PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE LOS ALIMENTADORES COV1, COV8 Y COV9 EN MEDIA TENSIÓN, DE LA ESTACIÓN COV.

Rubén Dario Barrios Aguilar

Tutor: Ing. Moises Britez

CORONEL OVIEDO, NOVIEMBRE DE 2023

Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- No Comercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

Página de aprobación

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

_____

Prof. Ing.

_____

Prof. Ing.

_____

Prof. Ing.

Acta Nro.: _____

Fecha: _____

Calificación: _____

Dedicatoria

A mis queridos padres, Ruben Darío Barrios Gonzalez y Fulvia Aguilar de Barrios, quiero dedicarles mi más sincero agradecimiento por su constante apoyo y aliento en la búsqueda de mis metas. Su amor incondicional y dedicación han sido pilares fundamentales en mi camino hacia el éxito académico.

También quiero expresar mi gratitud a mis queridas hermanas, quienes siempre han estado pendientes de mis progresos y me han brindado el ánimo y la fuerza necesaria para seguir adelante en mis estudios. Su apoyo incondicional y confianza en mí, han sido una gran inspiración para lograr mis objetivos.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los distinguidos profesores de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú por su excelencia en la enseñanza y su profesionalismo ejemplar. Su dedicación y conocimientos han sido fundamentales para brindarme una educación de calidad.

Además, deseo extender mi gratitud hacia mi tutor, el Ingeniero Moises Britez, por su invaluable apoyo y por brindarme su tiempo y conocimiento para avanzar en este proyecto.

Resumen

Las redes de distribución en media tensión son primordiales para brindar servicio de energía eléctrica a niveles de tensión utilizables por los usuarios, este trabajo tuvo como objetivo la elaboración de alternativas para mejorar los indices de confiabilidad de los alimentadores COV1, COV8 y COV9 de la estación Coronel Oviedo de la ANDE, estos sirven a clientes alejados del centro de distribución, beneficiarios directos de este proyecto. Se relevaron datos de maniobras y se transformaron a fin de modelar la confiabilidad en software de simulación, posteriormente se adoptaron indices de calidad asociados a clientes y a las pérdidas de la empresa por no facturar esta la energía, con estos criterios establecidos se pudo simular alternativas para mejorar los indices de calidad. Se seleccionó la alternativa que confirió una mejora del 39 % en el indicador de horas de interrupción por cliente, la alternativa se llevo a una evaluación económica que arrojó un periodo de recuperación de la inversión de 3 años.

Palabras claves: Confiabilidad, Media Tensión, Mantenimiento.

Abstract

The medium-voltage distribution networks are crucial for providing electrical power service at usable voltage levels for the customers. The objective of this work was to develop alternatives to improve the reliability indices of feeders COV1, COV8, and COV9 from the Coronel Oviedo station of the ANDE, which serve customers located far from the distribution center and are direct beneficiaries of this project. Data on maneuvers were collected and transformed to model reliability using simulation software. Subsequently, quality indices associated with customers and losses incurred by the company due to non-billed energy were adopted. With these criteria established, alternative scenarios to enhance quality indices were simulated. The alternative that resulted in a 39 % improvement in interruption hours per customer was selected. This alternative underwent an economic evaluation that showed a payback period of 3 years.

Key words: Reliability, Medium Voltage, Maintenance.

Índice general

Introducción **1**

Metodología **2**

Relevamiento de datos y procesamiento 2

Limpieza y transformación de datos 6

Análisis de demanda 7

Estudios de confiabilidad 8

Indices abordados 8

Análisis histórico inicial 10

Acoples estratégicos y equipos telecomandados 11

Mantenimientos intensivos 11

Aplicación conjunta de alternativas 12

Análisis financiero 12

Resultados y análisis **13**

Conclusiones y recomendaciones **17**

Referencias **19**

Apéndice **20**

A. **20**

A.1. Relevamiento y procesamiento de datos 20

A.1.1. Equipos de las redes COV1, COV8 y COV9 21

A.1.2. Vista inalámbrica COV1 25

A.1.3. Vista inalámbrica COV8 27

A.1.4. Vista inalámbrica COV9 33

A.1.5. Transformación a base de datos CYME 36

A.1.6. Datos de demanda 40

A.2. Escenario inicial 41

A.3. Escenario de alternativas 44

A.4. Análisis financiero 54

Índice de tablas

1. Seccionadores de acople entre alimentadores 5

2. Resultados del análisis histórico inicial 13

A.1. Datos resumidos demanda media de los alimentadores 40

A.2. Ventas esperadas en el año 54

A.3. Beneficios por recuperación de ENS 54

A.4. Costo de adquisición de la energía 55

A.5. Flujo de caja 55

Índice de figuras

1. Seccionador de linea y reconectador MT 3

2. Extensión de los alimentadores COV1, COV8 y COV9 4

3. Resumen de eventos, agrupados 7

A.1. Datos en bruto de maniobras, periodo 2022 20

A.2. Mímicos del COV1, COV8 y COV9 21

A.3. Declaración de datos en el software CYME 41

A.4. Configuración de fuente por cada alimentador 42

A.5. ENS vs longitud COV1 43

A.6. ENS vs longitud COV8 43

A.7. ENS vs longitud COV9 44

A.8. Configuración de reconectadores 44

A.9. Arreglo de reconectadores telecomandados 45

A.10. Criterios de restablecimiento adoptados 46

A.11. Resultados comparativos de la alternativa 1 46

A.12. ENS vs longitud de linea alternativa 1, COV1 47

A.13. ENS vs longitud de linea alternativa 1, COV8 47

A.14.ENS vs longitud de linea alternativa 1, COV9 48

A.15.Resultados comparativos de la alternativa 2 48

A.16.ENS vs longitud de linea alternativa 2, COV1 49

A.17.ENS vs longitud de linea alternativa 2, COV8 49

A.18.ENS vs longitud de linea alternativa 2, COV9 50

A.19.Resultados comparativos de la alternativa 3 50

A.20.ENS vs longitud de linea alternativa 3, COV1 51

A.21.ENS vs longitud de linea alternativa 3, COV8 51

A.22.ENS vs longitud de linea alternativa 3, COV9 52

A.23.ENS vs longitud COV9 52

A.24.ENS vs longitud COV8 53

A.25.ENS vs longitud COV1 53

La confiabilidad del servicio de energía eléctrica medida a través de índices de desempeño tiene dos orientaciones diferentes: el registro de eventos pasados y la predicción de confiabilidad. Las empresas de servicio eléctrico normalmente llevan un registro estadístico de los eventos pasados, con los cuales pueden evaluar el desempeño de sus sistemas [4].

En la Estación COV ubicada en la ciudad de Coronel Oviedo, la Ande cuenta con catorce alimentadores de los cuales tres alimentadores denominados COV1, COV8 y COV9 atienden las siguientes zonas rurales, Aguapety, San José y R.I. 3 Corrales.

Atendiendo a los datos del Departamento de Operación de Distribución de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE, en lo que sigue del documento), la cantidad de fuera de servicio de estos alimentadores han superado la media del conjunto, razón por la que este trabajo se limita al estudio de estos alimentadores.

Con la realización de este proyecto de fin de grado se puede obtener mejoras en los indices de confiabilidad del suministro de la energía de los alimentadores COV1, COV8 y COV9 al proponer alternativas factibles desde el punto de vista técnico y económico mejorando los indices establecidos, principalmente relacionados al cliente y a la empresa. Se destaca la utilización de estos indices asociados al cliente, el cual la empresa ANDE no tiene en su catalogo de indicadores de calidad.

Por todo lo mencionado anteriormente, el principal objetivo de este trabajo consistió en proponer alternativas para mejorar la confiabilidad de los alimentadores, basándose en criterios establecidos a partir de los relevamientos de datos.

Metodología

En este trabajo se exploran y desarrollan técnicamente alternativas para mejorar la confiabilidad de los alimentadores COV1, COV8 y COV9 de la Estación Coronel Oviedo de la ANDE. Se tuvieron en cuenta principalmente indices de calidad de suministro en media tensión utilizando software de simulación.

El tipo de investigación que se ha llevado a cabo según el objeto y la extensión del estudio es la investigación aplicada, debido a que se focalizaron los objetivos en encontrar procedimientos que permitieron lograr un objetivo definido, en este caso proponer alternativas para mejorar la confiabilidad en los alimentadores de media tensión COV1, COV8 y COV9. Según el tipo de datos empleados, la investigación será cuantitativa y cualitativa.

Relevamiento de datos y procesamiento

Se procedió a la recolección de datos, específicamente de maniobras realizadas en los citados alimentadores en el periodo de una año, estos se descargaron del sistema GIS de la ANDE (smallword)[2], el sistema de geo-referenciamiento[1], tiene la posibilidad de cargar datos de eventos y maniobras ocurridos en el sistema de distribución con la posibilidad de obtener a partir de estos valores de FEP (frecuencia equivalente de potencia) y DEP (duración equivalente de potencia), sin embargo, este puede tener errores por la sobre-escritura de registros. Por ende, en este trabajo se comienza por la limpieza de los datos, utilizando python3 para todo el marco del procesamiento y análisis de estos.

[1] Software proveído por General Electric.

Figura 1: Seccionador de linea y reconectador MT

En la figura A.1, se encuentran los campos de datos de maniobras dentro de un set de datos, con un total de 6724 registros, esto corresponde a todos los equipos de apertura y cierre con que cuentan los alimentadores de la zona centro, división de la empresa ANDE donde se gestionan los recursos de los departamentos geográficos de Caaguazú, Guaira y Caazapá. De estos registros se filtraron las maniobras sobre equipos correspondientes a los alimentadores en estudio, entre estos se tiene como principal equipo de maniobra el seccionador cuchilla (véase figura 1), el proceso de apertura del seccionador cuchilla se lleva a cabo con pértiga de maniobras en media tensión, abriéndose cada fase a destiempo, utilizando el complemento load buster si se encuentra energizado, no tienen ningún tipo de automatismo capaz de realizar el corte la tensión [7]. Otro equipo considerado es el propio interruptor de cabecera el cual se encuentra en la estación, ubicados en las celdas, estas maniobras son realizadas por medio del sistema SCADA o manualmente con el operador, ademas de poseer relés de protección (50, 51, 50N, 51N y 79), los cuales en caso de fallas poseen una curva de despeje (automatismo), quedando el alimentador fuera de servicio en toda su extensión, por otra parte, los reconectadores son equipos que poseen estas funciones pero se ubican en lugares estratégicos en la linea de distribución, también forman parte de los equipos analizados en este trabajo, a partir del 2022 fueron adquiridos equipos telecomandados (reconectadores) en el marco de la Licitación Pública

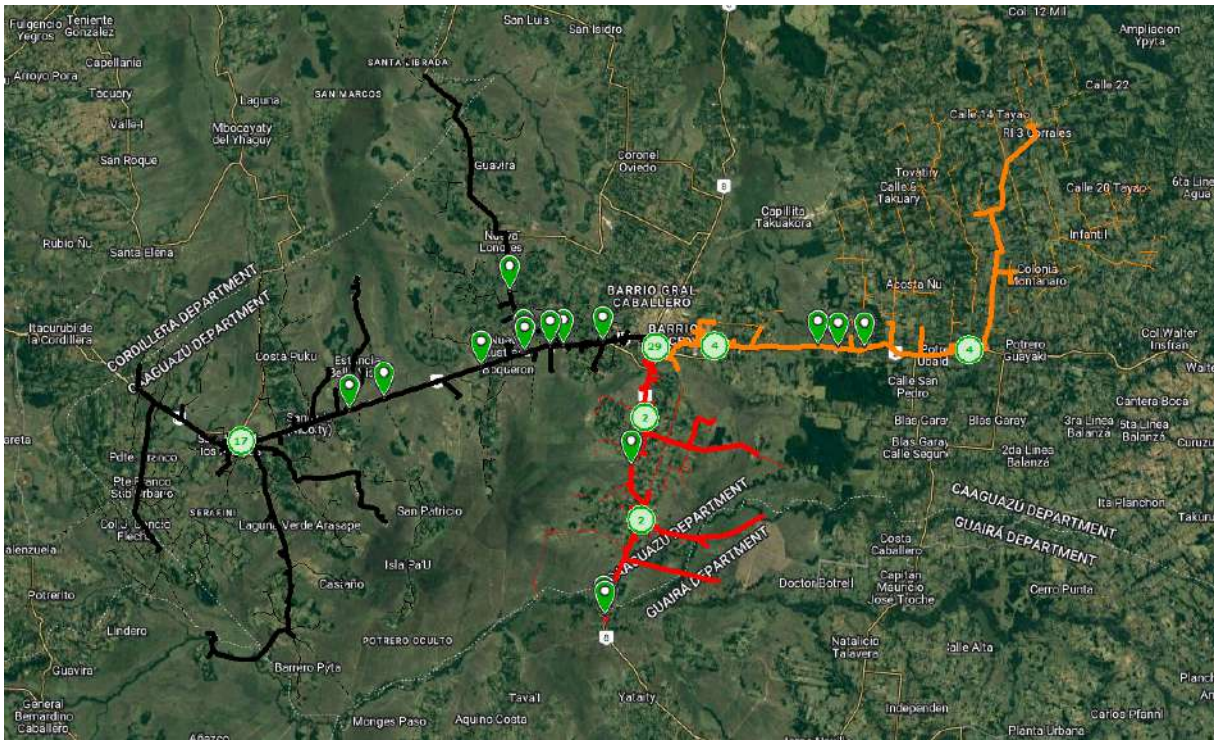


Figura 2: Extensión de los alimentadores COV1, COV8 y COV9

Internacional 1495, siendo la principal ventaja la rapidez de las maniobras, pues estan se llevan a cabo de manera remota, y la utilización del automatismo en despejes de fallas.

Entonces, como también fue necesario conocer la linea de distribución, sus características, extensiones y cargas, se relevaron estos datos, ademas, las disposiciones y numeraciones de equipos, a fin de cruzar estos datos con el set de datos original. En la figura A.2 se observan los mímicos de los alimentadores COV1, COV8 y COV9, con esto se pudo identificar las numeraciones de los equipos y la extensión de los alimentadores.

Por otra parte, se relevaron del centro de operación de la regional centro, los datos topológicos de la red, como son las cargas aguas abajo de cada elemento, las características de la lineas y nuevamente la disposición de equipos. En la sección A.1.1, se aprecian la nomenclatura de los equipos, la carga en kVA aguas abajo de cada elemento, la red a la que pertenecen y las coordenadas de geo-referencia. 83 elementos de maniobras incluyendo a los interruptores de cabecera.

En la figura 2, se muestra la extensión de los alimentadores en análisis, y se marcan los puntos donde se ubican los equipos de maniobra. En negro el alimentador COV8, en rojo

Alimentador	Seccionador ID	Estado	Alimentador Acople	Soporte
COV8	21200	Abierto	COV6	Completo
COV8	21435	Abierto	COV6	Parcial
COV8	21501	Abierto	COV5	Completo
COV8	21490	Abierto	ELA3	Parcial
COV1	21150	Abierto	COV5	Completo
COV1	21145	Abierto	COV6	Completo
COV1	21185	Abierto	PPE3	Parcial
COV9	21601	Abierto	COV2	Completo
COV9	21298	Abierto	COV2	Completo
COV9	14076	Abierto	CZU5	Parcial

Tabla 1: Seccionadores de acople entre alimentadores

COV1 y naranja COV9. La particularidad de estas redes radica en la longitud de sus lineas, ya que sirven a localidades alejadas del centro urbano de Coronel Oviedo, COV8 posee en su troncal conductor de 150 mm^2 hasta la ciudad de San José, COV9 se extiende por la Ruta PY02 hasta R.I. 3 Corrales con conductor de 70 mm^2, COV1 se extiende por la Ruta PY08 hasta limítrofe departamental con Guaira, alimentando la planta de tratamiento de agua ESSAP, con conductor de 70 mm^2. En cuanto a equipos de regulación de tensión COV9 posee un regulador de tensión de 100 A y COV8 dos reguladores de tensión de 200 A, a los efectos de este trabajo no se consideraron las maniobras de estos equipos, pero la presencia de estos representa la considerable extensión de los alimentadores.

Se le dio trascendencia a los seccionadores de acople entre alimentadores, estos permanecen abiertos y son operados en caso de suplir carga de un alimentador a otro, aislando las fallas y permiten la disminución de clientes afectados en caso de una falla. En los apéndices A.1.2, A.1.3 y A.1.4, se muestran las vistas inalámbricas de estos alimentadores, mostrando sus posibles acoples y las cargas agua abajo de cada equipo, en la tabla 1, se aprecian estos acoples y su capacidad de soporte, en el momento de este estudio. Se consideraron de capacidad completa de soporte a los acoples cercanos a la estación, mientras que los de capacidad parcial se refieren a acoples sin la robustez que se requiere para cubrir toda la carga de un alimentador, por ejemplo, sección de conductor menor a 150 mm^2 o similar, los que se encuentran a final de lineas y se hallan en punta con alimentadores de otras estaciones.

Limpieza y transformación de datos

A modo de limpiar los datos de maniobra, se utilizó el lenguaje de programación python3, primeramente se adecuaron los tipos de variables construyendo variables de tipo tiempo a partir del tipo texto del set original, luego atendiendo a los equipos pertenecientes a los alimentadores estudiados, se cruzaron los datos, dejando un dataset de 383 registros de eventos.

Para verificar los registros faltantes o sobrantes se comparó las longitudes de las acciones de un equipo normalmente cerrado, si la cantidad de aperturas es igual a la de cierres, entonces los registros convergen y al ordenarse por la variable temporal se pudo obtener un solo registro de este evento, restando el momento de cierre con la apertura, obteniéndose un valor en formato deltatime [5].

Esta transformación se realizó a fines de abastecer al software CYME[2] de datos[1], entonces de acciones puntuales del set de datos original, apertura o cierre, denotando para un evento de fuera de servicio dos registros, se convirtió en un solo registro donde se computó el inicio del fuera de servicio, fecha y hora (formato datetime), el tiempo que se tarda en la reparación y normalización del suministro (en minutos) y otros datos como la cantidad de fases interrumpidas, el equipo en donde se ha realizado la maniobra con un identificador en específico y la descripción, en la sección A.1.5 se puede observar los campos de este formato (txt).

Una de las ventajas sobre este formato es la simpleza, ademas se pudo realizar un resumen de los eventos frecuentes en el periodo de estudio, en la figura 3, se puede observar como la mayoría de fueras de servicio son por causas no identificadas por el centro de control, 40 % de las veces, de las averías mejor identificadas se encuentra el cable suelto, por la magnitud del evento se identificó en el 20 % de registros, los casos de ramas sobre linea no son identificadas en el mayor de los casos ya que se despejan, de los que se identificaron se obtuvo una frecuencia relativa del 9 %. Los casos de crucetas rotas representan el 7 % de los eventos, los cuales también son fácilmente identificables, los eventos por condiciones climáticas representan el 9 % de los casos. En la categoría otros se explayan varios casos

[2]Software utilizado por la ANDE para análisis de redes en media tensión.

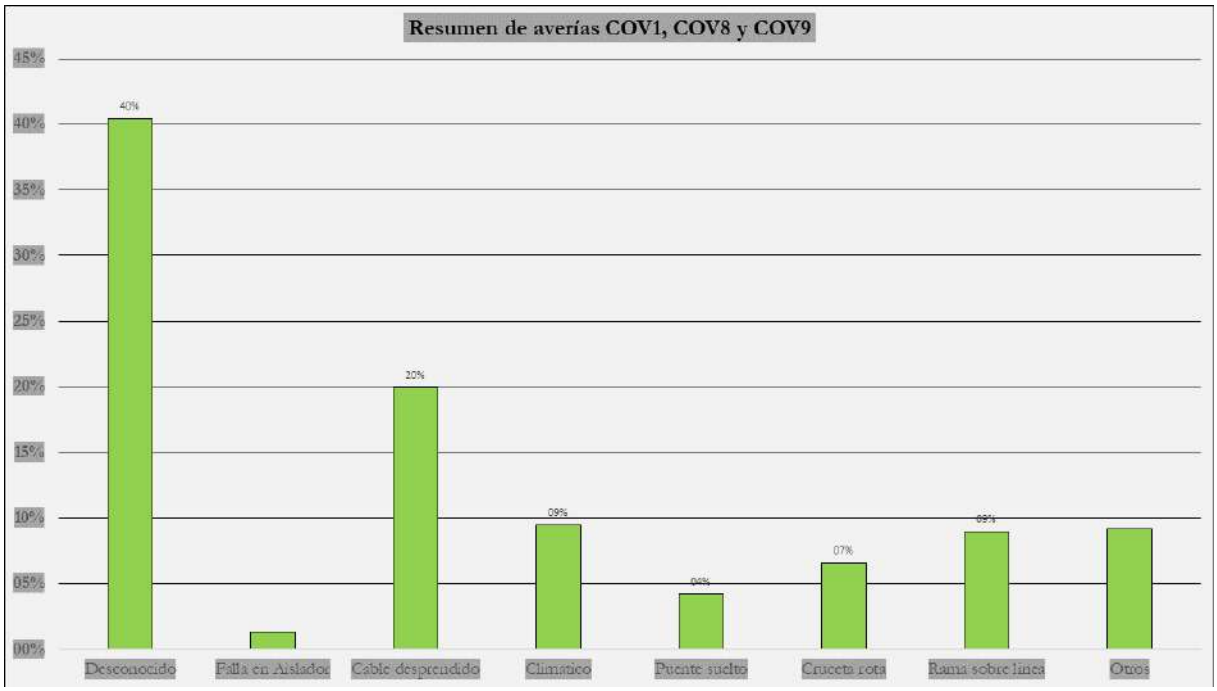


Figura 3: Resumen de eventos, agrupados

aislados, como ser, poste roto por choque automovilístico, animales sobre la linea, etc.

Análisis de demanda

En este apartado, se realizaron levantamientos de demanda de los alimentadores en cuestión, en el periodo de estudio.

Este dato se presenta en esta sección pues, sirvió para el modelamiento de las cargas en software de simulación, utilizando la demanda media de cada alimentador, en la tabla A.1, se aprecian los valores medios resumidos de las corrientes por cada alimentador, en términos de kilovatios se pudo calcular como:

- COV1: 2075 kW, FC: 0.166
- COV8: 4860 kW, FC: 0.201
- COV9: 3300 kW, FC: 0.24

FC corresponde al indice de factor de carga en demanda media, el cual es relacional a la

utilización media de la carga instalada del alimentador, según últimos registros de carga instalada.

Estudios de confiabilidad

En esta sección se realizan los estudios de confiabilidad con los datos relevados en el apartado anterior, se vuelcan los mismos al software de simulación CYME en su versión 9, perteneciente a la empresa ANDE.

Indices abordados

Hoy en día las empresas en la región y el mundo planifican la operación y crecimiento de sus redes de distribución basándose en indices enfocados a clientes, lo cual se relaciona mejor con el sector comercial de cualquier empresa, la ANDE, actualmente se encuentra en este proceso, la digitalización de las redes de distribución, esto permitirá en el futuro la obtención de indices capaces de competir en la región, ahora bien actualmente no posee una base de datos fuerte de fueras de servicios de transformadores, clientes o zonas de clientes afectadas en la red secundaria, solamente a nivel de media tensión, en este trabajo se realizan estimaciones proporcionales de estos indices gracias al software utilizado.

El software utilizado trabaja con varios indices, sin embargo en este trabajo se optaron por los siguientes.

SAIFI: Del ingles *System average interruption frequency index*, Índice de frecuencia promedio de interrupciones del sistema. Este índice es diseñado para brindar información sobre la frecuencia promedio de interrupciones sostenidas por cliente sobre un área predefinida. Por lo tanto,

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T} \tag{1}$$

donde:

N_i es el numero de clientes interrumpidos por cada evento.

N_T es el numero total de clientes servidos por el alimentador en este caso.

SAIDI: Índice de duración media de interrupciones del sistema, duración promedio de una interrupción continua que en promedio cada consumidor del sistema de distribución eléctrica o región sufrió por año. *System average interruption duration index.*

$$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} \tag{2}$$

donde r_i es el tiempo de restauración por cada interrupción.

CAIDI: Índice de duración promedio de cada interrupción a los consumidores, para aquellos consumidores que experimentaron interrupciones continuas, la duración promedio de la interrupción. *Customer average interruption duration index* [3].

$$CAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_i} \tag{3}$$

ASAI: *Average Service Availability Index*, relación de las horas que el servicio estuvo disponible durante un periodo de tiempo para las horas totales demandadas.

$$ASAI = \frac{N_T \cdot 8762,82 - \sum r_i N_i}{N_T \cdot 8762,82} \tag{4}$$

ASUI: *Average Service Unavailability Index*, relaciona las horas que el servicio estuvo no disponible en el año [8].

$$ASUI = 1 - ASAI \tag{5}$$

ENS: *Energy Not Supplied Index*, este indice representa la energía no suministrada en el sistema.

$$ENS = \sum L_{medio,i} \cdot r_i \tag{6}$$

donde $L_{medio,i}$ es la carga desconectada en la interrupción.

AENS *Average energy not supplied*, Energía no suministrada total (debido a las interrupciones) dividida por el número total de consumidores [6].

$$AENS = \frac{\sum L_{medio,i} \cdot r_i}{N_T} \tag{7}$$

Los indices referidos a clientes no son utilizados actualmente en la empresa ANDE, sin embargo, se realiza la siguientes suposiciones: (1) La cantidad de clientes por transformador se distribuye de manera homogénea a lo largo del alimentador, (2) No se consideraron los fueras de servicio en el sistema secundario. Con estas aclaraciones, se logro obtener valores proporcionales a los indices reales.

Análisis histórico inicial

Se utilizo el modulo de «Evaluación de fiabilidad» del software CYME, se cargaron los datos obtenidos en el apartado anterior. En la figura A.3, se aprecia el tiempo de estudio, y los alimentadores afectados, cada alimentador se configuró como una fuente independiente (véase figura A.4).

Una vez ejecutado el análisis se pudo obtener los valores de indices desarrollados, el indice prioritario tomado para los cálculos financieros posteriores fue el ENS, ya que se relaciona directamente con la energía no facturada. En las figuras A.5, A.6 y A.7, se aprecia como el arreglo de equipos influye en este indice a lo largo del alimentador, finalmente estos resultados son primordiales en el desarrollo de alternativas.

En la tabla 2, se explayan los resultados del análisis histórico inicial, se observan los valores de las respectivas unidades, que representan la calidad de servicio ofrecida a los clientes, como objetivo de las alternativas se establece la disminución de estos números.

Acoples estratégicos y equipos telecomandados

Esta es la primera alternativa abordada en este estudio, en donde se proponen la colocación de equipos telecomandados sobre las lineas mencionadas, cabe destacar que la empresa ANDE se encuentra en este proceso de instalación de equipos, en este apartado se tratará de responder sobre las ubicaciones optimas de estos equipos para despejes automáticos y acoples con alimentadores adyacentes.

Se parte del escenario anterior, como criterio principal se tienen los resultados de ENS contra la longitud de linea, se consideran para corte automático de troncal, donde terminan los estados altos de ENS, a fin de salvar esa carga, y los acoples entre estos puntos como apoyo a este alimentador, cabe destacar que estos alimentadores poseen hoy en día capacidad de soporte. Se consideraran estos estados de mayor perdida, como bloques de carga.

La configuración realizada a los equipos modelados (véase figura A.8), consistió en su declaración como equipos de despeje y restablecimiento automáticos, entonces con el software se logra caracterizar un escenario donde la carga desde el punto de re-conexión aguas arriba de la falla se recupera en su totalidad, y en el punto de re-conexión aguas abajo es recuperada si se posee acoples en el bloque.

Mantenimientos intensivos

Se considera este apartado como la segunda alternativa desarrollada. Para conseguir los resultados deseados se procedió a realizar nuevamente el análisis histórico desde el sistema inicial, en este caso se cambio de estado a excepción las diferentes fallas ocurridas que se pueden paliar con mantenimiento intensivo de las redes, como son la poda de arboles, cambios de crucetas y mantenimientos de equipos de distribución.

El mantenimiento intensivo, implica cortes de rama o también conocido como poda de arboles, cambios de crucetas en estado deteriorado y mantenimientos y sustituciones de equipos de maniobra. Este proceso requiere de un levantamiento previo normalmente realizado por personal de la empresa, por ultimo la ejecución de estos trabajos se realiza con empresas externas, en este estudio se tuvo en cuenta las diferentes licitaciones para la evaluación financiera.

Aplicación conjunta de alternativas

Se realizo el mismo análisis anteriormente planteado, esta vez utilizando ambas alternativas, colocando los equipos de protección propuestos y ademas la mejora en los mantenimientos intensivos, se llevaron a cabo todos los pasos anteriormente mencionados.

Análisis financiero

Se realizó la evaluación financiera de la mejor alternativa, teniendo en cuenta cálculos de VAN, TIR y retorno de la inversión, para la consideración de costes se tuvo en cuenta la LPN 1466/2018 de mantenimientos de linea y poda de arboles, entonces relacionando a los gastos sugeridos por la empresa para esta labor, en este proyecto se considero el doble de esta inversión en mantenimientos y poda.

Resultados y análisis

Nombre alim.	Saifi (inter/cust-yr)	Saidi (hr/cust-yr)	Caidi (hr/cust-inter)	Asai	Asui	Ens (kWh/yr)	Ens media (kWh/cust-yr)
COV09	128,64754	108,96940	0,84704	0,98757	0,01243	345752,8	197,34749
COV08	151,5847	177,58806	1,17154	0,97974	0,02026	815771,9	256,53205
COV01	73,79781	116,55739	1,57942	0,9867	0,0133	235694,1	231,75432

Tabla 2: Resultados del análisis histórico inicial

En la tabla 2 se tienen los resultados del análisis inicial del modelo, el indice SAIFI se puede entender como las interrupciones por cliente en el periodo de un año, sin embargo, como los datos de clientes no se tienen en bases de datos relacionales a la red, en este caso el indice se relaciona directamente al transformador de distribución, por lo que la frecuencia de interrupciones queda relacionada a los transformadores de distribución, por ejemplo el alimentador COV9, tiene el mayor valor de este indice siendo de 128,64 interrupciones por transformador al año. El indice SAIDI, es parecido, solo que se relaciona directamente a la cantidad de horas fuera de servicio por transformador al año, el COV8 en este caso posee la mayor cantidad de horas fuera de servicio por transformador en el periodo de un año, para afinar estos valores en investigaciones posteriores se deberá obtener por cada transformador la cantidad de clientes de los mismos integrado en una base de datos conectable. El valor de CAIDI, horas promedio que un cliente queda fuera de servicio por cada interrupción, también posee el sesgo del dato de clientes por transformador, se observa como el alimentador COV1 posee el mayor valor de este indice, esto por la distribución de transformadores sobre este alimentador el cual es inversamente proporcional a las horas fuera de servicio.

La disponibilidad ASAI, en este caso podemos asegurar que la disponibilidad del alimentador COV1 es del 98,67 %, COV8 tiene una disponibilidad de 97,974 %, COV9 tiene una

disponibilidad de 98,757 %. Este esta directamente relacionado a la energía suministrada por el alimentador, si bien son números cercanos al 100 %, el campo de ENS (energía no suministrada) refleja la cantidad de energía perdida por la empresa, no facturada al cliente por las diferentes fallas en el sistema de distribución.

En la figura A.9 se aprecia el arreglo resultante de reconectadores telecomandados bajo el criterio de ENS versus longitud de linea. Con un total de 18 equipos en los alimentadores COV1, COV8 y COV9, incluyendo los puntos de acople.

Se corrió el análisis de fiabilidad nuevamente bajo estas condiciones, como la primera alternativa planteada, los resultados en referencia al escenario inicial se presentan en la figura A.11.

En esta primera alternativa se encontró, sobre el alimentador COV9, reducción del 30,4 % del indice SAIFI, disminución del 35,5 % del indice SAIDI, el CAIDI se reduce en 7,4 %, la disponibilidad aumenta en 0,4 %, la ENS y AENS se reduce en 37,1 %.

Sobre el alimentador COV8, se obtuvo disminución del 13,9 % del indice SAIFI, disminución del 39,8 % del indice SAIDI, el CAIDI se reduce en 30,1 %, la disponibilidad aumenta en 0,8 %, la ENS y AENS se reduce en 44,4 %.

Sobre el alimentador COV1, se obtuvo disminución del 13,4 % del indice SAIFI, disminución del 28,7 % del indice SAIDI, el CAIDI se reduce en 17,7 %, la disponibilidad aumenta en 0,4 %, la ENS y AENS se reduce en 18,4 %.

Volviendo al análisis inicial, se simuló, el mismo modelo, esta vez reduciendo las fallas conocidas de corte de rama, seccionador averiado, crucetas rotas y otras fallas paliables con mantenimientos de recorridos de linea y equipos. Se consideró esto como la segunda alternativa, los resultados comparativos respecto al inicial se aprecian en la figura A.15.

Bajo estas condiciones, sobre el COV9 se consiguió redución del 14,7 % del SAIFI, 20,2 % de reducción del indice SAIDI, el CAIDI se redujo en 6,4 %, la disponibilidad aumentó en 0,3 % y la ENS y AENS se redujeron en 20,2 %.

Sobre el COV8 se obtubieron las siguientes diferencias -20,4 % del SAIFI, -12,6 % de SAIDI, el CAIDI tuvo un aumento, la disponibilidad se redujo en 0,3 %, ENS y AENS se

redujeron en 12,6 %.

Sobre el COV1 se obtuvo, diferencia del -13,5 % del SAIFI, -4 % del SAIDI, CAIDI aumentado, disponibilidad reducido en 0,1 %, ENS y AENS se redujeron en 4 %.

Como una tercera alternativa se planteo la implementación de estas dos, la confiabilidad no se puede sumar de manera aritmética, por lo que se llevo nuevamente el modelo a simulación, esta vez teniendo en cuenta la disposición de reconectadores y la disminución de eventos corregibles con mantenimiento intensivo. Los resultados de esta opción se aprecian en la figura A.19.

Se obtuvo sobre el COV9, reducción de los siguientes indices, SAIFI en 41 %, SAIDI en 47,5 %, CAIDI en 11 %, ENS y AENS en 48,6 %, aumento de la disponibilidad en 0,6 %.

Sobre el COV8, reducción de los siguientes indices, SAIFI en 31,8 %, SAIDI en 50,9 %, CAIDI en 28,1 %, ENS y AENS en 55,3 %, aumento de la disponibilidad en 1,1 %.

Sobre el COV1, reducción de los siguientes indices, SAIFI en 25,7 %, SAIDI en 31,7 %, CAIDI en 8 %, ENS y AENS en 22,8 %, aumento de la disponibilidad en 0,4 %.

Habiendo planteado estas tres alternativas, claramente arroja los mejores indices, que benefician al cliente y también a la empresa es la tercera alternativa, mostrando el mejor desempeño en la confiabilidad de los tres alimentadores.

Cabe mencionar la particularidad del CAIDI en el COV1 bajo la ultima simulación, esto se debe a la disminución de las interrupciones sin embargo, las debidas a condiciones ambientales son de poco tiempo por lo que el CAIDI no disminuye considerablemente.

Entonces por todos estos resultados mencionados, en este trabajo se selecciona la alternativa de mejorar el mantenimiento y a la vez instalar equipos telecomandados en troncal y acoples sobre las lineas del COV1, COV8 y COV9. En las figuras A.25, A.24 y A.23 se ven las relaciones de perdidas por energía no suministrada de las diferentes alternativas a lo largo de las redes.

Se realizó la evaluación económica a esta alternativa, obteniéndose los siguientes resultados, la inversión se estimo en 2.804.192.308 Gs. de lo cual se supone la energia no

suministrada en los tres alimentadores que se recupera con esta alternativa como beneficio principal del proyecto, entonces se obtuvo 533.787 kWh de retorno en el primer año, para los siguientes años se considero un crecimiento del 7,8 %[3]. Considerando la compra y la venta de la energía se pudo realizar un flujo de caja (véase tabla A.5), en el cual se obtuvo un VAN de 2.357.590.703 Gs. en el año 5, TIR de 34 %, mientras que la recuperación de la inversión se consigue al año 3.

[3]Dato de la GT/DR de la ANDE

Conclusiones y recomendaciones

Se logró recolectar datos de fallas de los alimentadores COV1, COV8 y COV9, estos en un formato de maniobras por cierre y apertura, por lo que se transformaron a registros de fueras de servicios por elementos de maniobra de las redes, esto ayudó a la utilización de los mismos en marcos de simulaciones de confiabilidad. También se logró relevar los datos de georeferenciados de las redes, en un formato legible por el software de simulación utilizado.

Con los datos transformados se pudo identificar las frecuencias de fallas y los diferentes tipos, de esa manera, se establecieron indices de confiabilidad referentes a clientes (SAIFI, SAIDI, CAIDI) y a la empresa (ASAI, ENS, AENS), como métricas para evaluar las alternativas planteadas. Estos indices reflejaron los beneficios obtenidos.

Se elaboraron las alternativas de acuerdo a estos criterios y se llevaron a simulación computacional predictiva utilizando el software CYME, por lo que se pudo medir el efecto de cada alternativa.

Finalmente, se seleccionó la alternativa mejor valorada técnicamente y se evaluó económicamente obteniendo factores económicos para la implementación de los mismos.

Recomendaciones

Con la realización de este trabajo se llega a las siguientes recomendaciones:

- Implementar la alternativa seleccionada en los alimentadores estudiados y elaborar

este mismo proceso de evaluación en otros alimentadores del país.

- Continuar con la digitalización de la empresa, para mejorar los indices abordados en este estudio, como ser la relación clientes con alimentador y transformador.
- Según lo visto en la evaluación económica, se recomienda aumentar los presupuestos de mantenimientos de lineas de media tensión de la ANDE.
- Continuar con la investigación, buscando efectos en la confiabilidad de este tipos de redes con longitudes considerables por medio de otras alternativas como la construcción de nuevas estaciones.

Bibliografía

[1] EATON, "Evalúe la confiabilidad de sus redes de distribución," 2019.

[2] General Electric. (2013) `https://www.ge.com/digital/applications/`.

[3] T. Gonen, *Electrical Power Transmission System Engineering.* Apple Academic Press, 2014.

[4] A. G. A. Mass, "Evaluación de confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución," *Santiago de Chile: Paidos*, 1994.

[5] W. McKinney *et al.*, "Data structures for statistical computing in python," in *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, vol. 445, no. 1. Austin, TX, 2010, pp. 51–56.

[6] I. C. Report, "Proposed definitions of terms for reporting and analyzing outages of generating equipment," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, no. 4, pp. 390–393, 1966.

[7] J. Rojas Blasco, *ANALISIS DE LOS REQUISITOS HARDWARE DE UN SISTEMA PARA LA LECTURA REMOTA AUTOMATICA DE CONTADORES.* ETSI, 2010.

[8] T. Short, "Reliability indices," *T&D World Expo*, pp. 7–9, 2002.

Apéndice A

A.1. Relevamiento y procesamiento de datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Id.	Tipo de evento	Id. elemento	Seccionador	Acción	Posición actual S	Posición actual T	Fecha almacenada	Fecha de generación	Usuario	Observaciones
13	16854788	Accidental	11388090	CD05	Cerrado	Cerrado	Cerrado	29/03/2022 14:31:04	01/01/2022 15:20:00	JAguilar	DESCONOCIDO
14	16854791	Accidental	15568060	VIL2	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:04:09	02/01/2022 16:58:00	JAguilar	Conductor Desprendido
15	16855221	Accidental	15984068	45080	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:05:57	02/01/2022 19:48:00	JAguilar	Conductor Desprendido
16	16855222	Accidental	15568060	VIL2	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 14:07:26	02/01/2022 19:57:00	JAguilar	Conductor Desprendido
17	16855223	Accidental	837393	45125	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:08:49	02/01/2022 20:10:00	JAguilar	Conductor Desprendido
18	16855224	Accidental	15984068	45080	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 14:10:05	02/01/2022 20:45:00	JAguilar	Conductor Desprendido
19	16855225	Accidental	837393	45125	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 14:14:22	02/01/2022 20:45:00	JAguilar	Conductor Desprendido
20	16855226	Accidental	15568122	CY04	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:26:17	02/01/2022 15:34:00	JAguilar	Desconocido
21	16855227	Accidental	15569944	48410	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:40:22	02/01/2022 16:48:00	JAguilar	Desconocido
22	16855228	Accidental	15568122	CY04	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 14:41:17	02/01/2022 17:02:00	JAguilar	Desconocido
23	16855229	Accidental	15568535	48415	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:42:02	02/01/2022 17:16:00	JAguilar	Desconocido
24	16855285	Accidental	15569944	48410	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 14:54:00	02/01/2022 17:30:00	JAguilar	Desconocido
25	16855287	Accidental	15568546	48420	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 14:57:05	02/01/2022 17:40:00	JAguilar	Desconocido
26	16855288	Accidental	15568535	48415	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 14:58:09	02/01/2022 18:20:00	JAguilar	Desconocido
27	16855289	Accidental	15568546	48420	Cerrado	Cerrado	Cerrado	30/03/2022 15:00:14	02/01/2022 19:03:00	JAguilar	Desconocido
28	16855290	Accidental	15568122	CY04	Abierto	Abierto	Abierto	30/03/2022 15:01:02	02/01/2022 19:05:00	JAguilar	Desconocido
29	16855291	Accidental	15568546	48420	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:03:17	02/01/2022 19:05:00	JAguilar	Desconocido
30	16855318	Accidental	15568122	CY04	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:04:06	02/01/2022 19:14:00	JAguilar	Desconocido
31	16855319	Accidental	15568584	48427	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:05:09	02/01/2022 19:24:00	JAguilar	Desconocido
32	16855320	Accidental	15568546	48420	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:05:41	02/01/2022 19:35:00	JAguilar	Desconocido
33	16855321	Accidental	15568606	48430	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:07:21	02/01/2022 19:50:00	JAguilar	Desconocido
34	16855322	Accidental	15568584	48427	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:08:02	02/01/2022 20:03:00	JAguilar	Desconocido
35	16855323	Accidental	15568606	48430	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:08:50	02/01/2022 20:19:00	JAguilar	Desconocido
36	16855324	Accidental	6677499	CY03	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:11:44	02/01/2022 19:30:00	JAguilar	Cable Suelto
37	16855325	Accidental	844179	PD	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:12:34	02/01/2022 19:50:00	JAguilar	Cable Suelto
38	16855412	Accidental	6677499	CY03	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:13:30	02/01/2022 19:52:00	JAguilar	Cable Suelto
39	16855413	Accidental	844179	PD	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:15:20	02/01/2022 20:50:00	JAguilar	Cable Suelto
40	16855414	Accidental	15568082	VIL3	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:21:26	02/01/2022 16:58:00	JAguilar	Desconocido
41	16855416	Accidental	15568082	VIL3	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:22:13	02/01/2022 18:04:00	JAguilar	Desconocido
42	16855417	Accidental	15568060	VIL2	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:23:36	02/01/2022 16:58:00	JAguilar	Conductor Desprendido
43	16855847	Accidental	15984068	45080	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:25:35	02/01/2022 19:48:00	JAguilar	Conductor Desprendido
44	16855848	Accidental	15568060	VIL2	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:26:03	02/01/2022 19:57:00	JAguilar	Conductor Desprendido
45	16855849	Accidental	837393	45125	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:26:58	02/01/2022 21:10:00	JAguilar	Conductor Desprendido
46	16855850	Accidental	15984068	45080	Cerrado	Cerrado	Cerrado	31/03/2022 08:28:43	02/01/2022 20:45:00	JAguilar	Conductor Desprendido
47	16855851	Accidental	12712336	PPE4	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:33:25	02/01/2022 16:08:00	JAguilar	Rama Sobre Linea
48	16856059	Accidental	5672525	45710	Abierto	Abierto	Abierto	31/03/2022 08:36:26	02/01/2022 16:50:00	JAguilar	Rama Sobre Linea

Figura A.1: Datos en bruto de maniobras, periodo 2022

Figura A.2: Mímicos del COV1, COV8 y COV9

A.1.1. Equipos de las redes COV1, COV8 y COV9

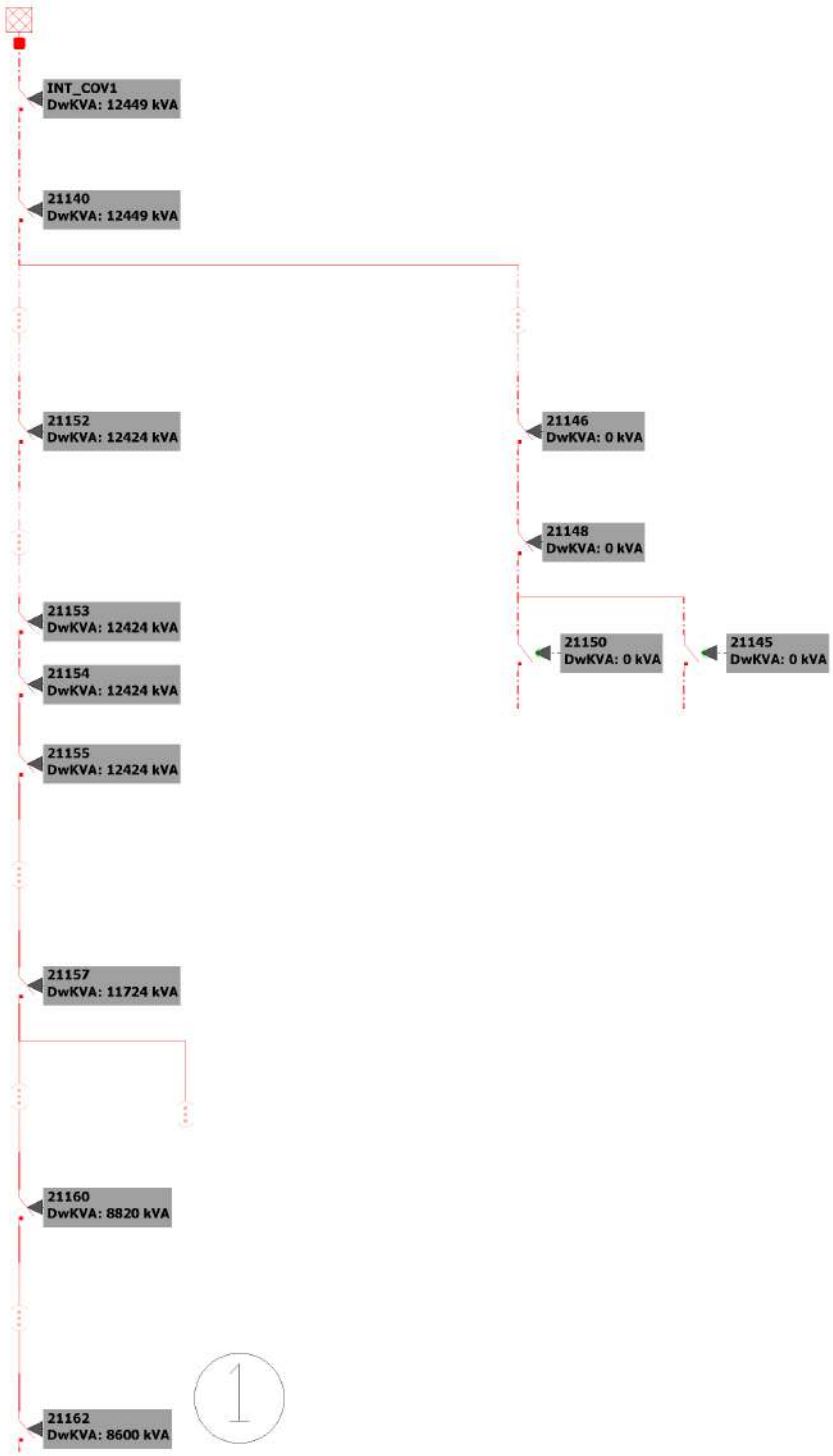
```
Nombre red Nro. Equipo kVA total Latitud Longitud Coord. X Coord. Y
COV01 INT_COV1 12449 -25.47303621 -56.44923179 555363.72 7182557.51
COV01 21140 12449 -25.47268767 -56.44943387 555343.57 7182596.19
COV01 21152 12424 -25.47303820 -56.44945299 555341.49 7182557.38
COV01 21153 12424 -25.47368939 -56.44951740 555334.72 7182485.29
COV01 21154 12424 -25.47368939 -56.44951740 555334.72 7182485.29
COV01 21155 12424 -25.47415731 -56.44956822 555329.39 7182433.50
COV01 21157 11724 -25.48042556 -56.45019913 555263.11 7181739.62
COV01 21160 8820 -25.50982282 -56.45552796 554714.15 7178486.39
COV01 21162 8600 -25.52216492 -56.45504575 554757.01 7177119.43
COV01 21165 6707 -25.54539460 -56.46427862 553818.91 7174550.76
COV01 21172 1805 -25.57780549 -56.45799403 554435.62 7170959.01
COV01 21170 3936 -25.57935655 -56.45878170 554355.81 7170787.57
COV01 21180 2788 -25.63422307 -56.48295404 551904.39 7164721.30
```

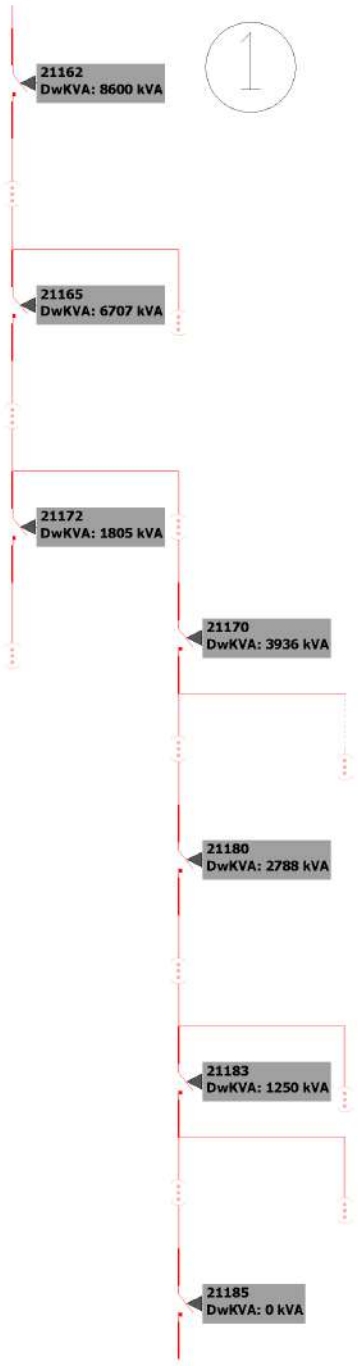
```
COV01 21183 1250 -25.63752986 -56.48185802 552012.98 7164354.67
COV01 21185 0 -25.63906503 -56.48201366 551996.69 7164184.73
COV01 21146 0 -25.47192867 -56.44940995 555346.32 7182680.23
COV01 21148 0 -25.47182820 -56.44940221 555347.15 7182691.35
COV01 21150 0 -25.47183807 -56.44920879 555366.59 7182690.18
COV01 21145 0 -25.47169723 -56.44938524 555348.91 7182705.85
COV08 INT_COV8 24154 -25.47053751 -56.45000176 555287.47 7182834.53
COV08 21425 24154 -25.47051057 -56.44997274 555290.40 7182837.50
COV08 21426 24154 -25.47010076 -56.45060059 555227.47 7182883.14
COV08 21427 24154 -25.47010076 -56.45060059 555227.47 7182883.14
COV08 21433 23904 -25.46606861 -56.45569220 554717.46 7183331.76
COV08 21434 23904 -25.46594260 -56.46171769 554111.78 7183348.17
COV08 21436 23804 -25.46594298 -56.46355904 553926.67 7183348.88
COV08 21435 0 -25.46649151 -56.46513111 553768.39 7183288.77
COV08 21440 23804 -25.46698057 -56.46810778 553468.93 7183235.81
COV08 21445 21351 -25.46965997 -56.48463285 551806.56 7182945.63
COV08 21450 20222 -25.47126301 -56.51063195 549192.34 7182777.96
COV08 21451 19742 -25.47171128 -56.51924433 548326.42 7182731.47
COV08 21456 19333 -25.47549641 -56.53611008 546629.56 7182318.33
COV08 21457 19333 -25.47554336 -56.53626523 546613.94 7182313.18
COV08 21460 17412 -25.47576986 -56.53704973 546535.00 7182288.37
COV08 21463 17412 -25.47762007 -56.54331635 545904.38 7182085.66
COV08 21465 16291 -25.49228844 -56.59260754 540944.76 7180477.39
COV08 21466 16261 -25.50373728 -56.63153533 537028.80 7179220.98
COV08 21467 16071 -25.51098333 -56.65614667 534553.39 7178425.19
COV08 21468 13063 -25.51758854 -56.67827609 532327.85 7177699.31
COV08 21471 12448 -25.52166167 -56.69218500 530929.18 7177251.57
COV08 21474 11834 -25.52972446 -56.71913518 528219.34 7176364.71
COV08 21475 4276 -25.53077327 -56.72204869 527926.36 7176249.18
COV08 21476 4276 -25.53227855 -56.72141530 527989.65 7176082.36
COV08 21488 2198 -25.54139189 -56.71734270 528396.69 7175072.31
```

```
COV08 21492 1918 -25.56032179 -56.71238821 528889.89 7172974.98
COV08 21489 1848 -25.53430654 -56.70833309 529303.55 7175854.96
COV08 21481 0 -25.53289600 -56.72194286 527936.50 7176014.09
COV08 21491 7395 -25.52644293 -56.73394096 526732.47 7176731.16
COV08 21496 2458 -25.53374881 -56.73596889 526527.11 7175922.53
COV08 21480 3777 -25.53242517 -56.73905545 526217.29 7176069.72
COV08 21482 3702 -25.53187513 -56.74257258 525864.04 7176131.32
COV08 21483 3652 -25.53014750 -56.74712387 525407.13 7176323.51
COV08 21484 3522 -25.52241428 -56.75866652 524248.96 7177182.02
COV08 21865 3522 -25.52121713 -56.76074951 524039.90 7177314.96
COV08 21490 0 -25.49710543 -56.79950252 520150.01 7179991.45
COV08 21486 2018 -25.50505228 -56.78804072 521300.52 7179109.66
COV08 21458 1858 -25.47119522 -56.53711623 546530.07 7182794.98
COV08 21459 1858 -25.46071066 -56.53916678 546327.96 7183956.74
COV08 21462 1328 -25.42934430 -56.54734916 545517.16 7187432.99
COV08 21501 0 -25.47080062 -56.44950816 555336.97 7182805.19
COV09 INT_COV9 13229 -25.47087297 -56.44894552 555393.49 7182796.94
COV09 21902 13129 -25.47350512 -56.44522690 555766.09 7182503.91
COV09 21903 13054 -25.47436314 -56.44431981 555856.88 7182408.51
COV09 21904 12979 -25.47747628 -56.44444119 555843.24 7182063.82
COV09 21905 12979 -25.47828961 -56.44211693 556076.49 7181972.77
COV09 21906 12594 -25.47428056 -56.43580970 556712.37 7182414.06
COV09 21908 12519 -25.47269243 -56.43495023 556799.51 7182589.56
COV09 21910 12444 -25.46968871 -56.43125589 557172.30 7182920.61
COV09 21912 12444 -25.46959276 -56.43124777 557173.16 7182931.23
COV09 21305 12001 -25.47037414 -56.42034636 558268.66 7182839.98
COV09 21306 1595 -25.47037800 -56.42005539 558297.91 7182839.43
COV09 21310 8735 -25.47175165 -56.39678853 560636.13 7182676.92
COV09 21315 7610 -25.47229425 -56.38865622 561453.35 7182613.11
COV09 21330 7412 -25.47270050 -56.32443481 567908.95 7182536.94
COV09 21331 7387 -25.47300486 -56.32067104 568287.13 7182501.31
```

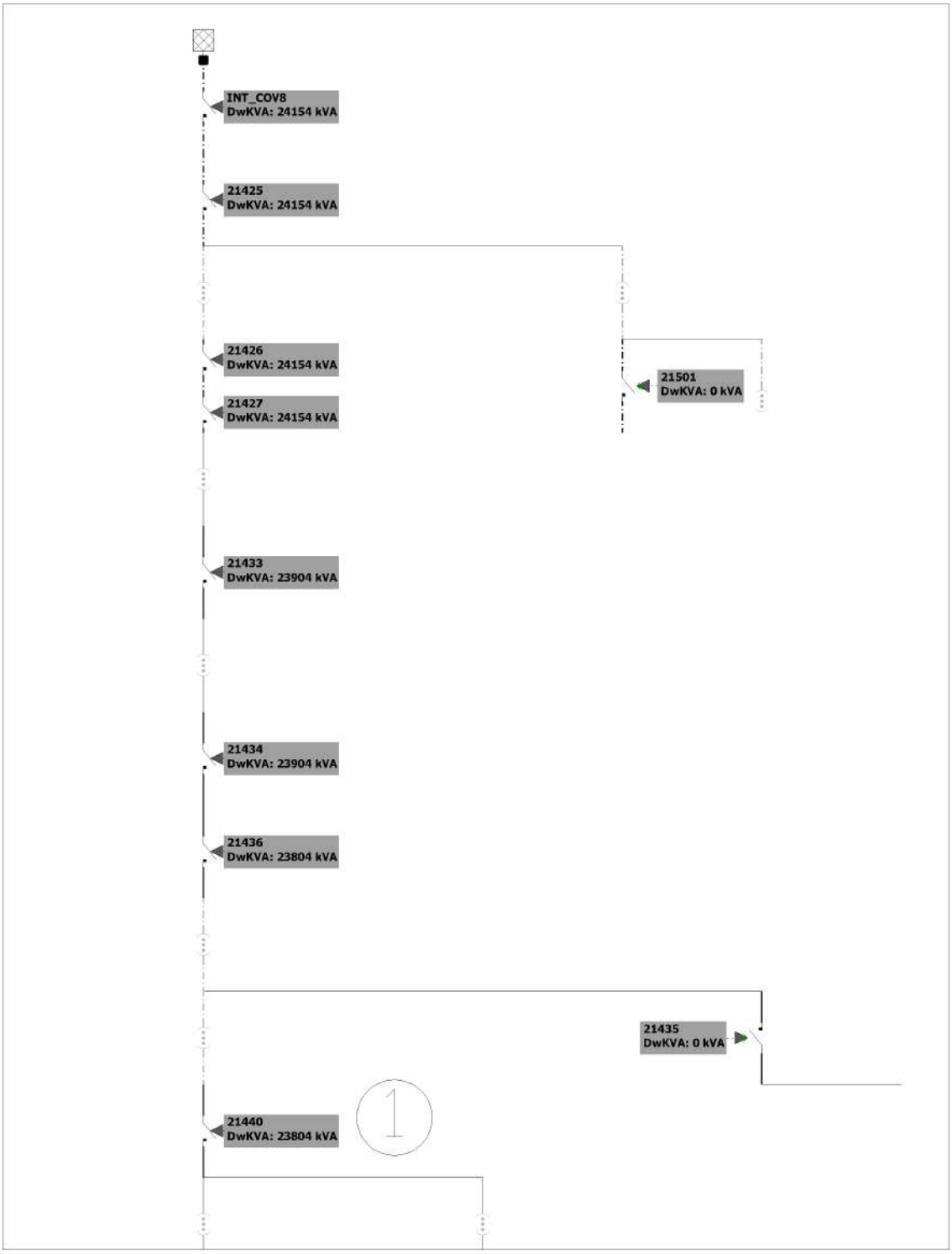
```
COV09 21340 6737 -25.47198900 -56.30446375 569916.95 7182605.40
COV09 21347 0 -25.47650903 -56.28163494 572209.13 7182092.67
COV09 21350 5288 -25.47708505 -56.26201878 574180.64 7182018.10
COV09 14075 0 -25.47302612 -56.22400528 578004.46 7182445.88
COV09 21354 4978 -25.47230333 -56.22664167 577739.90 7182527.46
COV09 21353 4973 -25.46020149 -56.22236968 578177.17 7183865.14
COV09 21298 0 -25.46958937 -56.43171824 557125.87 7182931.81
COV09 21601 0 -25.47114346 -56.44887508 555400.45 7182766.96
```

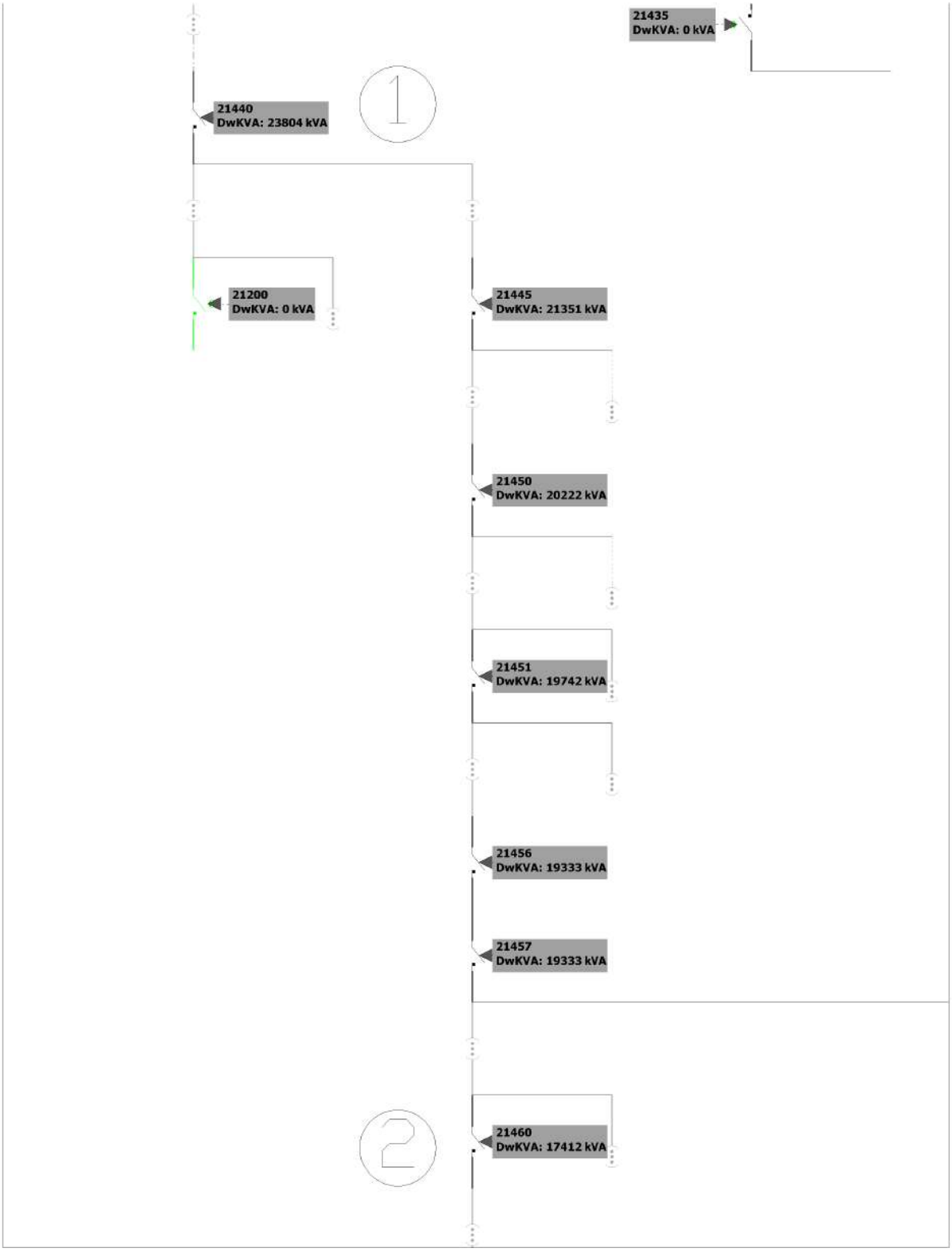
A.1.2. Vista inalámbrica COV1

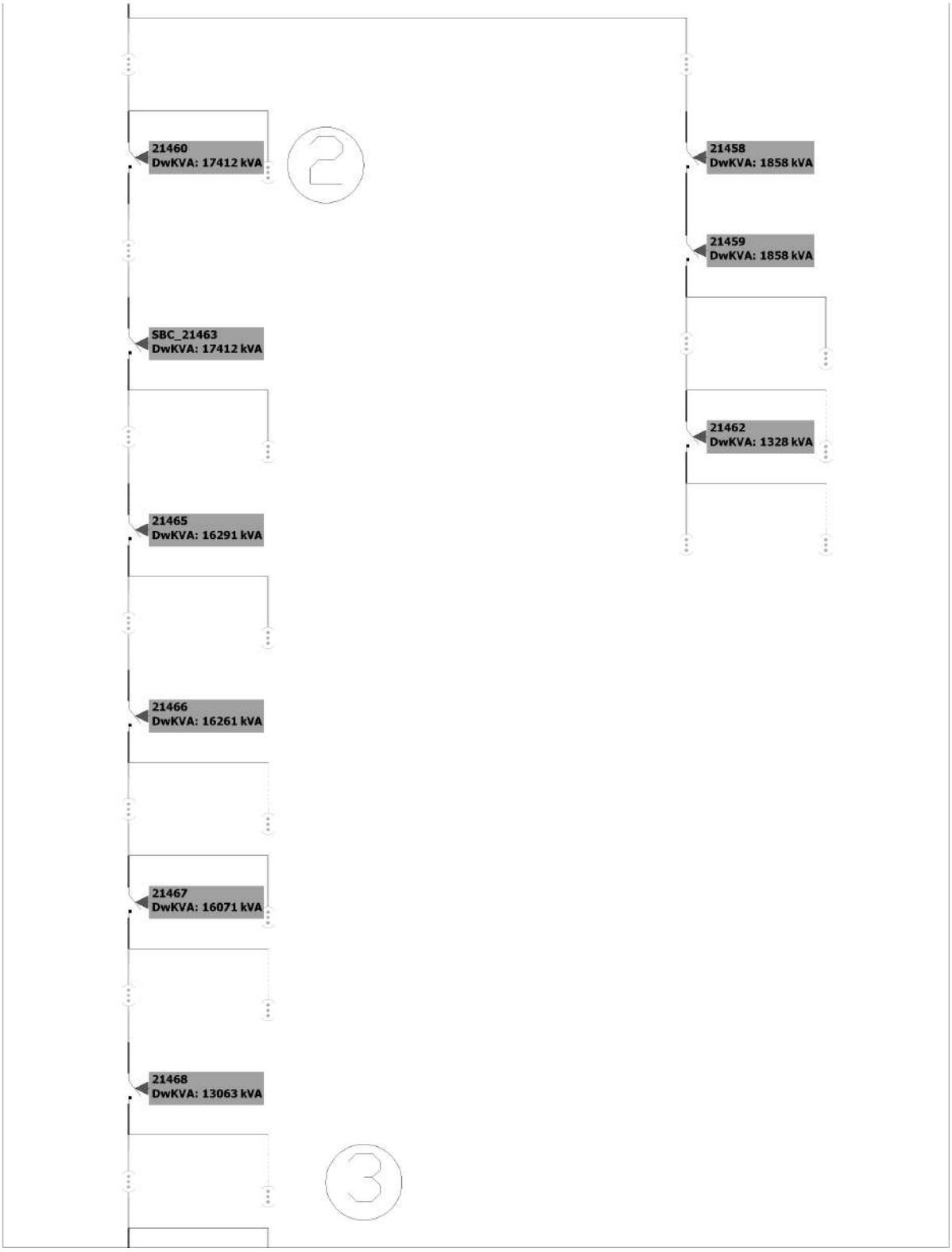


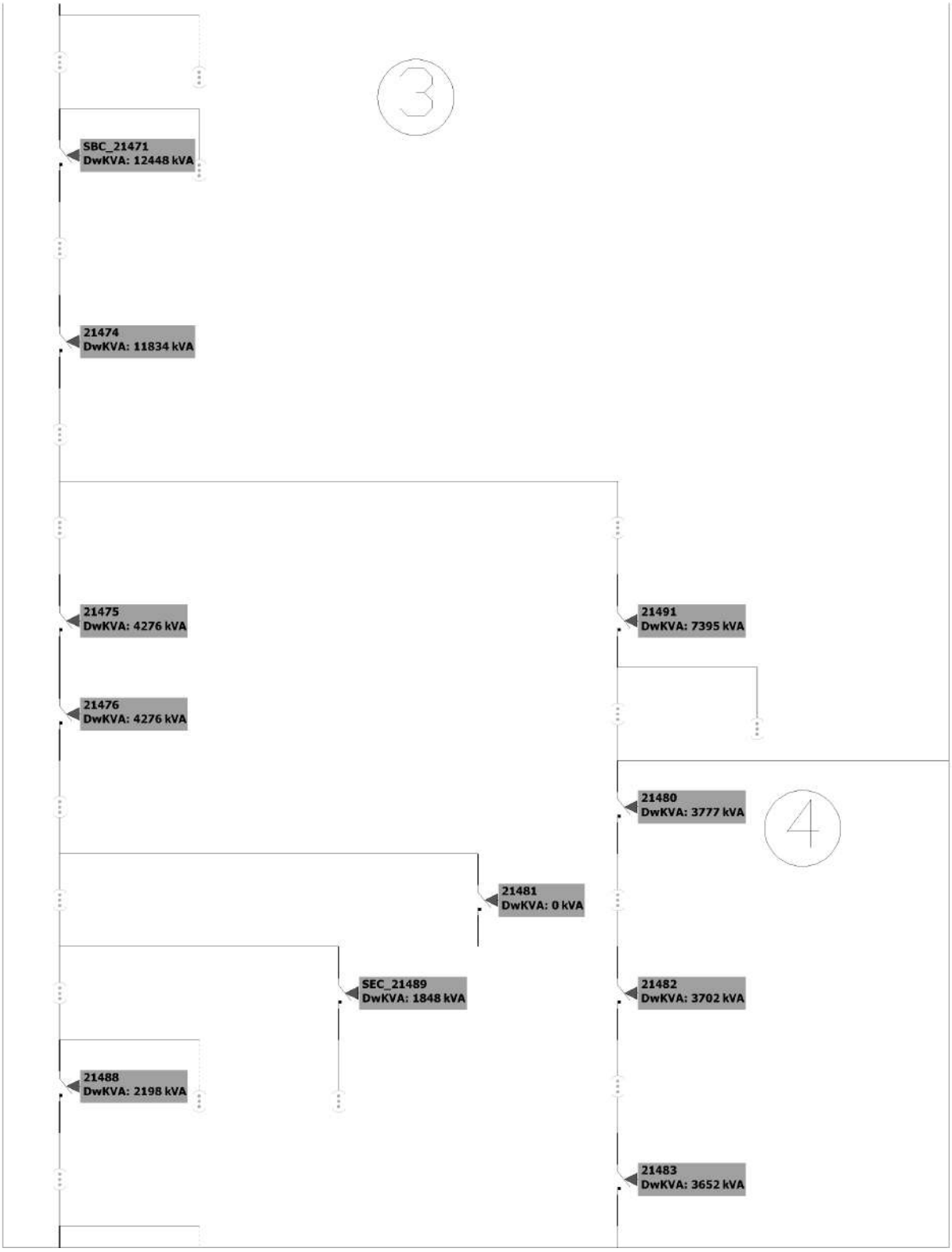

1
21162
DwKVA: 8600 kVA
21165
DwKVA: 6707 kVA
21172
DwKVA: 1805 kVA
21170
DwKVA: 3936 kVA
21180
DwKVA: 2788 kVA
21183
DwKVA: 1250 kVA
21185
DwKVA: 0 kVA

A.1.3. Vista inalámbrica COV8

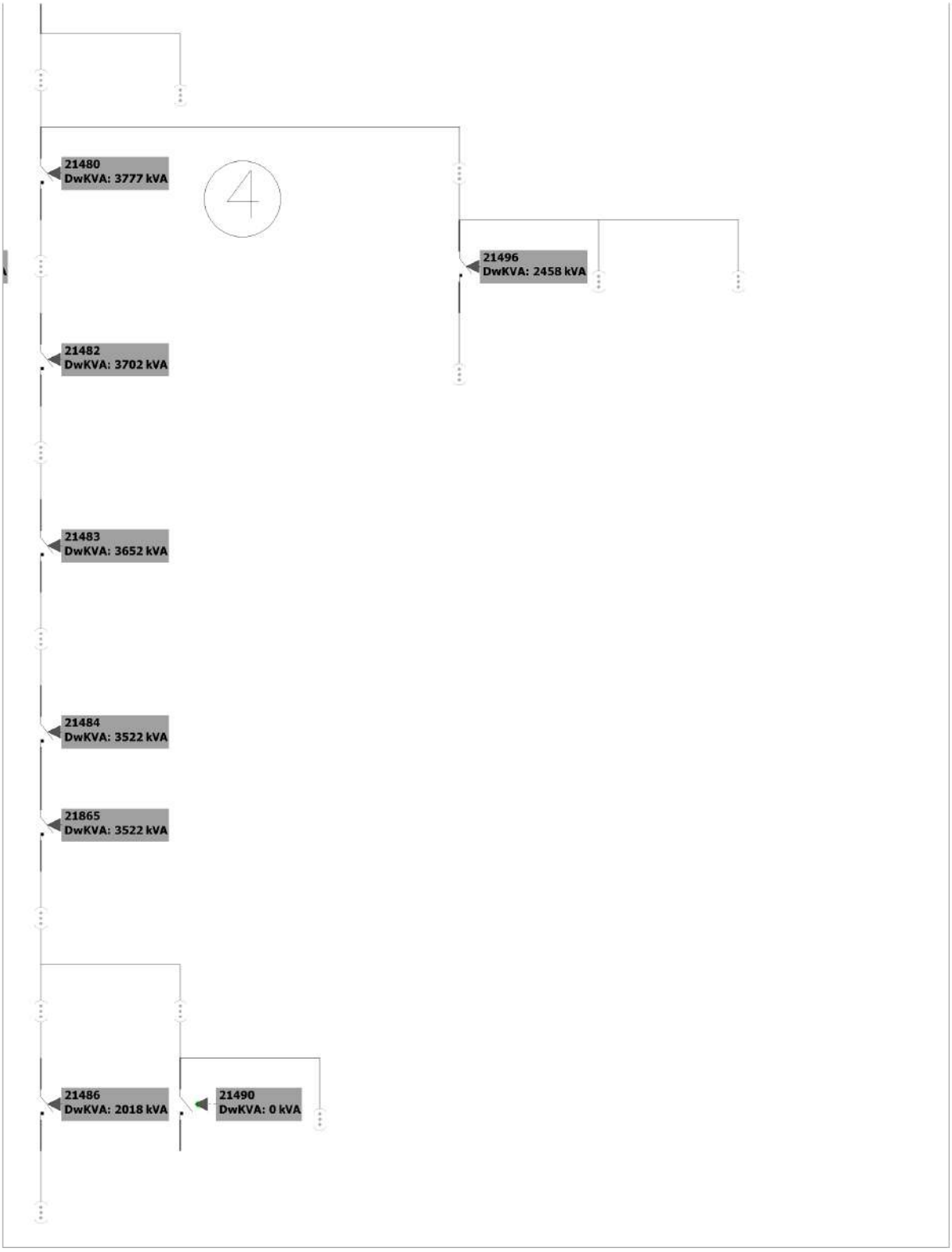



21435
DwKVA: 0 kVA
1
21440
DwKVA: 23804 kVA
21200
DwKVA: 0 kVA
21445
DwKVA: 21351 kVA
21450
DwKVA: 20222 kVA
21451
DwKVA: 19742 kVA
21456
DwKVA: 19333 kVA
21457
DwKVA: 19333 kVA
2
21460
DwKVA: 17412 kVA

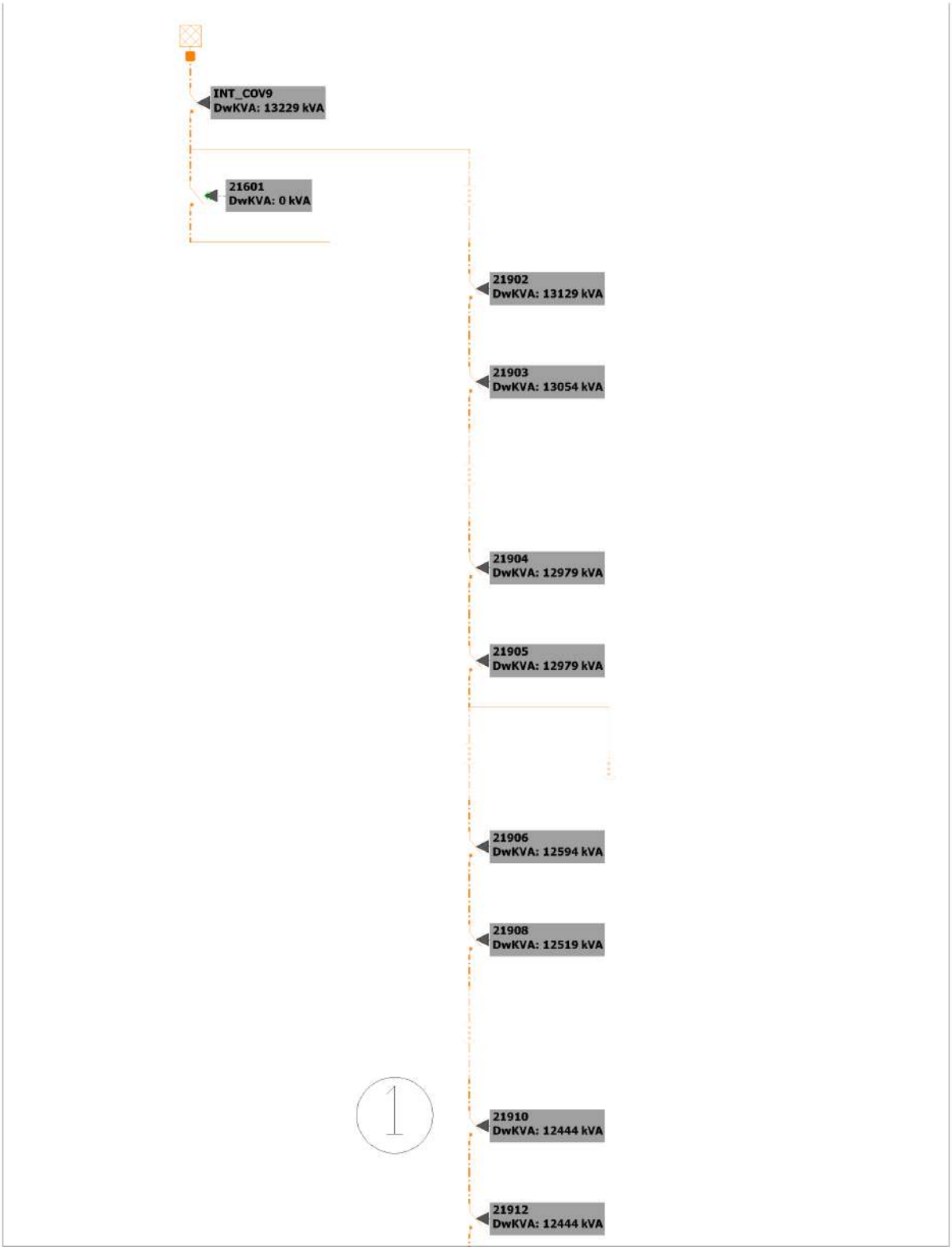

21460
DwKVA: 17412 kVA
2
21458
DwKVA: 1858 kVA
21459
DwKVA: 1858 kVA
SBC_21463
DwKVA: 17412 kVA
21462
DwKVA: 1328 kVA
21465
DwKVA: 16291 kVA
21466
DwKVA: 16261 kVA
21467
DwKVA: 16071 kVA
21468
DwKVA: 13063 kVA
3

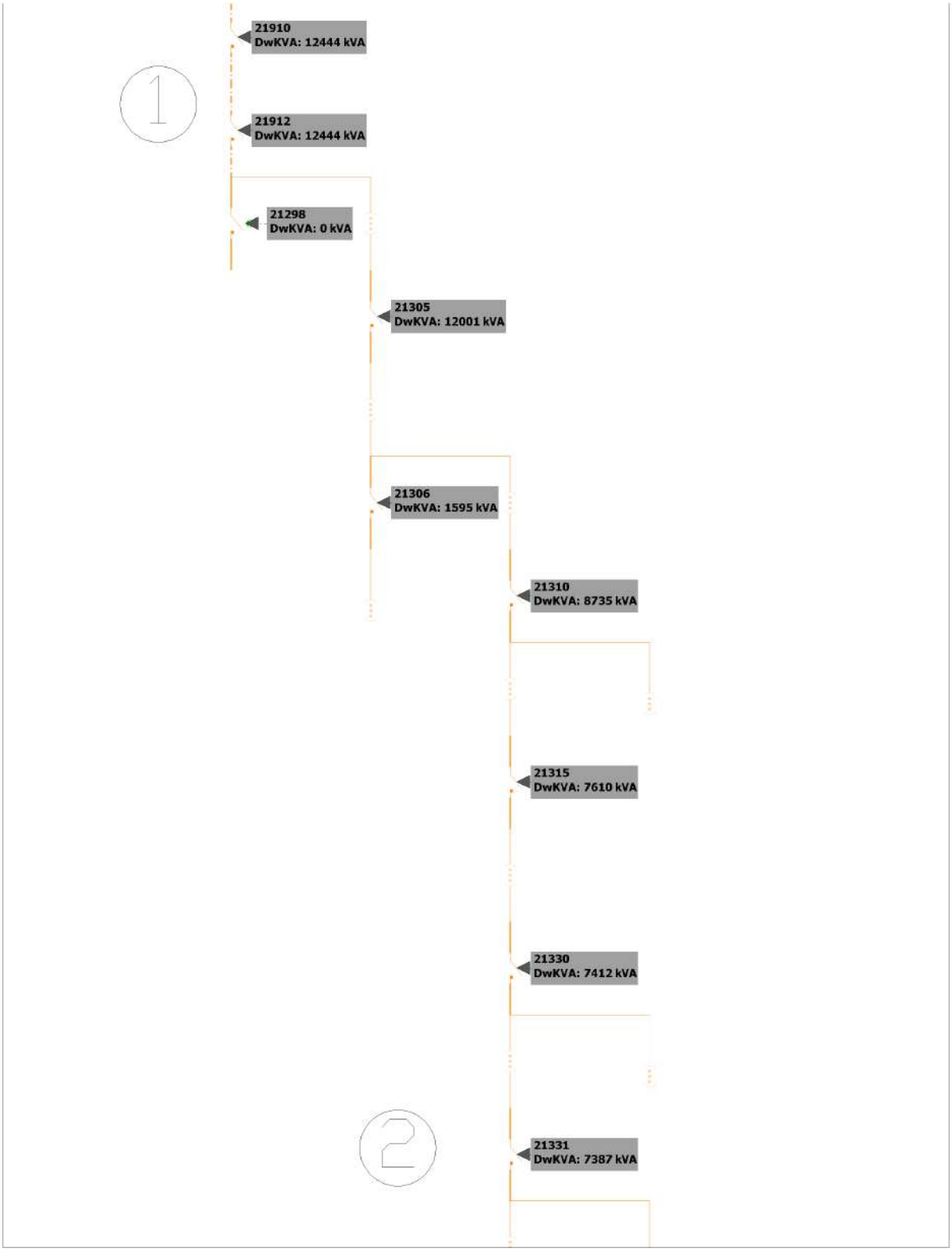

3
SBC_21471
DwKVA: 12448 kVA
21474
DwKVA: 11834 kVA
21475
DwKVA: 4276 kVA
21476
DwKVA: 4276 kVA
21491
DwKVA: 7395 kVA
21480
DwKVA: 3777 kVA
4
21481
DwKVA: 0 kVA
SEC_21489
DwKVA: 1848 kVA
21482
DwKVA: 3702 kVA
21488
DwKVA: 2198 kVA
21483
DwKVA: 3652 kVA

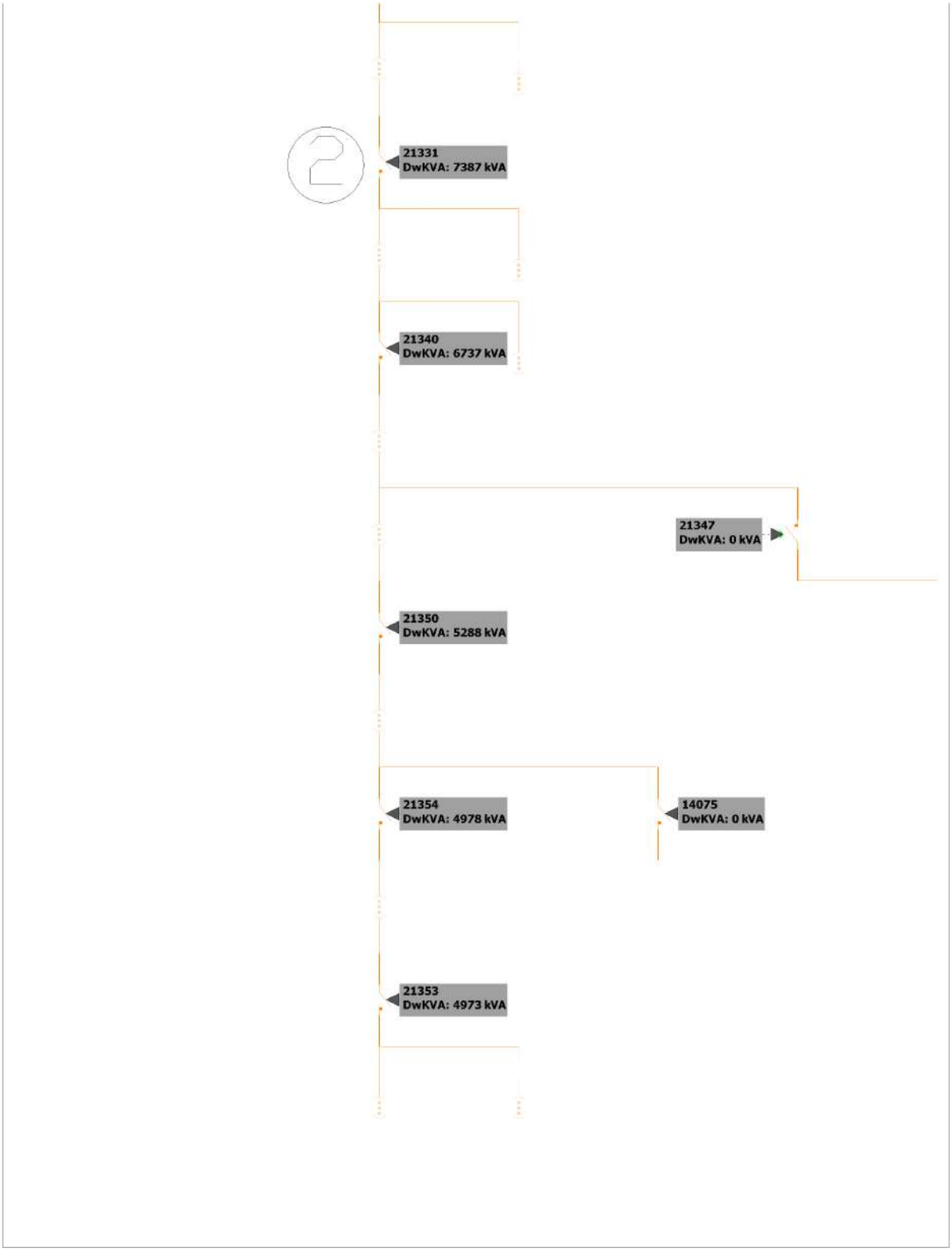
21480
DwKVA: 3777 kVA
4
21481
DwKVA: 0 kVA
SEC_21489
DwKVA: 1848 kVA
21482
DwKVA: 3702 kVA
21488
DwKVA: 2198 kVA
21483
DwKVA: 3652 kVA
SEC_21492
DwKVA: 1918 kVA
21484
DwKVA: 3522 kVA
21865
DwKVA: 3522 kVA
21486
DwKVA: 2018 kVA
21490
DwKVA: 0 kVA


21480
DwKVA: 3777 kVA
4
21496
DwKVA: 2458 kVA
21482
DwKVA: 3702 kVA
21483
DwKVA: 3652 kVA
21484
DwKVA: 3522 kVA
21865
DwKVA: 3522 kVA
21486
DwKVA: 2018 kVA
21490
DwKVA: 0 kVA

A.1.4. Vista inalámbrica COV9




21910
DwKVA: 12444 kVA
1
21912
DwKVA: 12444 kVA
21298
DwKVA: 0 kVA
21305
DwKVA: 12001 kVA
21306
DwKVA: 1595 kVA
21310
DwKVA: 8735 kVA
21315
DwKVA: 7610 kVA
21330
DwKVA: 7412 kVA
2
21331
DwKVA: 7387 kVA


21331
DwKVA: 7387 kVA
21340
DwKVA: 6737 kVA
21347
DwKVA: 0 kVA
21350
DwKVA: 5288 kVA
21354
DwKVA: 4978 kVA
14075
DwKVA: 0 kVA
21353
DwKVA: 4973 kVA

A.1.5. Transformación a base de datos CYME

```
[GENERAL] ,,,,,,,,,
DATE=20/10/2023 09:19:55,,,,,,,,,
CYME_VERSION=9.0,,,,,,,,,
CYME_REVISION=4,,,,,,,,,
COMMENTS=,,,,,,,,,
[SI],,,,,,,,,
,,,,,,,,,
[FAILURE EVENTS],,,,,,,,,
FORMAT_FAILUREEVENTS=DeviceType,FailureID,DeviceNumber,FailureEquipType,Date,Time,CauseName,TotalOutageTime,ExceptionalEvent,InterruptedPhase,Description
13,INT_COV1-0,INT_COV1,Interruptor seccionador,10052021,074400,Otros,1913,0,ABC,nan
13,INT_COV1-1,INT_COV1,Interruptor seccionador,10102021,125000,Otros,0,0,ABC,RECIERRE
13,INT_COV1-2,INT_COV1,Interruptor seccionador,10142021,120500,Otros,5,0,ABC,nan
13,INT_COV1-3,INT_COV1,Interruptor seccionador,10142021,121000,Otros,40,0,ABC,nan
13,INT_COV1-4,INT_COV1,Interruptor seccionador,10142021,130200,Otros,4,0,ABC,nan
13,INT_COV1-5,INT_COV1,Interruptor seccionador,10142021,143800,Otros,0,0,ABC,nan
13,INT_COV1-6,INT_COV1,Interruptor seccionador,10142021,145500,Otros,22,0,ABC,Linea de transmision F/S 220 kV
13,INT_COV1-7,INT_COV1,Interruptor seccionador,10152021,073500,Otros,22,0,ABC,nan
13,INT_COV1-8,INT_COV1,Interruptor seccionador,10152021,075700,Otros,23,0,ABC,nan
13,INT_COV1-9,INT_COV1,Interruptor seccionador,10232021,154400,Otros,20,0,ABC,nan
13,INT_COV1-10,INT_COV1,Interruptor seccionador,10232021,160400,Otros,10,0,ABC,nan
13,INT_COV1-11,INT_COV1,Interruptor seccionador,10292021,211100,Otros,14,0,ABC,nan
13,INT_COV1-12,INT_COV1,Interruptor seccionador,11142021,142200,Otros,11,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-13,INT_COV1,Interruptor seccionador,11142021,143300,Otros,25,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-14,INT_COV1,Interruptor seccionador,11142021,151400,Otros,3,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-15,INT_COV1,Interruptor seccionador,11162021,170800,Otros,10,0,ABC,CONDICIONES CLIMATICAS
13,INT_COV1-16,INT_COV1,Interruptor seccionador,11202021,144300,Otros,2,0,ABC,DR/DRC2/403/2021
13,INT_COV1-17,INT_COV1,Interruptor seccionador,11252021,103300,Otros,7,0,ABC,ACOMETIDA MT DIRECTA.
13,INT_COV1-18,INT_COV1,Interruptor seccionador,11252021,104000,Otros,42,0,ABC,ACOMETIDA MT DIRECTA.
13,INT_COV1-19,INT_COV1,Interruptor seccionador,12152021,063300,Otros,5,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-20,INT_COV1,Interruptor seccionador,12152021,063800,Otros,24,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-21,INT_COV1,Interruptor seccionador,12152021,070200,Otros,4,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-22,INT_COV1,Interruptor seccionador,12152021,070600,Otros,13,0,ABC,CABLE SUELTO
13,INT_COV1-23,INT_COV1,Interruptor seccionador,12202021,100400,Otros,0,0,ABC,RECIERRE
13,INT_COV1-24,INT_COV1,Interruptor seccionador,01072022,064100,Otros,52,0,ABC,PROGRAMADO
13,INT_COV1-25,INT_COV1,Interruptor seccionador,01252022,175500,Otros,10,0,ABC,CRUCETA ROTA
13,INT_COV1-26,INT_COV1,Interruptor seccionador,01252022,182500,Otros,15,0,ABC,CRUCETA ROTA
13,INT_COV1-27,INT_COV1,Interruptor seccionador,01252022,184100,Otros,43,0,ABC,CRUCETA ROTA
13,INT_COV1-28,INT_COV1,Interruptor seccionador,01262022,110800,Otros,5,0,ABC,DESCONOCIDO
13,INT_COV1-29,INT_COV1,Interruptor seccionador,01262022,115700,Otros,5,0,ABC,DESCONOCIDO
13,INT_COV1-30,INT_COV1,Interruptor seccionador,01262022,120200,Otros,21,0,ABC,DESCONOCIDO
13,INT_COV1-31,INT_COV1,Interruptor seccionador,02062022,061400,Otros,128,0,ABC,TRANSLADO DE CONDUCTOR
13,INT_COV1-32,INT_COV1,Interruptor seccionador,02202022,200600,Otros,12,0,ABC,AVERIADO RTU
13,INT_COV1-33,INT_COV1,Interruptor seccionador,02212022,171800,Otros,9,0,ABC,RAMA SOBRE LINEA
13,INT_COV1-34,INT_COV1,Interruptor seccionador,02212022,172700,Otros,24,0,ABC,RAMA SOBRE LINEA
13,INT_COV1-35,INT_COV1,Interruptor seccionador,03222022,195400,Otros,16,0,ABC,CONDICIONES CLIMATICAS
13,INT_COV1-36,INT_COV1,Interruptor seccionador,03222022,201000,Otros,31,0,ABC,CONDICIONES CLIMATICAS
13,INT_COV1-37,INT_COV1,Interruptor seccionador,03232022,111800,Otros,16,0,ABC,CONDICIONES CLIMATICAS
13,INT_COV1-38,INT_COV1,Interruptor seccionador,03302022,073800,Otros,7,0,ABC,DESCARGA ATMOSFERICA
13,INT_COV1-39,INT_COV1,Interruptor seccionador,03302022,075500,Otros,34,0,ABC,DESCARGA ATMOSFERICA
13,INT_COV1-40,INT_COV1,Interruptor seccionador,03302022,101600,Otros,22,0,ABC,RAMA SOBRE LINEA
13,INT_COV1-41,INT_COV1,Interruptor seccionador,04042022,022400,Otros,6,0,ABC,CONDICIONES CLIMATICAS
13,INT_COV1-42,INT_COV1,Interruptor seccionador,04052022,111300,Otros,7,0,ABC,AISLADOR DESPRENDIDO_ PUENTE SUELTO
13,INT_COV1-43,INT_COV1,Interruptor seccionador,04052022,120300,Otros,2,0,ABC,AISLADOR DESPRENDIDO_ PUENTE SUELTO
13,INT_COV1-44,INT_COV1,Interruptor seccionador,04082022,095200,Otros,33,0,ABC,PROTECCION DE COV-9 AVERIADO
```

Script de transformación

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import datetime as dt

df = pd.read_excel('Consolidado_2022.xlsx')
df

df['Fecha_dt'] = pd.to_datetime(df['Fecha de generación'], format='%d/%m/%Y %H:%M:%S'
df['Fecha_dt']
```

```
from iteration_utilities import duplicates, unique_everseen
tipos = [type(x) for x in df['Seccionador']]
list(unique_everseen(duplicates(tipos)))


lis_sec= []
for c in df['Seccionador']:
try:
lis_sec.append(int(c))
except:
lis_sec.append(c)
df['Seccionador'] = lis_sec


df = df.sort_values(by=['Fecha_dt']).reset_index(drop=True)

sec = pd.read_excel('Seccionadores.xlsx')

fid =[]
Dnum = []
FailEq = []
Date1 = []
Time1 = []
Causa=[]
out_t = []
Description = []
dtype = []
fase=[]
```

```
sec = sec[sec['Estado_ac']=='Cerrado'].reset_index(drop=True)
for z in sec.index[:]:
aux_df = df[df['Seccionador']==sec.loc[z,'Nro. Equipo']]
aux_df_ab= aux_df[aux_df['Acción']=='Abierto'].reset_index(drop=True)
aux_df_ce= aux_df[aux_df['Acción']=='Cerrado'].reset_index(drop=True)
#verificación de longitud datos de aperturas y cierres, estos deben coincidir
if len(aux_df_ab)!=len(aux_df_ce):
print("Error en la cantidad de datos")
print(aux_df_ab.loc[z, 'Seccionador'])

for k in aux_df_ab.index[:]:
dia_s = str(aux_df_ab.loc[k, 'Fecha_dt'].day).zfill(2)
mes_s = str(aux_df_ab.loc[k, 'Fecha_dt'].month).zfill(2)
year_s = str(aux_df_ab.loc[k, 'Fecha_dt'].year)
hora_s = str(aux_df_ab.loc[k, 'Fecha_dt'].hour).zfill(2)
min_s = str(aux_df_ab.loc[k, 'Fecha_dt'].minute).zfill(2)

#Se adjuntan valores a listas
fid.append(str(aux_df_ab.loc[k, 'Seccionador'])+f"-{k}")
Dnum.append(str(aux_df_ab.loc[k, 'Seccionador']))
FailEq.append("Interruptor seccionador")
Date1.append(mes_s+dia_s+year_s)
Time1.append(f"{hora_s}{min_s}00")
out_t.append((aux_df_ce.loc[k, 'Fecha_dt'] - aux_df_ab.loc[k,'Fecha_dt']).total_secon
Description.append(str(aux_df_ce.loc[k, 'Observaciones']).replace(',', '_'))
dtype.append(13)
fase.append("ABC")
Causa.append("Otros")

bd = pd.DataFrame()
bd["FORMAT_FAILUREEVENTS=DeviceType"] = dtype
```

```
bd["FailureID"] = fid
bd["DeviceNumber"] = Dnum
bd["FailureEquipType"] = FailEq
bd["Date"] = Date1
bd["Time"] = Time1
bd["CauseName"] = Causa
bd["TotalOutageTime"] =out_t
bd["ExceptionalEvent"] = np.full_like(bd.FailureEquipType, 0)
bd["InterruptedPhase"] = fase
bd["Description"] = Description

from datetime import datetime
import xlsxwriter
date= datetime.today().strftime('%d/%m/%Y %H:%M:%S')
writer = pd.ExcelWriter(f'maniobras_teequiste.xlsx', engine='xlsxwriter')
bd.to_excel(writer, sheet_name='MAIN', startrow=8, startcol=0, index = False)
workbook = writer.book
worksheet = writer.sheets['MAIN']
worksheet.write(0, 0, '[GENERAL] ')
worksheet.write(1, 0, f'DATE={date}')
worksheet.write(2, 0, 'CYME_VERSION=9.0')
worksheet.write(3, 0, 'CYME_REVISION=4')
worksheet.write(4, 0, 'COMMENTS=')
worksheet.write(5, 0, '[SI]')
worksheet.write(7, 0, '[FAILURE EVENTS]')
writer.save()
writer.close()
bd.groupby('Description').count().to_excel('Description.xlsx')
```

A.1.6. Datos de demanda

COV1	CORRIENTE_R	CORRIENTE_S	CORRIENTE_T
mean	67.005731	51.864936	50.7235
std	15.001795	11.500632	14.63264
COV8			
mean	86.648132	111.338524	90.147398
std	27.641777	31.335116	27.998807
COV9			
mean	92.733556	82.468753	89.074431
std	27.015842	25.259934	26.970217

Tabla A.1: Datos resumidos demanda media de los alimentadores

A.2. Escenario inicial

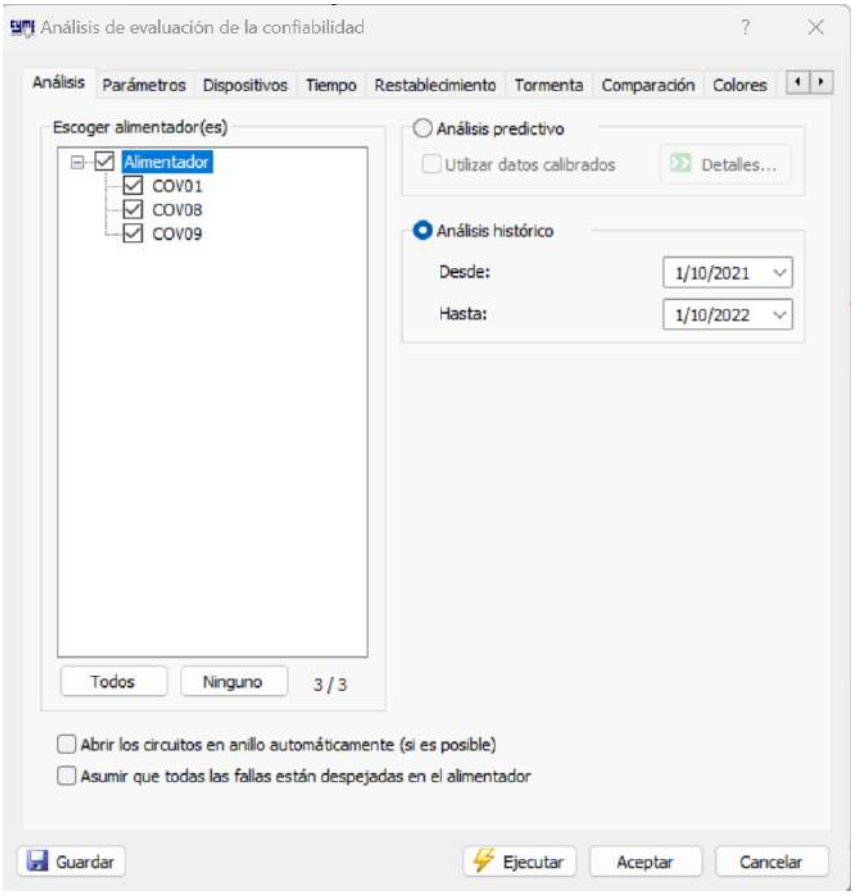


Figura A.3: Declaración de datos en el software CYME

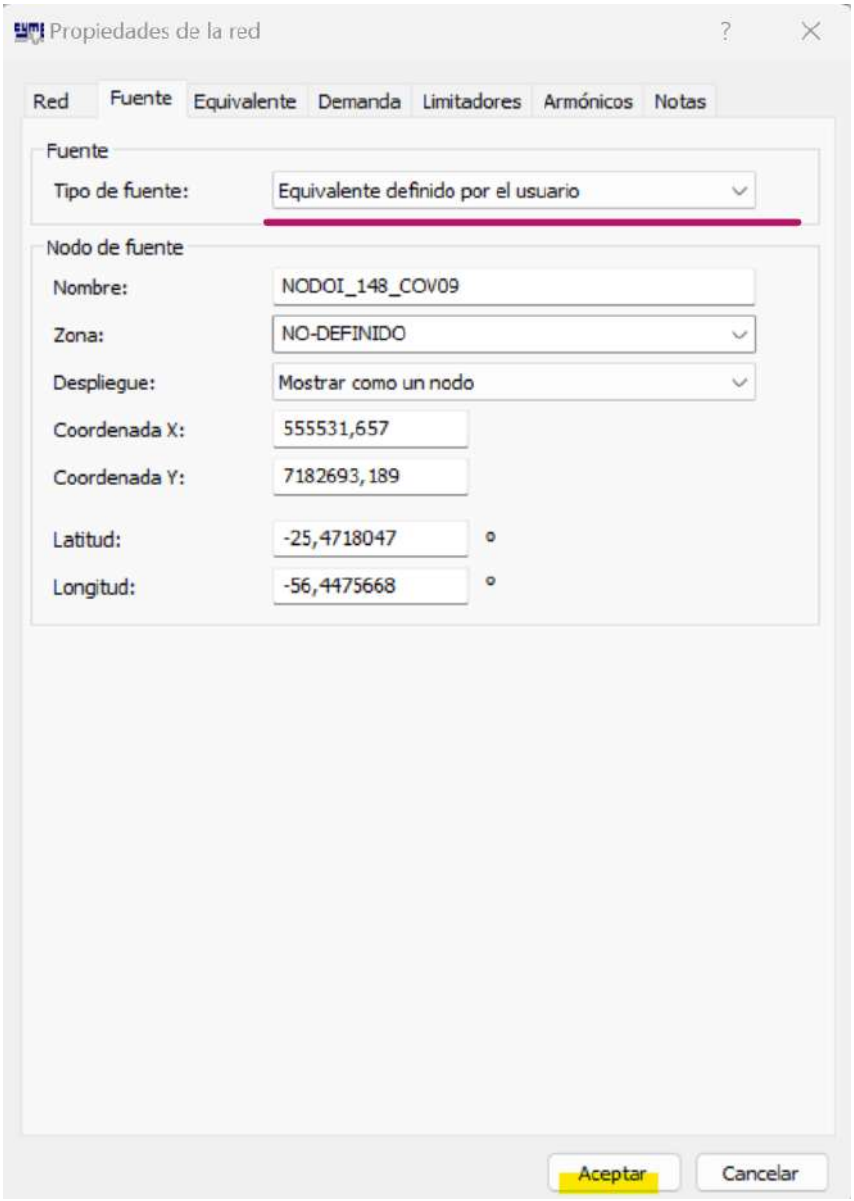


Figura A.4: Configuración de fuente por cada alimentador

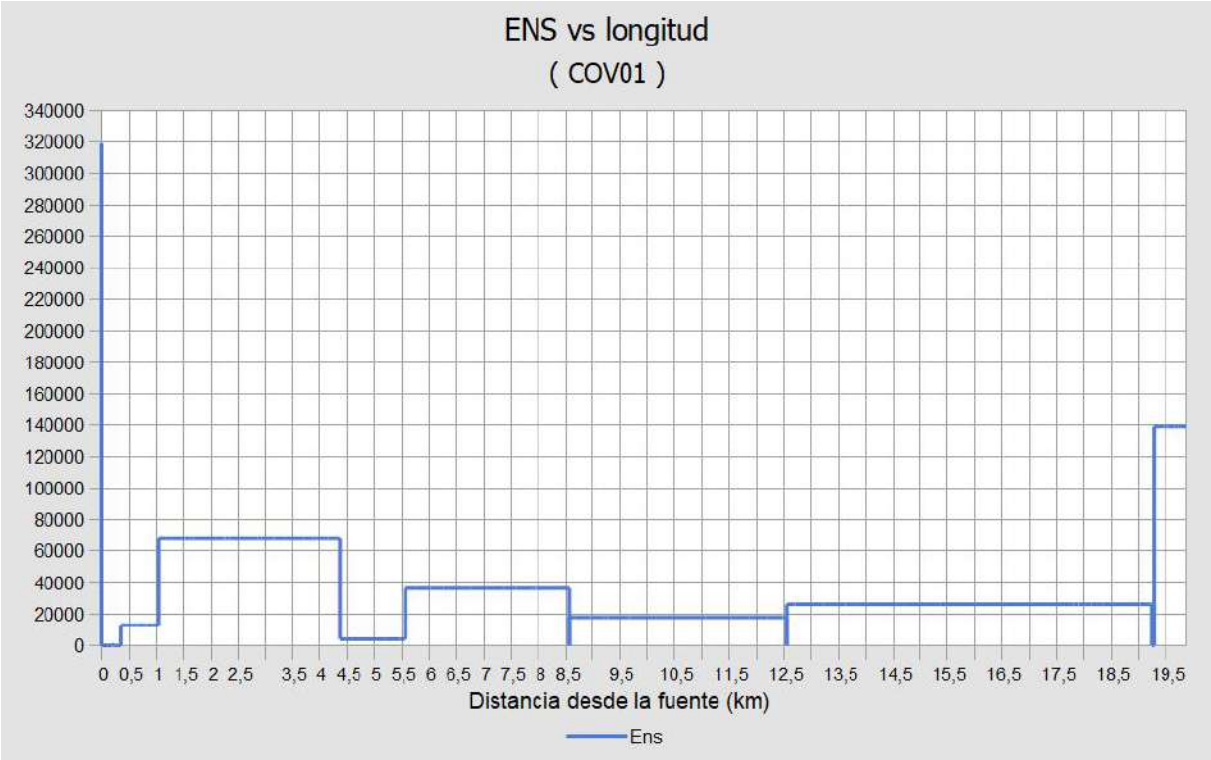


Figura A.5: ENS vs longitud COV1

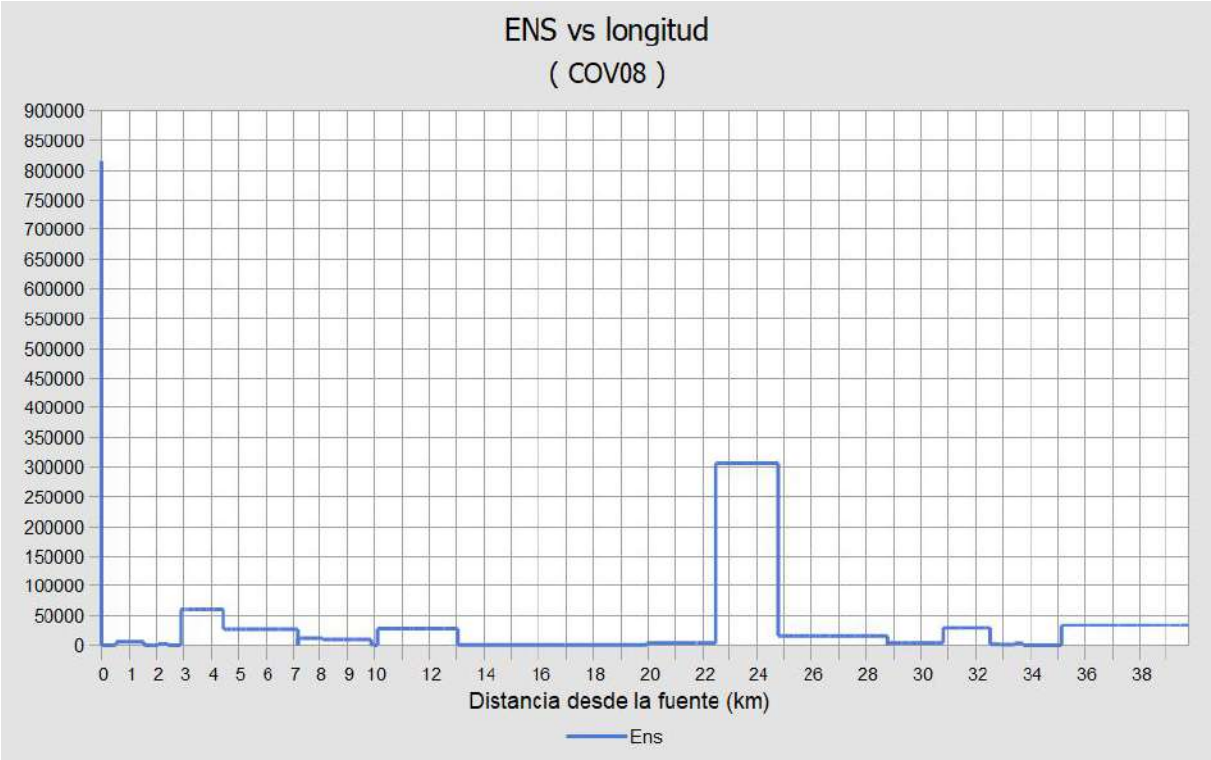


Figura A.6: ENS vs longitud COV8

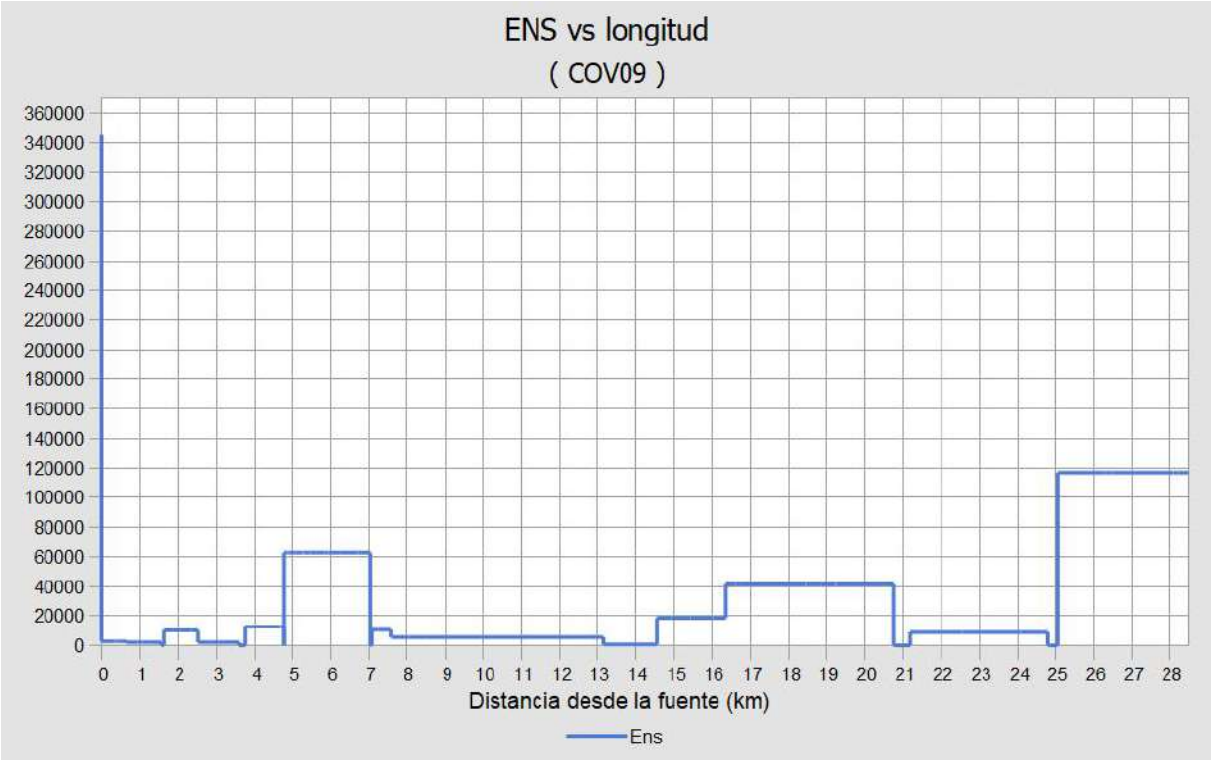


Figura A.7: ENS vs longitud COV9

A.3. Escenario de alternativas

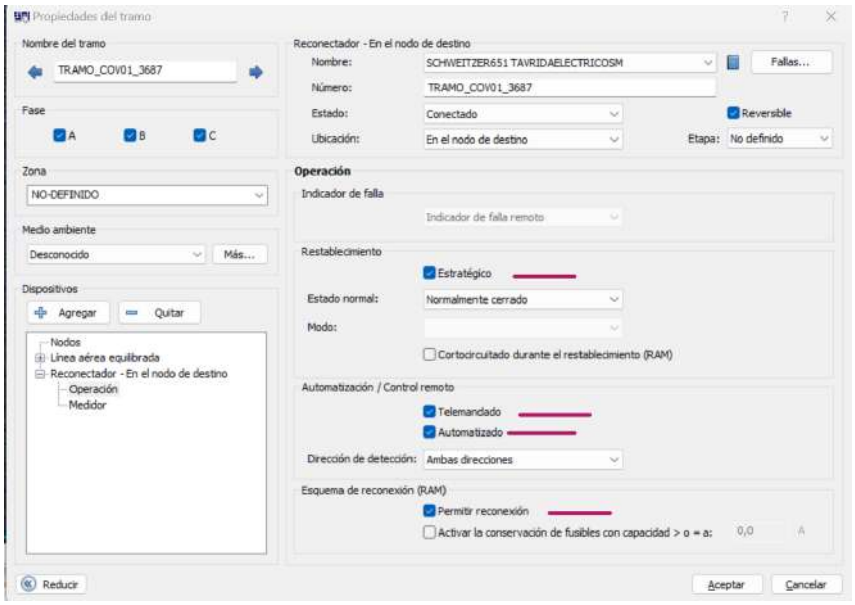


Figura A.8: Configuración de reconectadores

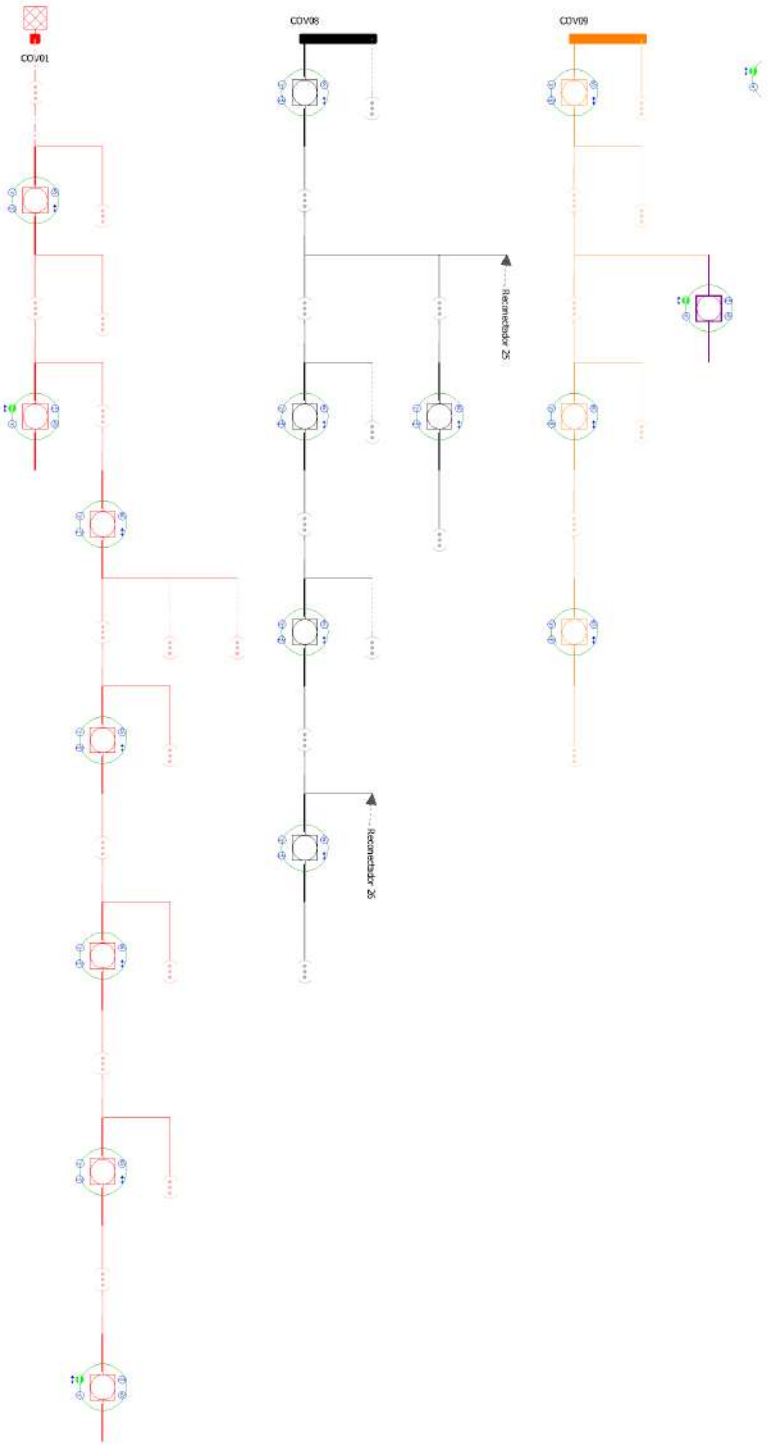


Figura A.9: Arreglo de reconectadores telecomandados, alternativa 1

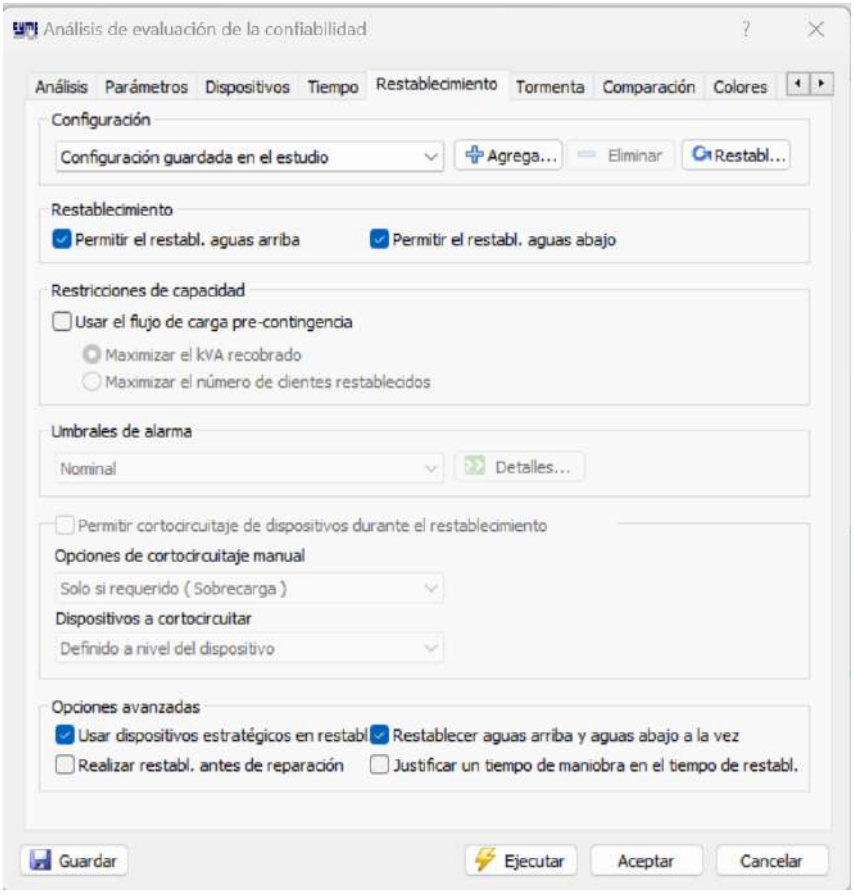


Figura A.10: Criterios de restablecimiento adoptados

COV9

Alimentador COV09

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	89,575	1,494	70,267	0,784	0,992	217458,125	124,120	83634,621	100,000	100,000	70,088	89,537
Referencia	128,648	0,000	108,969	0,847	0,988	345752,839	197,348	0,000	100,000	100,000	108,969	128,648
Diferencia	-30,4 %	N/A	-35,5 %	-7,4 %	0,4 %	-37,1 %	-37,1 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-35,7 %	-30,4 %
Diferencia	-39,073	1,494	-38,703	-0,063	0,004	-128294,714	-73,228	83634,621	0,000	0,000	-38,881	-39,111
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

COV8

Alimentador COV08

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	130,439	2,167	106,869	0,819	0,988	453711,143	142,676	311266,218	100,000	100,000	104,040	129,501
Referencia	151,585	0,000	177,588	1,172	0,980	815771,930	256,532	0,000	100,000	100,000	177,588	151,585
Diferencia	-13,9 %	N/A	-39,8 %	-30,1 %	0,8 %	-44,4 %	-44,4 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-41,4 %	-14,6 %
Diferencia	-21,145	2,167	-70,719	-0,352	0,008	-362060,787	-113,856	311266,218	0,000	0,000	-73,548	-22,083
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

COV1

Alimentador COV01

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	63,888	0,000	83,082	1,300	0,991	192261,218	189,047	36583,962	100,000	100,000	88,011	65,153
Referencia	73,798	0,000	116,557	1,579	0,987	235694,147	231,754	0,000	100,000	100,000	116,557	73,798
Diferencia	-13,4 %	N/A	-28,7 %	-17,7 %	0,4 %	-18,4 %	-18,4 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-24,5 %	-11,7 %
Diferencia	-9,909	N/A	-33,476	-0,279	0,004	-43432,929	-42,707	36583,962	0,000	0,000	-28,546	-8,644
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

Figura A.11: Resultados comparativos de la alternativa 1

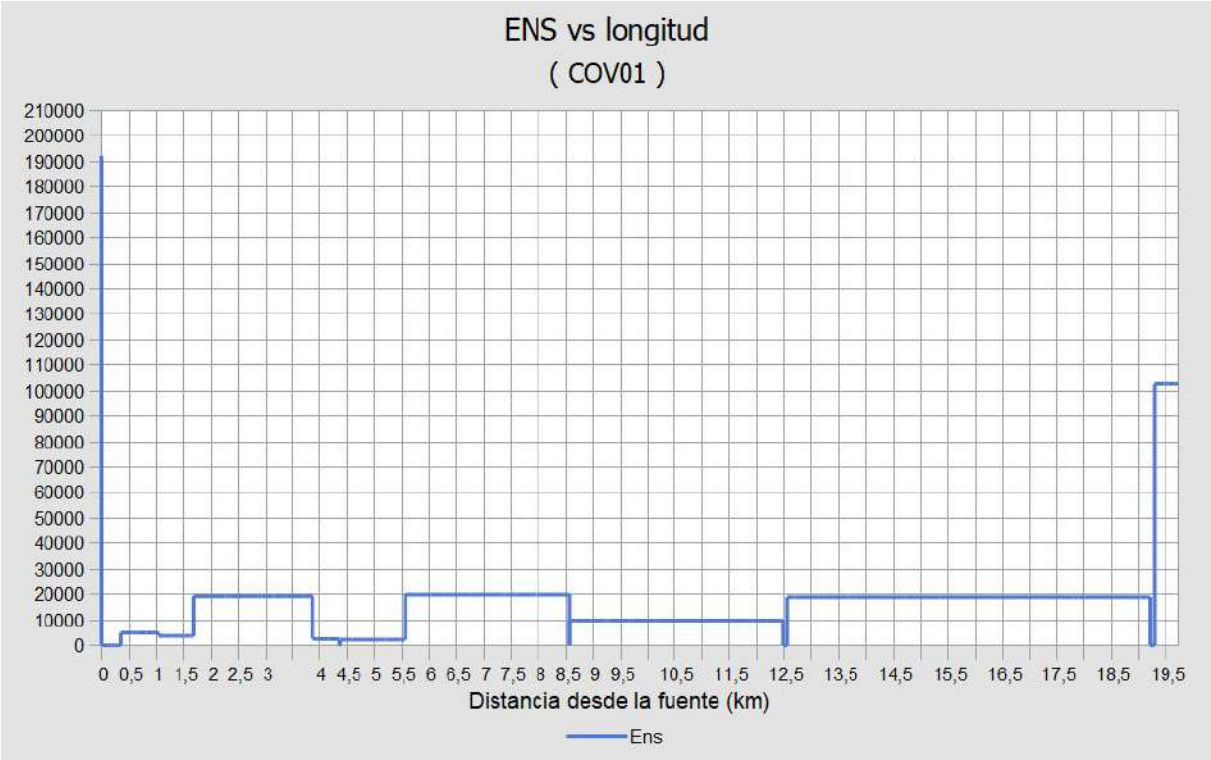


Figura A.12: ENS vs longitud de linea alternativa 1, COV1

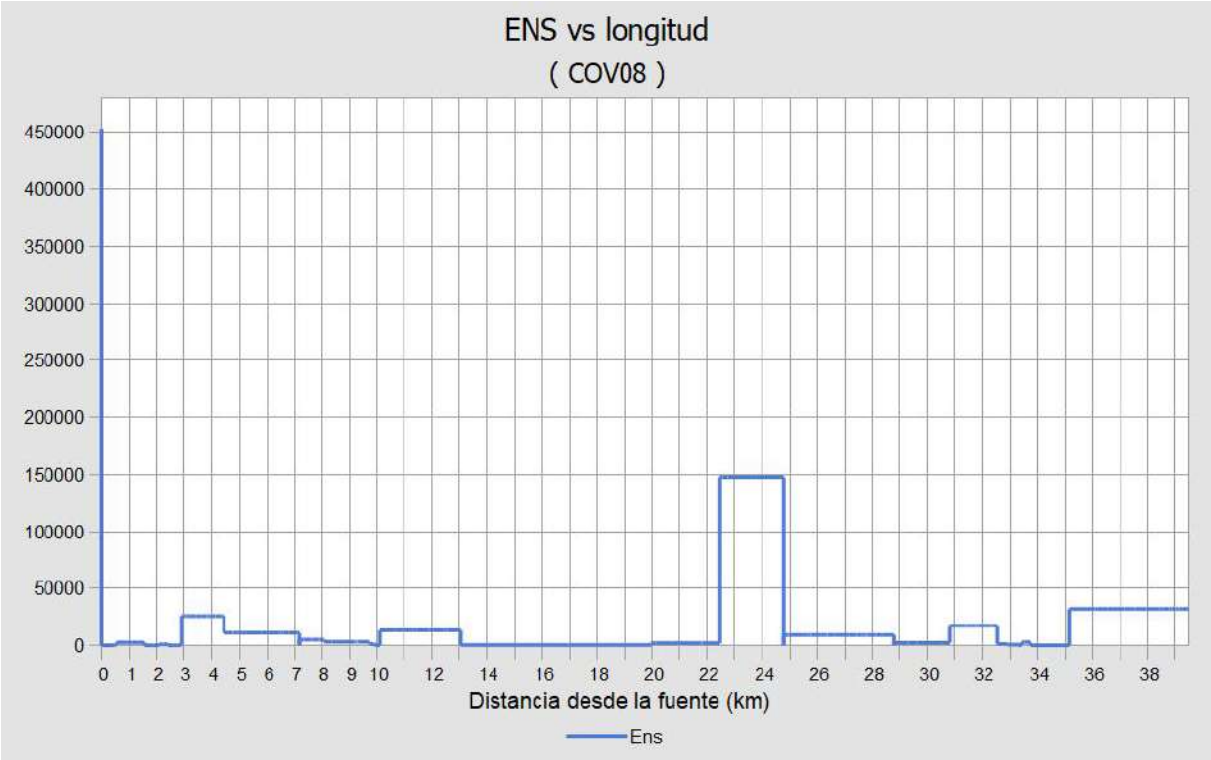


Figura A.13: ENS vs longitud de linea alternativa 1, COV8

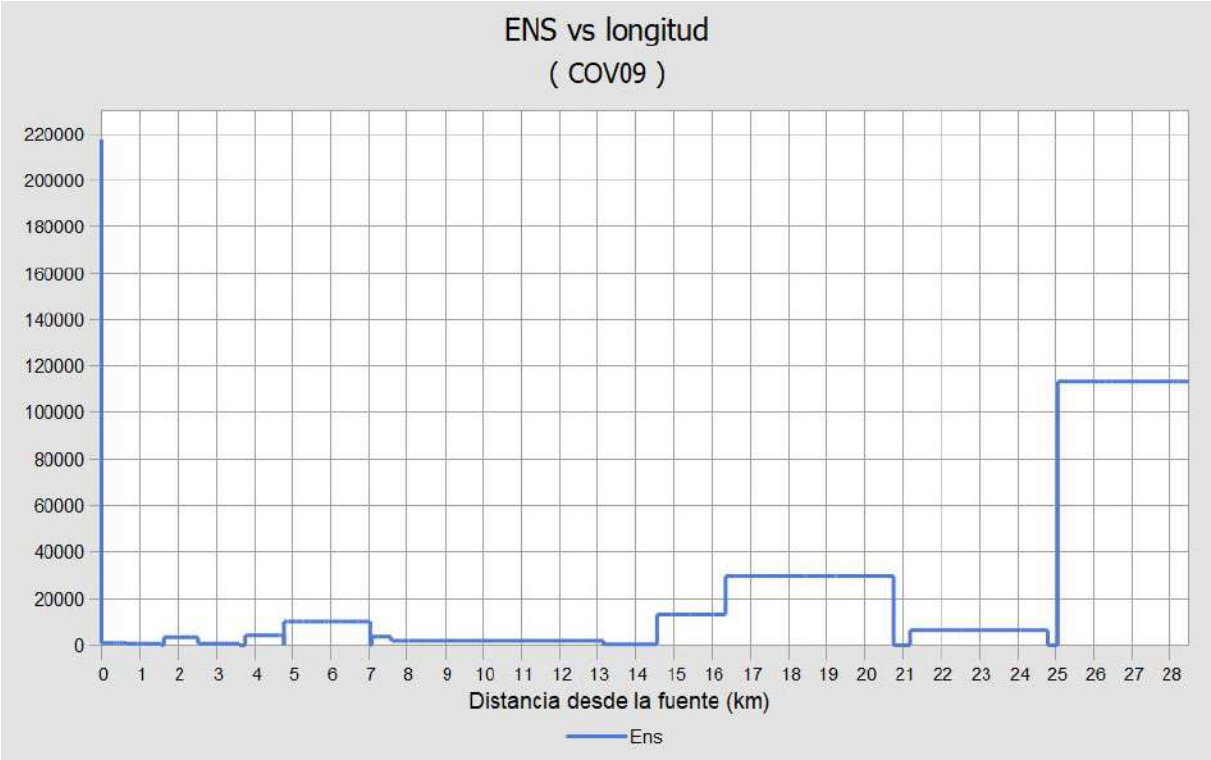


Figura A.14: ENS vs longitud de linea alternativa 1, COV9

COV9

Resultados RAM

Alimentador COV09

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	109,699	0,000	86,940	0,793	0,990	279856,252	157,452	0,000	100,000	100,000	86,940	109,699
Referencia	128,648	0,000	108,969	0,847	0,988	345752,839	197,348	0,000	100,000	100,000	108,969	128,648
Diferencia	-14,7 %	N/A	-20,2 %	-6,4 %	0,3 %	-20,2 %	-20,2 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-20,2 %	-14,7 %
Diferencia	-18,948	N/A	-22,029	-0,055	0,003	-69896,588	-39,895	N/A	0,000	0,000	-22,029	-18,948
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

COV8

Resultados RAM

Alimentador COV08

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	120,669	0,000	155,238	1,286	0,982	713105,247	224,247	0,000	100,000	100,000	155,238	120,669
Referencia	151,585	0,000	177,588	1,172	0,980	815771,930	256,532	0,000	100,000	100,000	177,588	151,585
Diferencia	-20,4 %	N/A	-12,6 %	9,8 %	0,3 %	-12,6 %	-12,6 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-12,6 %	-20,4 %
Diferencia	-30,915	N/A	-22,350	0,115	0,003	-102666,683	-32,285	N/A	0,000	0,000	-22,350	-30,915
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

COV1

Alimentador COV01

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	63,825	0,000	111,939	1,754	0,987	226354,621	222,571	0,000	100,000	100,000	111,939	63,825
Referencia	73,798	0,000	116,557	1,579	0,987	235694,147	231,754	0,000	100,000	100,000	116,557	73,798
Diferencia	-13,5 %	N/A	-4,0 %	11,0 %	0,1 %	-4,0 %	-4,0 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-4,0 %	-13,5 %
Diferencia	-9,973	N/A	-4,619	0,174	0,001	-9339,526	-9,183	N/A	0,000	0,000	-4,619	-9,973
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

Figura A.15: Resultados comparativos de la alternativa 2

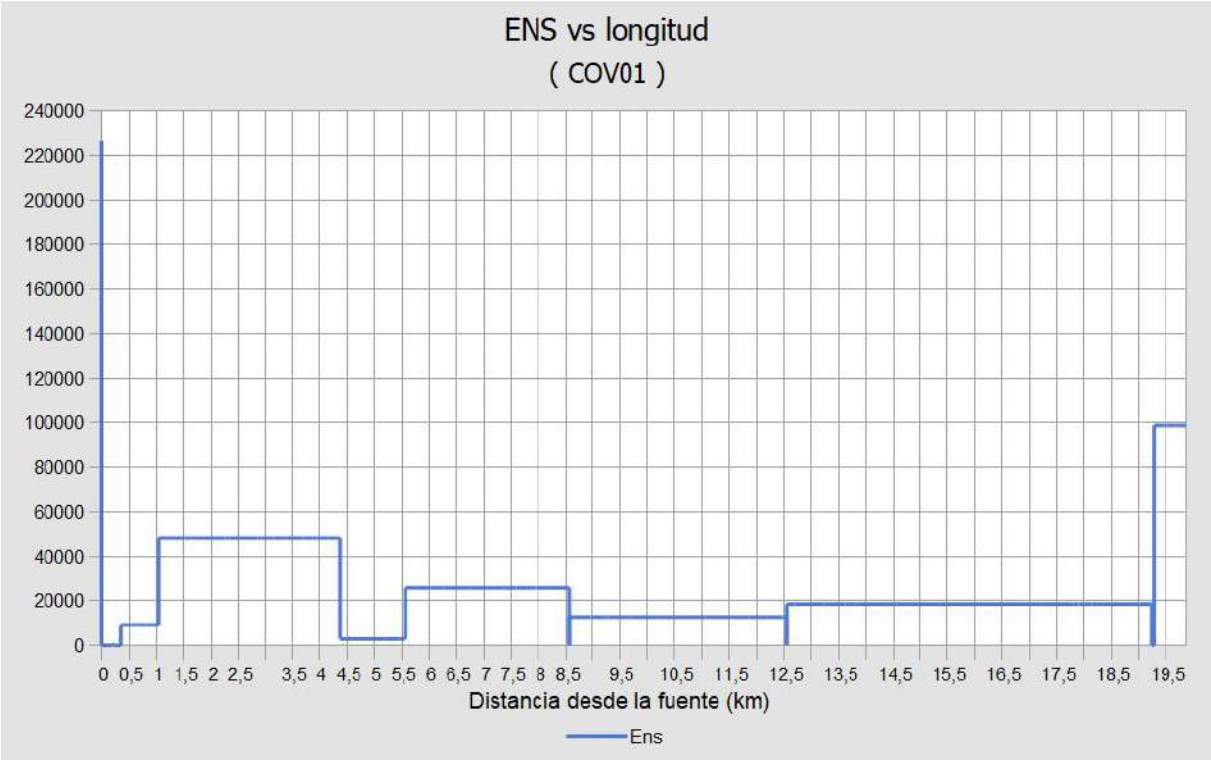


Figura A.16: ENS vs longitud de linea alternativa 2, COV1

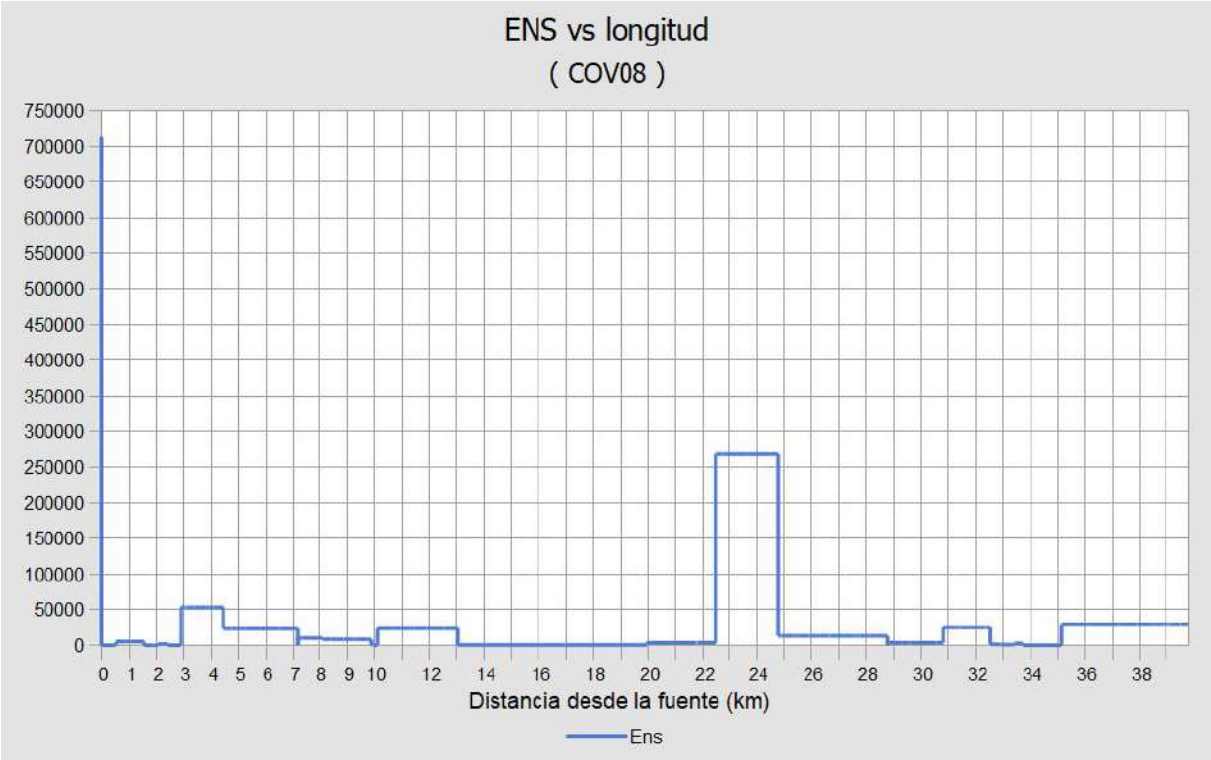


Figura A.17: ENS vs longitud de linea alternativa 2, COV8

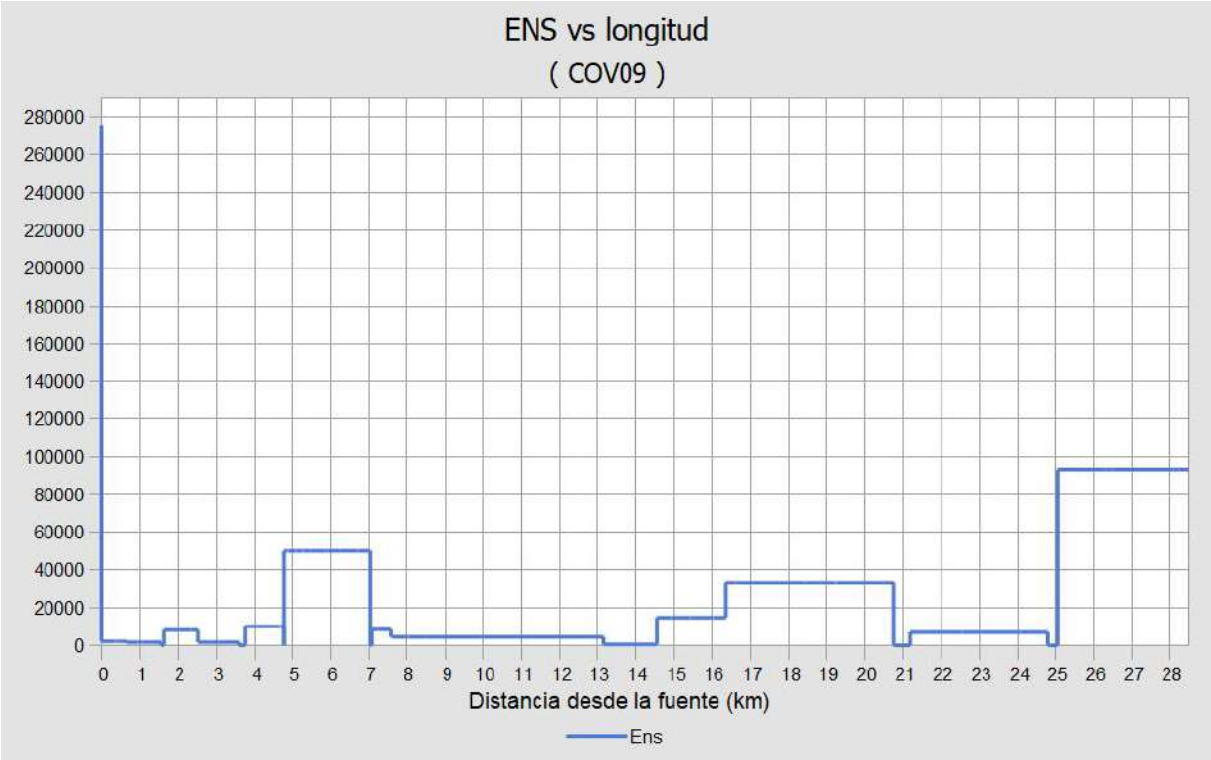


Figura A.18: ENS vs longitud de linea alternativa 2, COV9

COV9

Alimentador: COV09

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	89,575	1,494	70,267	0,784	0,992	217458,125	124,120	83634,621	100,000	100,000	70,088	89,537
Referencia	128,648	0,000	108,969	0,847	0,988	345752,839	197,348	0,000	100,000	100,000	108,969	128,648
Diferencia	-30,4 %	N/A	-35,5 %	-7,4 %	0,4 %	-37,1 %	-37,1 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-35,7 %	-30,4 %
Diferencia	-39,073	1,494	-38,703	-0,063	0,004	-128294,714	-73,228	83634,621	0,000	0,000	-38,881	-39,111
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

COV8

Alimentador: COV08

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	130,439	2,167	106,869	0,819	0,988	453711,143	142,676	311266,218	100,000	100,000	104,040	129,501
Referencia	151,585	0,000	177,588	1,172	0,980	815771,930	256,532	0,000	100,000	100,000	177,588	151,585
Diferencia	-13,9 %	N/A	-39,8 %	-30,1 %	0,8 %	-44,4 %	-44,4 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-41,4 %	-14,6 %
Diferencia	-21,145	2,167	-70,719	-0,352	0,008	-362060,787	-113,856	311266,218	0,000	0,000	-73,548	-22,083
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

COV1

Alimentador: COV01

	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ENS	AENS	LEI	CEMI	CELID	TIEPI	NIEPI
Índice	63,888	0,000	83,082	1,300	0,991	192261,218	189,047	36583,962	100,000	100,000	88,011	65,153
Referencia	73,798	0,000	116,557	1,579	0,987	235694,147	231,754	0,000	100,000	100,000	116,557	73,798
Diferencia	-13,4 %	N/A	-28,7 %	-17,7 %	0,4 %	-18,4 %	-18,4 %	N/A	0,0 %	0,0 %	-24,5 %	-11,7 %
Diferencia	-9,909	N/A	-33,476	-0,279	0,004	-43432,929	-42,707	36583,962	0,000	0,000	-28,546	-8,644
Unidades	(inter/consum-año)	(inter/consum-año)	(h/consum-año)	(h/cons-inter)	(h/cons-inter)	(kWh/año)	(kWh/consum-año)	(consum-km)	(%)	(%)	(h/año)	(inter/año)

Figura A.19: Resultados comparativos de la alternativa 3

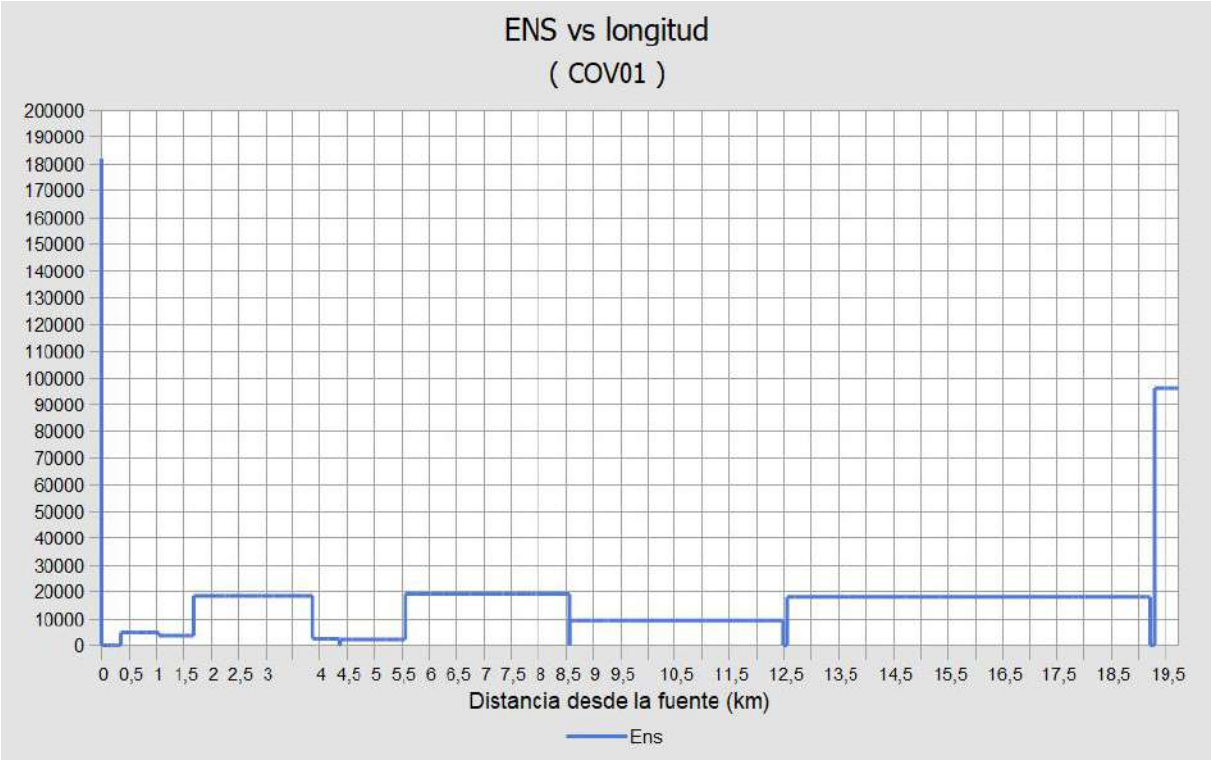


Figura A.20: ENS vs longitud de linea alternativa 3, COV1

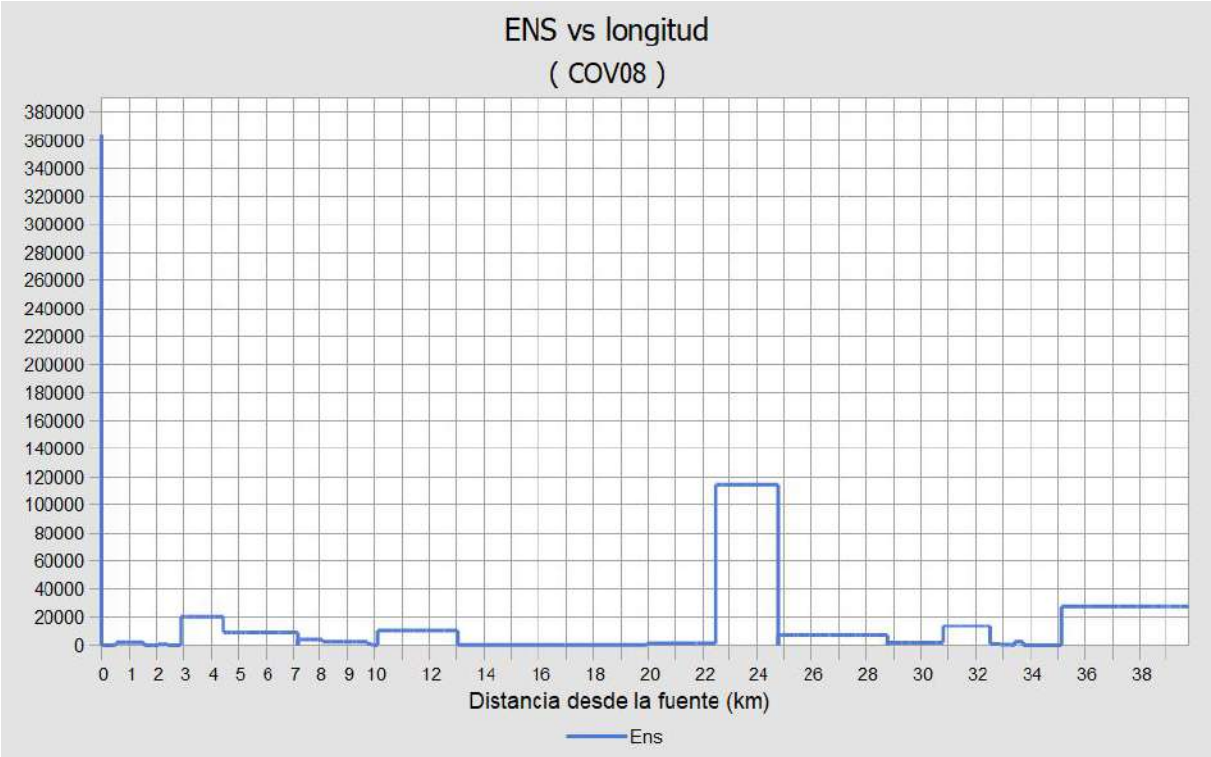


Figura A.21: ENS vs longitud de linea alternativa 3, COV8

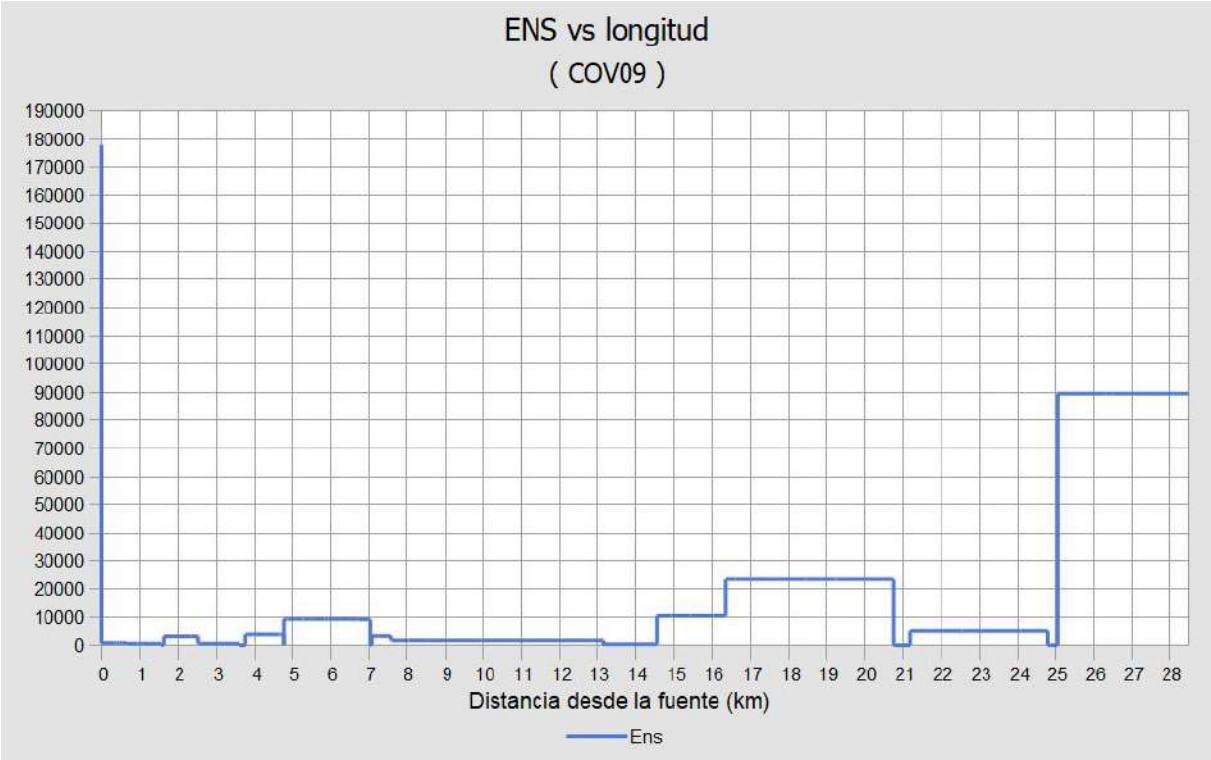


Figura A.22: ENS vs longitud de linea alternativa 3, COV9

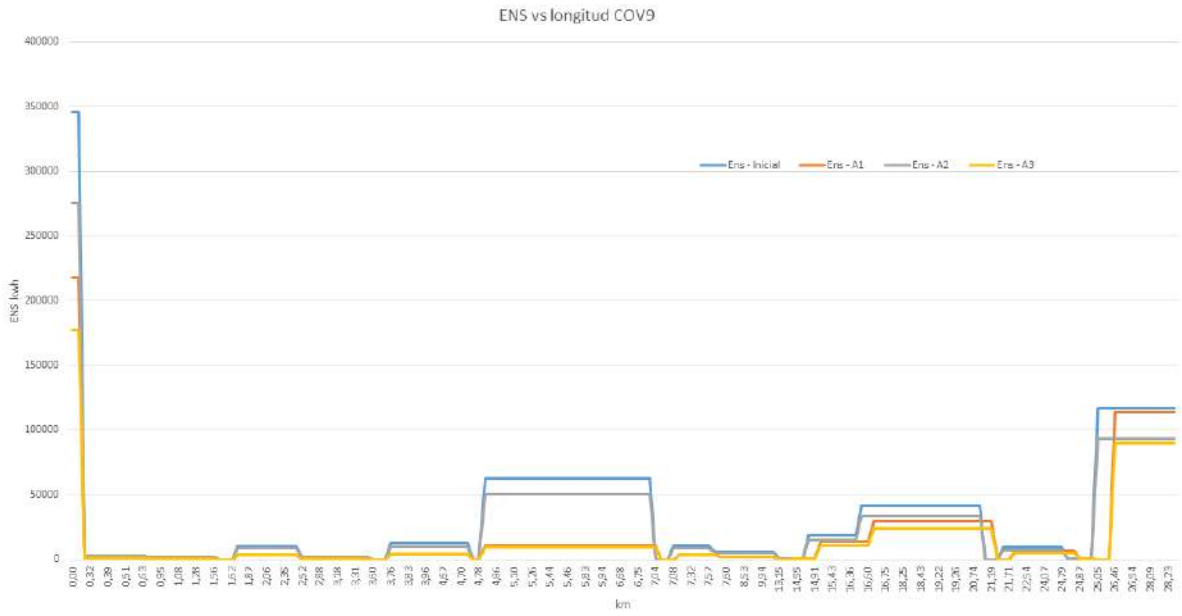


Figura A.23: ENS vs longitud COV9

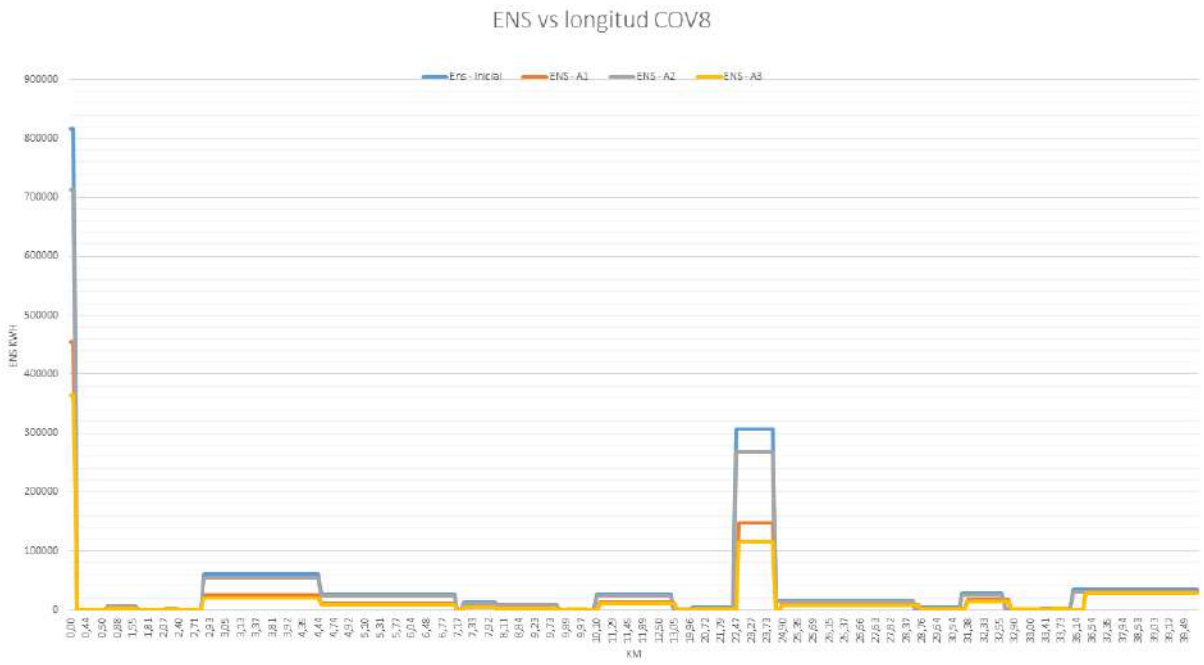


Figura A.24: ENS vs longitud COV8

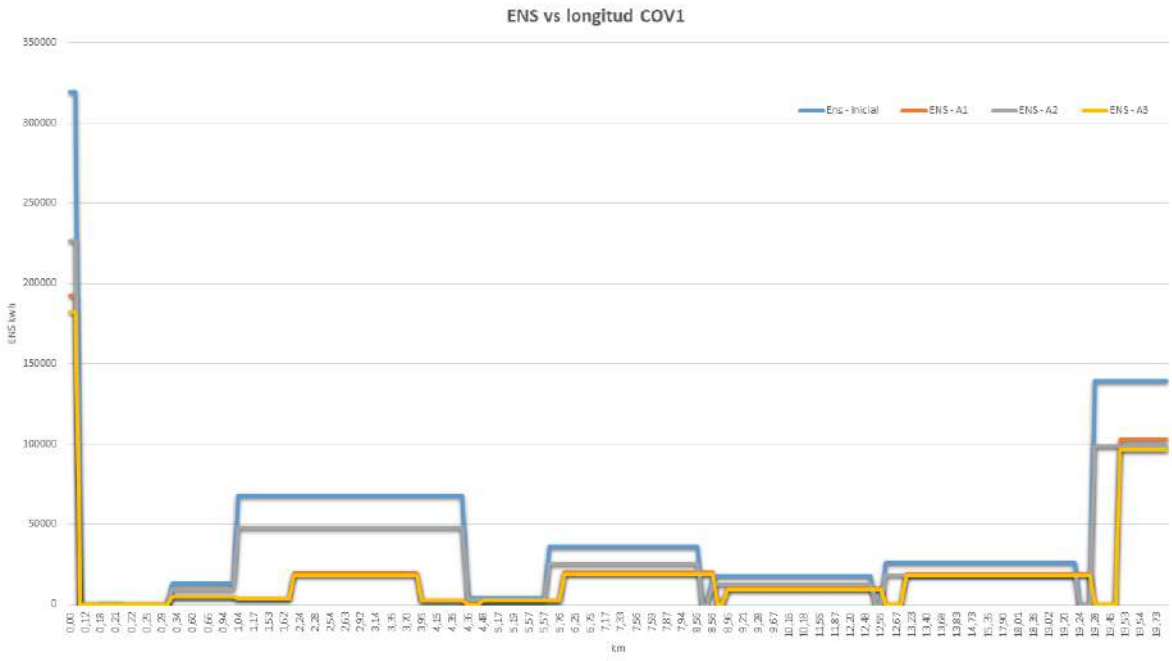


Figura A.25: ENS vs longitud COV1

A.4. Análisis financiero

En esta sección se estudia el flujo de caja de la implementación de la alternativa seleccionada.

AÑO	Energía anual (kwh)	Ventas
1	5,209,982.7	1,620,304,610.0
2	10,826,344.0	3,366,992,979.6
3	16,880,781.5	5,249,923,042.0
4	23,407,465.1	7,279,721,649.2
5	30,443,230.1	9,467,844,547.9

Tabla A.2: Ventas esperadas en el año

Se considera la venta a un costo general de 322 gs. el kwh. En la tabla A.3 se aprecia el monto a obtener por año considerando los beneficios de la aplicación de las alternativas.

AÑO	kWh	Gs.
-		
1.00	533,787.00	122,771,010.00
2.00	575,422.39	132,347,148.78
3.00	620,305.33	142,670,226.38
4.00	668,689.15	153,798,504.04
5.00	720,846.90	165,794,787.36

Tabla A.3: Beneficios por recuperación de ENS

AÑO	KW	KWH	GS.
-			
1.00	594.75	5,209,982.67	1,198,296,013.82
2.00	1,235.88	10,826,343.99	2,490,059,116.73
3.00	1,927.03	16,880,781.49	3,882,579,741.65
4.00	2,672.09	23,407,465.11	5,383,716,975.33

Tabla A.4: Costo de adquisición de la energía

Beneficio	Costo	Año	Flujo neto	Van Acumulativo
		-	-2,804,192,307.69	
1,743,075,620.00	1,198,296,013.82	1.00	544,779,606.17	-2,259,412,701.52
3,499,340,128.35	2,490,059,116.73	2.00	1,009,281,011.63	-1,250,131,689.89
5,392,593,268.36	3,882,579,741.65	3.00	1,510,013,526.71	259,881,836.81
7,433,520,153.29	5,383,716,975.33	4.00	2,049,803,177.96	2,309,685,014.78
9,633,639,335.24	7,001,942,913.23	5.00	2,631,696,422.02	4,941,381,436.79

Tabla A.5: Flujo de caja