957	0.983	2.76%	0.956	0.985	2.95%	0.956	0.986	3.09%
07:15	0.952	0.977	2.69%	0.952	0.978	2.73%	0.951	0.979	2.92%	0.951	0.980	3.02%	0.951	0.982	3.23%	0.951	0.983	3.38%
07:30	0.969	0.997	2.88%	0.969	0.997	2.91%	0.968	0.998	3.12%	0.968	0.999	3.23%	0.968	1.001	3.45%	0.968	1.003	3.61%
07:45	0.967	0.998	3.16%	0.967	0.998	3.21%	0.966	0.999	3.43%	0.966	1.000	3.55%	0.966	1.003	3.80%	0.966	1.004	3.97%
08:00	0.964	0.997	3.46%	0.964	0.998	3.50%	0.963	0.999	3.74%	0.963	1.001	3.88%	0.963	1.003	4.15%	0.963	1.005	4.34%
08:15	0.958	0.994	3.73%	0.958	0.994	3.78%	0.957	0.996	4.04%	0.957	0.997	4.19%	0.957	1.000	4.48%	0.957	1.002	4.69%
08:30	0.959	0.997	3.94%	0.959	0.997	4.00%	0.958	0.999	4.27%	0.958	1.001	4.43%	0.958	1.003	4.73%	0.958	1.005	4.95%
08:45	0.959	0.999	4.17%	0.959	0.999	4.23%	0.958	1.001	4.52%	0.958	1.003	4.68%	0.958	1.005	5.00%	0.957	1.008	5.24%
09:00	0.952	0.995	4.45%	0.952	0.995	4.51%	0.952	0.997	4.82%	0.951	0.999	5.00%	0.951	1.002	5.34%	0.951	1.004	5.59%
09:15	0.953	0.997	4.60%	0.953	0.997	4.66%	0.952	0.999	4.99%	0.952	1.001	5.17%	0.952	1.004	5.52%	0.951	1.006	5.78%
09:30	0.953	0.998	4.75%	0.952	0.998	4.82%	0.952	1.001	5.15%	0.951	1.002	5.34%	0.951	1.005	5.70%	0.951	1.008	5.97%
09:45	0.952	0.999	4.91%	0.952	1.000	4.97%	0.951	1.002	5.32%	0.951	1.004	5.51%	0.951	1.007	5.89%	0.951	1.009	6.16%
10:00	0.953	1.001	5.04%	0.953	1.001	5.11%	0.952	1.004	5.47%	0.952	1.006	5.67%	0.952	1.009	6.05%	0.951	1.012	6.34%
10:15	0.952	1.001	5.14%	0.952	1.002	5.21%	0.951	1.004	5.58%	0.951	1.006	5.78%	0.951	1.010	6.17%	0.951	1.012	6.46%
10:30	0.950	1.000	5.27%	0.949	1.000	5.34%	0.948	1.003	5.71%	0.948	1.004	5.92%	0.948	1.008	6.32%	0.948	1.011	6.62%
10:45	0.948	0.999	5.38%	0.948	1.000	5.45%	0.947	1.002	5.83%	0.947	1.004	6.04%	0.947	1.008	6.45%	0.947	1.010	6.76%
11:00	0.948	1.000	5.47%	0.948	1.000	5.54%	0.947	1.003	5.93%	0.947	1.005	6.14%	0.946	1.009	6.56%	0.946	1.011	6.87%
11:15	0.944	0.996	5.50%	0.944	0.997	5.57%	0.943	0.999	5.96%	0.943	1.001	6.17%	0.943	1.005	6.59%	0.943	1.008	6.90%
11:30	0.945	0.996	5.47%	0.944	0.997	5.54%	0.944	0.999	5.93%	0.943	1.001	6.14%	0.943	1.005	6.56%	0.943	1.008	6.87%
11:45	0.943	0.995	5.47%	0.943	0.995	5.54%	0.942	0.998	5.92%	0.942	1.000	6.14%	0.941	1.003	6.55%	0.941	1.006	6.86%
12:00	0.944	0.995	5.43%	0.944	0.996	5.50%	0.943	0.998	5.88%	0.943	1.000	6.09%	0.942	1.004	6.51%	0.942	1.006	6.81%
12:15	0.951	1.001	5.22%	0.951	1.001	5.29%	0.950	1.004	5.66%	0.950	1.006	5.86%	0.950	1.009	6.26%	0.950	1.012	6.56%
12:30	0.954	1.002	5.09%	0.954	1.003	5.16%	0.953	1.005	5.51%	0.953	1.007	5.71%	0.952	1.011	6.10%	0.952	1.013	6.39%
12:45	0.956	1.003	4.96%	0.955	1.003	5.03%	0.955	1.006	5.38%	0.954	1.008	5.57%	0.954	1.011	5.95%	0.954	1.013	6.23%
13:00	0.956	1.003	4.84%	0.956	1.003	4.91%	0.955	1.005	5.25%	0.955	1.007	5.44%	0.955	1.010	5.81%	0.955	1.013	6.09%
13:15	0.958	1.003	4.67%	0.958	1.003	4.73%	0.957	1.005	5.06%	0.957	1.007	5.25%	0.956	1.010	5.60%	0.956	1.012	5.87%
13:30	0.954	0.997	4.56%	0.954	0.998	4.62%	0.953	1.000	4.94%	0.953	1.002	5.12%	0.953	1.005	5.46%	0.952	1.007	5.72%
13:45	0.946	0.988	4.46%	0.946	0.988	4.52%	0.945	0.991	4.84%	0.945	0.992	5.01%	0.944	0.995	5.35%	0.944	0.997	5.60%
14:00	0.949	0.989	4.27%	0.949	0.990	4.32%	0.948	0.992	4.62%	0.948	0.993	4.79%	0.947	0.996	5.11%	0.947	0.998	5.35%
14:15	0.944	0.983	4.06%	0.944	0.983	4.11%	0.943	0.985	4.40%	0.943	0.986	4.56%	0.943	0.988	4.86%	0.942	0.990	5.09%
14:30	0.943	0.979	3.81%	0.943	0.979	3.86%	0.942	0.981	4.12%	0.942	0.982	4.27%	0.942	0.984	4.56%	0.941	0.986	4.77%
14:45	0.942	0.975	3.55%	0.942	0.976	3.60%	0.941	0.977	3.84%	0.941	0.978	3.98%	0.940	0.980	4.25%	0.940	0.982	4.45%
15:00	0.944	0.975	3.26%	0.944	0.975	3.30%	0.943	0.976	3.53%	0.943	0.977	3.66%	0.942	0.979	3.90%	0.942	0.981	4.09%
15:15	0.945	0.973	2.98%	0.945	0.973	3.02%	0.944	0.974	3.23%	0.944	0.975	3.34%	0.944	0.977	3.57%	0.943	0.979	3.74%
15:30	0.949	0.974	2.68%	0.948	0.974	2.72%	0.948	0.975	2.91%	0.947	0.976	3.01%	0.947	0.977	3.21%	0.947	0.979	3.36%
15:45	0.952	0.975	2.39%	0.952	0.975	2.42%	0.951	0.976	2.59%	0.951	0.976	2.68%	0.951	0.978	2.86%	0.950	0.	