

Dimensionamiento de Centro de Distribución para la Operación de Red de Distribución Eléctrica

Eje temático: Energía

Brizuela Lezcano, Stella Marys; stellambl@outlook.com
Páez Duarte, Leticia Inés; letipaezduarte@gmail.com
Ramírez Vergara, Ing. Luis Carmelo; luisramirezvergara100@gmail.com
Facultad Politécnica
Universidad Nacional del Este

Resumen

Un Sistema Eléctrico de Potencia incluye las etapas: generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica. Su función primordial es llevar la energía desde los centros de generación hasta los de consumo, entregándola al usuario de forma segura y con nivel de calidad satisfactorio.

El gran crecimiento del consumo de energía eléctrica que se está produciendo en Paraguay está acentuando la saturación de la capacidad de los sistemas de transmisión y distribución eléctrica con que se cuentan actualmente. Este es el caso de la ciudad Santa Rita, que carece de fuente de alimentación exclusiva, esta situación causa una baja calidad de suministro eléctrico que se ve reflejado en elevados índices de FEP y DEP. El presente trabajo propone la construcción de un centro de distribución en dicha ciudad, como alternativa para mejorar la calidad y la fiabilidad del servicio.

El método empleado para evaluar la instalación del centro de distribución propuesto consistió en identificar la zona de mayor consumo, utilizando densidad de carga. Posteriormente, mediante un *software* cuya licencia de utilización posee la ANDE, se realizó el flujo de carga para verificar si un centro de distribución ayuda a mejorar los niveles de tensión de manera a verificar la hipótesis establecida.

Como resultado de las simulaciones realizadas se concluye que un centro de distribución puede suministrar energía eléctrica atendiendo satisfactoriamente la demanda actual de la ciudad Santa Rita. La confiabilidad del centro depende de diversos factores como el tipo de conductor a utilizar, el tipo de servicio y la cantidad de alimentadores expresos empleados.

Palabras clave: centro de distribución, flujo de carga, densidad de carga.

Introducción

Todo sistema de distribución de energía eléctrica tiene como objetivo transportar energía hasta los centros de consumo (ciudades, pueblos, parques industriales, centros turísticos, etc.). Es necesario realizar este servicio al consumidor final de manera segura y eficiente. El logro de este objetivo requiere realizar estudios y diseños, grandes inversiones de capital y aplicar normas nacionales e internacionales. Esto involucra un riguroso planeamiento de: una amplia variedad de conceptos de Ingeniería Eléctrica, nuevas tecnologías, materiales más económicos y eficientes, buen procedimiento de construcción, y operación adecuada con riguroso mantenimiento.

El gran crecimiento del consumo de energía eléctrica que se está produciendo en Paraguay, debido tanto al aumento demográfico como al crecimiento del sector productivo del país, está generando una creciente saturación de la capacidad de los sistemas de transmisión y distribución eléctrica con que se cuentan en la actualidad. Una disponibilidad energética deficitaria puede desacelerar el actual crecimiento económico del país (ANDE, 2012).

El objetivo primordial del Plan Maestro de Distribución de Energía Eléctrica de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) contempla formar un programa de desarrollo del sistema eléctrico de distribución basado en resultados de estudios de planificación de distribución de corto y medio plazo. Dicho plan propugna la optimización de las redes primaria y secundaria de distribución ya existentes. Asimismo; el plan promueve el desarrollo futuro del sistema eléctrico para atender el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en zonas ya incorporadas, y la expansión a zonas aún no servidas.

El Plan de obras incluye un importante número de nuevas subestaciones. Para este

año está prevista la construcción de la subestación de la ciudad Santa Rita, con niveles de tensión eléctrica de 220/23 KV y con una capacidad de 41,67 MVA.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es evaluar la conveniencia de construir un centro de distribución como alternativa para mejorar la calidad del servicio de suministro de energía eléctrica a la ciudad Santa Rita.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la calidad del servicio de energía eléctrica a la Ciudad Santa Rita.
- Seleccionar una ubicación estratégica para el centro de distribución.
- Buscar alternativas eficientes para el transporte de energía eléctrica a media tensión.
- Proponer opción para mejorar el índice de confiabilidad y eficiencia en el sistema de distribución.

Materiales y métodos

1. Desarrollo del diseño de la investigación.

Se han recolectado datos de los alimentadores que atienden el microcentro de la ciudad Santa Rita. Primeramente, se analizaron los índices de Frecuencia Equivalente de Interrupción por Potencia (FEP) y Duración Equivalente de Interrupción por Potencia (DEP) de la ciudad, de manera a obtener un panorama de la calidad del suministro de energía eléctrica de dicha ciudad. Luego se realizó una simulación del flujo de carga obteniéndose así información sobre la situación actual. Estudiando la densidad de carga se identificó la zona de mayor consumo (en kW/km²) de manera a ubicar estratégicamente el Centro de Distribución (González, 2006). Posteriormente se volvió a realizar el flujo de carga incluyendo al Centro de Distribución.

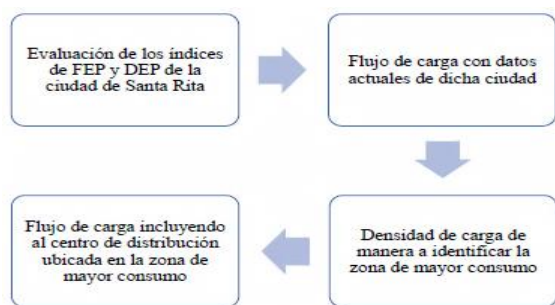


Fig. 1. Organigrama de tareas.

2. Procedimiento

A. Evaluación de los índices FEP y DEP de la ciudad Santa Rita.

Actualmente, la Ciudad es alimentada por alimentadores provenientes de tres subestaciones eléctricas: K-304 y K-307, colindantes con la ciudad, provenientes de la Estación K30 ubicada en el distrito de Minga Guazú; NAR4, proveniente de la Subestación de Naranjal, ubicada en la ciudad Naranjal; PBU3, proveniente de la Estación Paranambú, ubicada en el distrito Domingo Martínez de Irala.

Los datos de los índices FEP y DEP son útiles para obtener información sobre indicadores de continuidad del servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica (la ANDE), para evaluar la calidad del servicio y el desempeño del sistema de distribución. Cuando el distribuidor de energía eléctrica supera valores admitidos para cada indicador en cada etapa, se considera que no cumple con el nivel de calidad de servicio técnico.

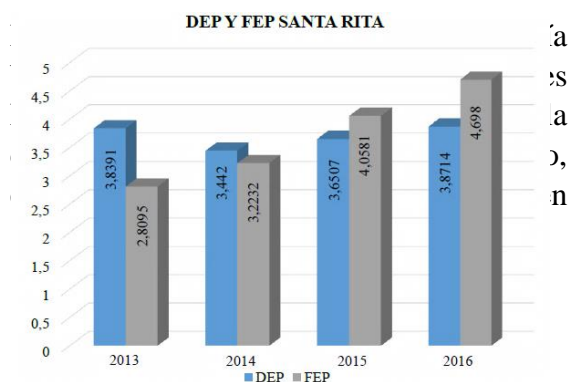


Fig. 2. Índices FEP y DEP de la ciudad Santa Rita.

Santa Rita, estos valores aumentan con el correr de los años, lo que significa que el sistema de distribución es incapaz de acompañar el crecimiento de la demanda de energía eléctrica, lo cual hace que el sistema se vuelva menos confiable, ocurriendo cortes del suministro de energía eléctrica a los pobladores de dicha ciudad. Con respecto a estos índices, actualmente Paraguay carece de reglamentación que establezca criterios y rangos que deben cumplirse, y tampoco hay un ente que los regule.

B. Flujo de carga con datos actuales de la ciudad.

El sistema eléctrico de distribución del país es radial, esto es, el flujo de potencia nace de un solo nodo. Este nodo principal se reconoce como la subestación que alimenta al resto de la red. En la subestación se reduce el voltaje del nivel de alta tensión (A.T.) al de media tensión (M.T.). Sin embargo, la Ciudad Santa Rita, como ya se mencionó anteriormente, está proveída por alimentadores de tres subestaciones colindantes a dicha ciudad.

Para hallar una solución al problema de flujo de carga se empleó el *software* CYMDIST, cuya licencia de utilización posee la ANDE, entidad que proveyó la información necesaria para poder realizar los análisis y cálculos.

Este *software*, utilizado para análisis de distribución, consta de módulos de análisis, editores de red y bibliotecas personalizadas que posibilitan realizar estudios predictivos por simulación, de tal manera que se puede evaluar el impacto de los cambios en la red.

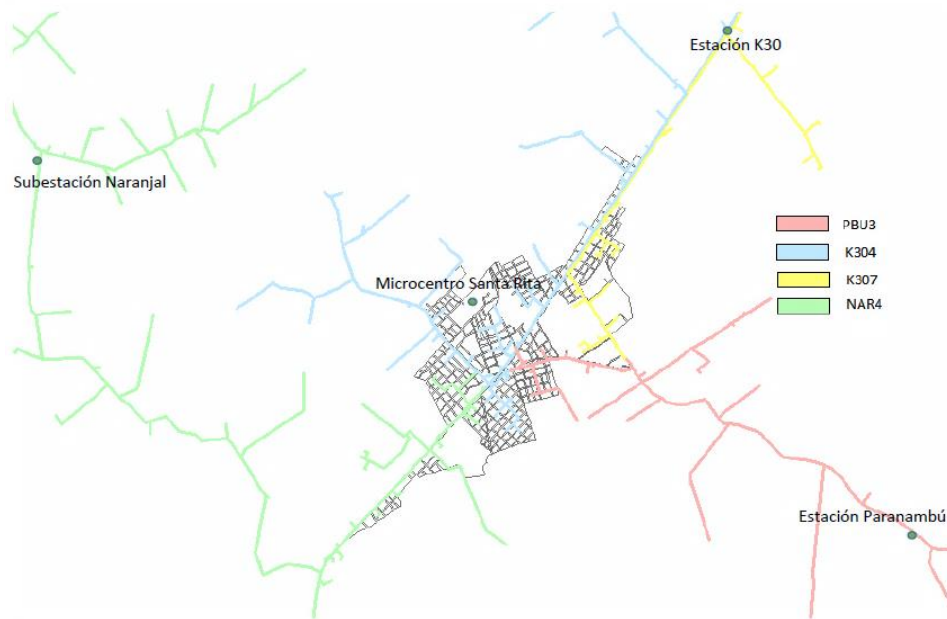


Figura 3. Ubicación geográfica de las subestaciones eléctricas desde las cuales parten los alimentadores que proveen a la ciudad Santa Rita

Para la realización del análisis, primeramente, se cargaron los parámetros del sistema, siendo estos: frecuencia del sistema, potencia base, tensión base y temperatura exterior.

Como datos de entrada el *software* CYMDIST requiere las potencias activas y reactiva máxima o los perfiles de carga. Cabe resaltar que este *software* utiliza los valores máximos debido a que calcula las pérdidas en la red, por lo que los resultados son obtenidos considerando circunstancias extremas a las que se puede encontrar sometido el sistema.

Con la información y los parámetros de cada una de las subestaciones desde donde parten los alimentadores que proveen a la ciudad, se ingresaron los valores de tensión nominal, tensión de servicio e impedancia de cada una de estas subestaciones.

Posteriormente se ingresaron los valores de corriente y el factor de potencia en la cabecera de cada uno de estos alimentadores.

Luego de cargar los datos necesarios en cada uno de los alimentadores, se realizó la distribución de carga, que asigna un valor

determinado de demanda a cada una de las fases, en función de los kVA conectados al alimentador.

Al realizar la distribución de carga se procedió a analizar el flujo de carga en cada uno de los alimentadores individualmente.

C. Densidad de carga para identificar la zona de mayor consumo.

La ciudad Santa Rita carece de zona industrial, por lo que los silos e industrias se encuentran dispersos y distantes unos de otros.

El análisis para la ubicación estratégica del centro de distribución fue delimitado al microcentro, que es donde la carga se encuentra concentrada.

Para minimizar las pérdidas por conducción, los centros de distribución deben estar situados lo más próximo posible al mayor centro de carga. Identificar esta ubicación fue posible mediante el análisis de densidad de carga, en el cual la carga fue considerada distribuida uniformemente en cada kilómetro cuadrado (Medina, 2010).

La superficie considerada para la uniformización de carga se denomina área unitaria, por una cuestión de practicidad en

este trabajo se la representó mediante la unidad kilómetro cuadrado (km²). Esta superficie está identificada por coordenadas geodésicas WGS84 (en castellano: Sistema Geodésico Mundial 1984) proyectadas a un modelo 2D mediante el sistema de proyección denominado UTM.

La asignación de áreas unitarias se realizó de forma conveniente, considerándose una distribución por cuadras. Para calcular la demanda total por cuadra se tuvo en cuenta la carga instalada, es decir, la sumatoria del consumo de cada usuario perteneciente a la cuadra en cuestión, considerando un total de 26 meses, que abarca desde abril de 2016 hasta mayo de 2018.

- Distribución de cuadras y usuarios.

Para cargar los datos de consumo en kW-h fue necesario enumerar las cuadras, lo cual se logró con ayuda del *software* de acceso libre QGIS.

A fin de realizar un cálculo con mayor precisión, fueron usados los números de NIS (Network Information System) de los usuarios, esto significa que si un usuario cuenta con más de un medidor todos ellos fueron considerados para calcular el consumo.

Los datos de consumo de los 26 meses incluidos, fueron cargados en una tabla. El mismo procedimiento se realizó para para todas las cuadras, que totalizan 176.

Se hizo una recopilación de la sumatoria de los consumos mensuales por cuadra para cada una de estas.

- Obtención de densidad de carga.

Los datos proporcionados por la ANDE están dados en kW-h, por lo que fue necesario realizar la siguiente conversión:

$$\frac{\text{Carga instalada}}{30 \text{ días} \times 24 \text{ horas}} = \frac{\text{kW} - h}{h} = \text{kW}$$

Los resultados de esta conversión fueron cargados en una tabla junto con la correspondiente área de la cuadra a la que pertenece, estas áreas fueron extraídas a través del *software* mencionado

previamente.

Las densidades de carga se obtuvieron a partir de la sumatoria del consumo de todos los usuarios pertenecientes a la misma región, dividido entre el valor propio de la superficie en cuestión, obteniéndose la densidad en kW/km², tal como indica la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad de carga} = \frac{\text{Carga instalada}}{\text{área de la zona}}$$

Cada uno de estos valores fueron analizados para identificar las 5 primeras cuadras de mayor consumo. Se realizó también la proyección de la demanda para verificar que estas cuadras continuarán con ese comportamiento.

Una vez que se identificó la región donde la demanda es más elevada, ésta fue ubicada en el mapa y se averiguó si la zona cuenta con un espacio donde ubicar el centro de distribución.

Posteriormente se extrajeron las coordenadas de la ubicación mencionada y mediante el *software* CYMDIST se comparó la situación anterior a la presencia de este centro, con la situación posterior a su presencia para averiguar eventuales mejoras en el sistema de distribución.

Para el análisis de flujo de carga incluyendo al centro de distribución, los siguientes factores fueron considerados: tipo de material del conductor, tipo de servicio (aéreo y subterráneo) y cantidad de ternas del alimentador expreso (una terna y dos ternas).

Resultados y discusión

Los resultados fueron obtenidos del proceso de simulación al cual estuvo sometido el sistema, posibilitando un análisis y la propuesta de una solución factible al problema de la calidad del suministro de energía eléctrica a la ciudad Santa Rita.

La metodología establecida para las simulaciones del sistema abarca dos escenarios: análisis del flujo de carga de la

situación actual de la ciudad y análisis del flujo de carga incluyendo al centro de distribución ubicado estratégicamente en la

zona de mayor densidad de carga.

Tabla 1: Consumo total por área unitaria.

Coord X	Coord Y	NIS	Apellido	Nombre	Consumo[kW-h]				
					abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16
690788	7146218	2292327	Rohr	Cesar Luis	0	0	0	0	0
690745	7146196	2304545	Werner	Valcecir	0	0	0	0	0
690741	7146193	1878048	Knob	Edson Otto	5025	5517	5820	6178	6544
690741	7146215	2519791	Sanchez	Fulvia	47010	48145	48621	49097	49486
690715	7146225	2174569	Machado	Charles Luiz	1183	1541	1694	1848	2030
690713	7146218	2419772	De Sousa	Joana	847	1130	1340	1507	1560
690717	7146218	2398229	Schmidt	Edvino	4402	4734	5001	5268	5390
690705	7146232	2285225	Venceslau	Cilso A	2195	2862	3360	3746	4155
SUMA POR MES					60662	63929	65836	67644	69165

1. Flujo de carga de la situación actual de la ciudad Santa Rita.

El análisis de flujo de carga fue realizado en cada alimentador individualmente, debido a que estos no se encuentran interconectados, considerando información y parámetros correspondientes a cada uno de ellos.

- Alimentadores K30-4, K30-7, NAR-4, PBU-3.

Los puntos que fueron tomados en consideración para el análisis de flujo de carga fueron situados en la salida de las subestaciones, en la entrada de la ciudad (zona rural) y en la entrada del microcentro (zona urbana).

Los valores obtenidos en el punto 1 del análisis, en la salida de los alimentadores, son aproximadamente los valores nominales del sistema.

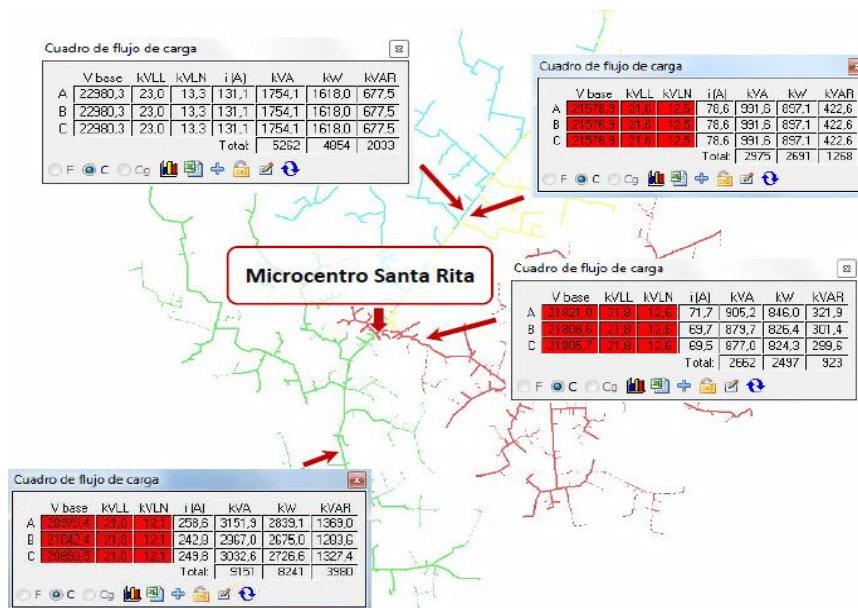


Figura 4: Resultados obtenidos del flujo carga en el punto 2, que representa la entrada a la ciudad Santa Rita.

El nivel de tensión del alimentador K30-4

en este punto, próximo a un regulador de tensión de 200 A, se encuentra dentro del

rango admisible por el reglamento de media tensión de la ANDE, como se puede observar la figura 3.

En periodos de alta demanda, los niveles de tensión de los alimentadores K30-7, NAR-4 y PBU-3 se encuentran por debajo de los límites establecidos por el reglamento de media tensión de la ANDE.

(5% de la tensión nominal), como se puede observar en la figura 3. Esta caída de tensión se debe a la cantidad de consumidores que alimentan, a las pérdidas en el sistema (cables, reguladores, etc.) y a la longitud de cada alimentador.

Los principales afectados por esta disminución de tensión son las industrias y silos que se encuentran próximos a la entrada de la ciudad.

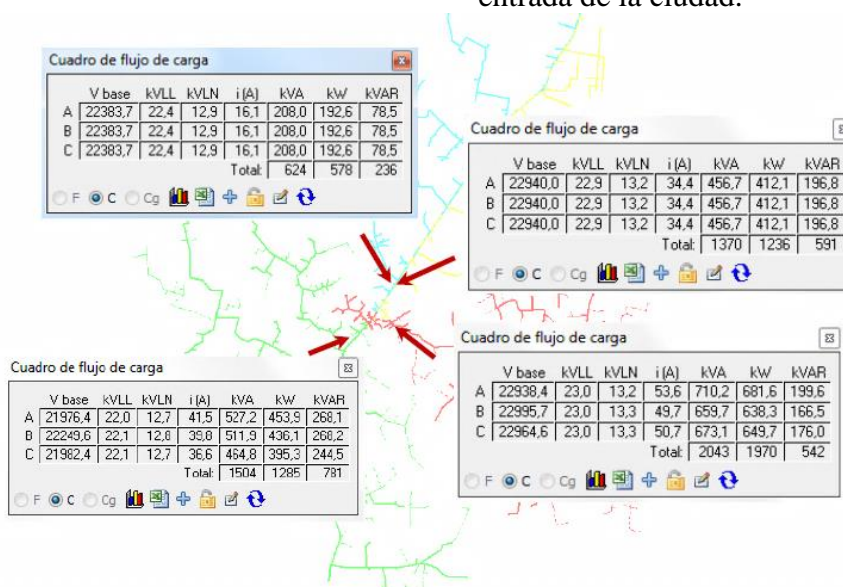


Figura 5: Resultados obtenidos del flujo carga en el punto 3, que representa la entrada al microcentro de la ciudad Santa Rita.

Los niveles de tensión en el punto 3, que representa el punto de entrada al microcentro de la ciudad, pueden disminuir bastante con respecto al valor nominal en periodos críticos, aunque todavía se encuentran dentro del límite operativo establecido en el reglamento de media tensión de la ANDE, como se puede observar en la figura 4.

2. Flujo de carga incluyendo al centro de distribución.

Para este análisis se consideró al centro de distribución ubicado próximo a la cuadra con mayor consumo, resultado del análisis de densidad de carga. La red fue utilizada en su configuración actual, es decir, ningún equipo fue modificado, a excepción de algunos reguladores de tensión cuya utilización ya no fue necesaria en ciertos

tramos.

Cabe destacar que debido a la poca disponibilidad de tipos de conductores en la base de datos de la ANDE empleada en el software CYMDIST, fue imposible analizar otros casos.

- Caso 1: Un alimentador expreso aéreo de cobre.

Para el caso 1 se consideró un alimentador expreso aéreo de cobre, con sección de 150 mm² y un regulador de tensión de 100 A con tap automático en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

Aun en el caso de utilizar el regulador de 100 A, con tap automático operando en su capacidad máxima, en estas condiciones el centro de distribución será incapaz de atender con calidad la demanda en situaciones críticas, en dos regiones del microcentro donde los niveles de tensión están por debajo de los límites de operación establecidos por la ANDE.

- Caso 2: Un alimentador expreso aéreo de aleación de aluminio.

Para el caso 2 se consideró un alimentador aéreo de aleación de aluminio, material actualmente utilizado en los alimentadores existentes (K304, K307, PBU3, NAR4), con sección de 150 mm² y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda.

Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

En estas condiciones, aún con el regulador de 100 A con tap automático operando en su capacidad máxima, es imposible garantizar un buen suministro de energía eléctrica. Los niveles de tensión en todos los troncales se encuentran muy por debajo de los límites de operación establecidos por la ANDE.

- Caso 3: Un alimentador expreso subterráneo de aluminio aislado.

En este caso se consideró un alimentador subterráneo de aluminio aislado, con sección de 240 mm² y con un regulador de tensión de 100 A, con tap automático en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda.

Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo esta la demanda total del microcentro.

Utilizando este tipo de conductor, con la

sección ya mencionada, el centro de distribución será incapaz de atender la demanda de manera confiable, ya que se tiene baja tensión en toda la zona alimentada por éste, no pudiendo de esta manera suministrar energía eléctrica con índices de calidad.

- Caso 4: Un alimentador expreso aéreo de preensablado de aluminio.

En este caso se consideró un alimentador aéreo de aluminio aislado, con sección de 240 mm² y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda.

Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por una celda de media tensión, alimentada por un alimentador expreso, atendiendo ésta la demanda total del microcentro.

En estas condiciones el centro de distribución será capaz de atender la demanda aún en condiciones críticas con índices de calidad, es decir, con los niveles de tensión dentro del rango operativo establecido por la ANDE.

El inconveniente con esta propuesta será garantizar la confiabilidad del sistema, ya que debido a que el centro de distribución está alimentado por un solo alimentador expreso y está constituida por una sola celda de media tensión, en caso de falla todo el microcentro se verá afectado hasta que el sistema sea reestablecido.

- Caso 5: Dos alimentadores expresos aéreos de aleación de aluminio.

Se consideraron dos alimentadores de aleación de aluminio, material actualmente utilizado en los alimentadores existentes (K30-4, K30-7, PBU-3, NAR-4), con sección de 150 mm² cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, con tap automático para cada alimentador, ubicados en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda.

Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, en el cual cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones, con la demanda dividida en dos alimentadores, el centro de distribución es capaz de atender la demanda en periodos críticos, encontrándose la tensión dentro del rango operativo establecido por la ANDE.

- Caso 6: Dos alimentadores expresos subterráneos de aluminio aislado.

En este caso se consideraron dos alimentadores subterráneos de aluminio aislado, con sección de 240 mm² cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático para cada alimentador, en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda.

Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, en el cual cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones es posible garantizar un buen suministro de energía eléctrica, los niveles de tensión están próximos a los nominales. Este tipo de conductor se caracteriza por tener impedancia mayor a otros conductores de la misma sección, por lo que la transmisión de energía se vuelve más deficiente.

- Caso 7: Dos alimentadores expresos aéreos de cobre.

En este caso se consideraron dos alimentadores aéreos de cobre, con sección de 150 mm² cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático para cada alimentador en la entrada del centro de distribución, para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda. Para este caso se consideró que el centro de

distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, en el cual cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones, con la demanda dividida en dos alimentadores, el centro de distribución es capaz de atender la demanda en periodos críticos, encontrándose la tensión próxima al valor nominal. Debido a que la demanda está distribuida en dos alimentadores, el sistema es mucho más confiable posibilitando de esta manera garantizar un buen suministro de energía eléctrica.

- Caso 8: Dos alimentadores expresos aéreos de preensamblado de aluminio.

En este caso se consideraron dos alimentadores aéreos de preensamblado de aluminio, con sección de 240 mm² cada uno y con un regulador de tensión de 100 A, de tap automático para cada alimentador, en la entrada del centro de distribución para alimentar 350 A, corriente registrada en periodos de máxima demanda.

Para este caso se consideró que el centro de distribución está constituido por dos celdas de media tensión, cada una alimentada por un alimentador expreso, en el cual cada celda atiende la mitad de la demanda total, es decir, 175 A cada una.

En estas condiciones, con la demanda dividida en dos alimentadores, el centro de distribución es capaz de atender la demanda en periodos críticos, encontrándose la tensión próxima al valor nominal. Debido a que la demanda está distribuida en dos alimentadores, el sistema es más confiable.

En todos los casos mencionados anteriormente la carga desconectada de los alimentadores, que entonces será atendida por el centro de distribución, es la misma, como consecuencia de esto se produce un alivio de carga en los alimentadores K30-4, K30- 7, NAR-4 y PBU-3 lo cual se ve reflejado en sus niveles de tensión.

Zona alimentada por el centro de distribución (microcentro)

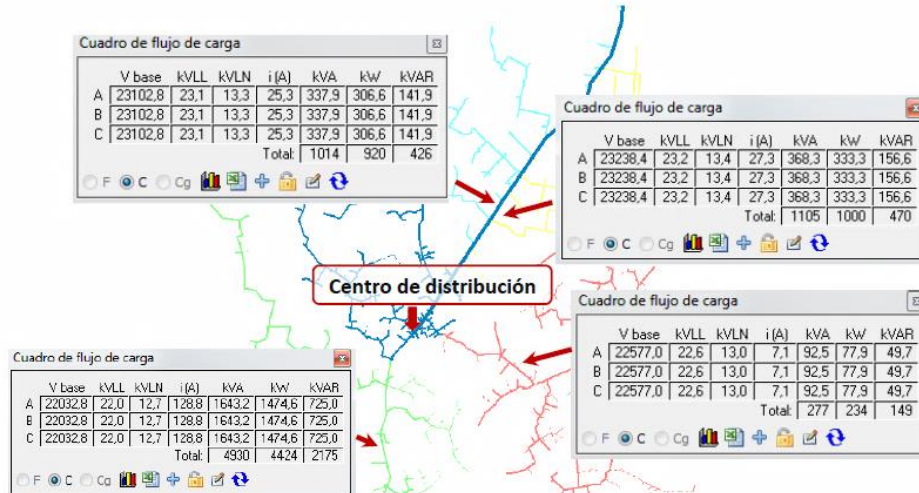


Figura 5: Resultados obtenidos del flujo carga en el punto 3, que representa la entrada al microcentro de la ciudad Santa Rita.

Cabe destacar que las líneas fueron seccionadas, en caso de que ocurra una falla en el centro de distribución, los

alimentadores K30-4, K30-7, NAR-4 y PBU-3 serán capaces de volver tomar dicha carga.

Conclusiones

- Los índices FEP y DEP son necesarios para poder obtener información sobre indicadores de continuidad del servicio de la empresa distribuidora de energía eléctrica, de manera a evaluar la calidad del servicio prestado y el desempeño del sistema de distribución.
- La densidad de carga en el momento de realizar una instalación eléctrica en el sistema de distribución, sea subestación o centro de distribución, juega un papel importante ya que posibilita identificar la zona donde la carga esta mayormente concentrada de manera a minimizar las pérdidas por conducción.
- La implementación de un centro de distribución resulta conveniente para ciudades o pueblos que carezcan de subestación y cuyos consumidores se caractericen por ser mayormente de tipo residencial, comercial y/o pequeñas industrias, posibilitando garantizar un suministro de energía eléctrica con calidad.

- La eficiencia de un centro de distribución depende de factores como tipo de conductor a utilizar, tipo de servicio (aéreo o subterráneo) y demanda de la carga a ser alimentada.
- Dada la distancia que se tiene desde la fuente de alimentación hasta la carga, utilizando conductores de tipo aéreo aislado o de tipo subterráneo, se garantiza mayor calidad en el suministro, disminuyendo los cortes de energía eléctrica, ya que se evitan inconvenientes debidos accidentes vehiculares, tormentas y otros incidentes que puedan afectar como en el caso de las líneas convencionales, por lo que se logra mejorar considerablemente los indicadores FEP.
- En ciudades que no tengan definidas sus zonas industriales y cuyo crecimiento de producción sea elevado, como es el caso de la ciudad Santa Rita, la implementación de un centro de distribución es una solución alternativa para atender la demanda actual.

- Esta propuesta resulta importante debido a que posibilita monitorear en tiempo real los perfiles de tensión de la red ya que cuenta con un sistema SCADA que posibilita el control a distancia.

En la investigación realizada se analizaron varios casos considerando distintos tipos de conductores, tipos de servicio (aéreo y subterráneo) como así también la cantidad de ternas del alimentador expreso, encontrándose varias opciones favorables para la solución a la problemática, que cumplan con los objetivos propuestos, es decir, garantizar el suministro de energía eléctrica con calidad.

Como se mencionó durante el trabajo, Santa Rita es una ciudad cuyo crecimiento industrial es elevado por lo que ya existe un proyecto de construcción de subestación. Este creciente desarrollo de la ciudad demanda implementar un centro de distribución como solución alternativa inmediata, ya que la baja calidad del servicio de energía en condiciones críticas representa pérdida para las industrias operando en la región actualmente.

Entre las variantes consideradas para la alimentación, se considera la de dos ternas de tipo preensamblado de aluminio con una sección de 240mm² como la más conveniente, ya que es la que menor pérdida produce en el trayecto.

Referencias bibliográficas

- ANDE, (2012). “Análisis Ambiental Línea de Transmisión 500 kV CH Yacyreta-Ayolas-Villa Hayes” [División de Gestión Ambiental, Administración Nacional de Electricidad] (2012). Recuperado de <http://www.ande.gov.py/documentos/InformeAmbientalANDELT.pdf>
- González, D. (2006) “*Ubicación de subestaciones por medio de densidad de carga*” [Trabajo Final de grado, Univ. de San Carlos]. Guatemala.
- Medina, E. (2010) “*Importancia de la densidad de carga para la planificación de transmisión y distribución, sugerencia de cálculo según escenario actual ANDE*” [IV Seminario del Sector Eléctrico Paraguayo – CIGRE]. Paraguay.