

Expansión del Sistema Eléctrico de Distribución en Media Tensión de 33 kV para la Ciudad de Oberá y los Municipios de Colonia Alberdi y General Alvear

Gianfranco B. Ruzak^a, Matias E. Chuquel^a, Adrian Rentfleisch^a, Lucas G. Ruiz^{a*}, Fernando D. Vera^a, Hector F. Berent^a, Jose H. Reversat^a

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: gianfranco.briamonte.ruzak@gmail.com, matiasezequelchuquel@gmail.com, rentfleischadrian9@gmail.com, ruizlg98@gmail.com, fernandodariovera98@gmail.com, hectorberent71@gmail.com, hreversat@hotmail.com

Resumen

En el presente artículo se detalla el estado avance hasta el momento de un proyecto que se lleva a cabo en la Catedra Proyecto Electromecánico 2, en el cual se presenta la propuesta de diseño de expansión del tendido eléctrico en media tensión de 33kV y de centros de transformación 33/13,2 kV, producto del análisis de la demanda actual en las zonas de afectación del proyecto y el crecimiento de la misma. Consiste en nuevas líneas eléctricas para un anillado eléctrico de la Ciudad de Oberá, y la transmisión de potencia hacia los municipios de General Alvear y Colonia Alberdi; mejorando con ello la calidad del servicio de energía eléctrica.

Palabras Clave – Líneas de media tensión, Traza, Demanda, Centros de transformación, Anillado eléctrico, Líneas eléctricas.

1. Introducción

Actualmente, la ciudad de Oberá Misiones, posee un sistema de distribución eléctrico de tipo radial. Este tipo se caracteriza por poseer una baja confiabilidad, ya que, ante la presencia de alguna falla o salida por mantenimiento de alguna línea, diversas cargas, dependientes de esta, no tendrían acceso a la energía eléctrica. Entre las diversas cargas de la ciudad, una de carácter crítico es el Hospital SAMIC nivel 3, el cual depende únicamente de la línea San Javier 33 kV la cual inicia en la estación transformadora (ET) OBERÁ I. Se requiere por parte de la prestataria de energía de la ciudad de Oberá (CELO) que el edificio pueda contar con abastecimiento de energía eléctrica por parte de líneas independientes una de otra. Por otro lado, la ciudad presenta actualmente un crecimiento de población en la periferia del casco céntrico, más precisamente en la zona norte de la ciudad, y esto se traduce en un incremento de nuevas cargas y de sobrecargas en líneas ya existentes. Por lo que es necesario añadir potencia a la red eléctrica de la ciudad para cubrir la demanda en el corto y mediano plazo. Por otra parte, los municipios aledaños a Oberá, en particular General Alvear y Colonia Alberdi, dependientes también de un sistema eléctrico radial, se encuentran limitados en cuanto al abastecimiento de energía para nuevos usuarios tanto residenciales como industriales y por ende es necesario contar con mayor potencia en la red eléctrica.

Estas problemáticas planteadas conllevan a confeccionar mejoras en las redes de distribución para brindar un servicio de calidad tanto a nuevos usuarios (residenciales e industriales) como a los ya

existentes y es así como este proyecto propone mejorar la confiabilidad de la red y ampliar la capacidad de la misma en cuanto a potencia con el diseño de líneas aéreas de media tensión de 33 kV para realizar el anillado para la ciudad de Oberá y así poder tener la posibilidad de alimentar a diversas cargas de la ciudad y al Hospital SAMIC, desde dos fuentes diferentes. También abastecer la demanda de la zona norte de la ciudad de Oberá mediante el diseño de un centro de transformación 33/13,2 kV y en forma conjunta, mediante el diseño de una línea en Media Tensión de 33 kV, y centros de transformación en 33/13,2 kV, para cubrir la demanda actual y mejorar la calidad del servicio en los municipios de General Alvear y Colonia Alberdi. Estos objetivos se desarrollarán teniendo en cuenta el aspecto legal, medioambiental, técnico y económico.

2. Desarrollo

2.1 Determinación de cargas, centro de cargas.

Se debe conocer la demanda eléctrica de las zonas de influencia del proyecto para poder determinar la potencia a instalar en los centros de transformación y la potencia a transmitir con las líneas. Se inicia entonces, analizando la potencia instalada en las zonas, esta se obtiene al conocer todos los transformadores de distribución eléctrica de 13.2/0.4 kV instalados en la misma, y a partir de un factor de simultaneidad, otorgado por la empresa prestataria de energía eléctrica Cooperativa Eléctrica Limitada Oberá (CELO) [1], que se basa en la máxima demanda respecto a la potencia instalada de las distintas líneas, se puede determinar la potencia máxima demandada en las zonas de incumbencia del proyecto.

La potencia instalada se determina a partir de sumar la potencia aparente nominal de cada uno de los transformadores mencionados anteriormente. Los datos de potencia nominal como también de ubicación georreferenciada (latitud y longitud) de los mismos fueron suministrados por la CELO [1].

$$S_z = S_{instalada} * F_s \quad (1)$$

donde: S_z es la potencia aparente máxima demandada por la zona; $S_{instalada}$ es la potencia aparente instalada de la zona y F_s es el factor de simultaneidad de las cargas. [2]

Luego se debe establecer el lugar donde instalar el centro de transformación, hallando el centro de cargas del sistema eléctrico. Para ello se toma un sistema de ejes coordenados de referencia, utilizando las coordenadas de latitud y longitud de cada transformador, y se calcula el momento de las cargas respecto a dichos ejes mediante (2) y (3). [2]

$$Lat_{CC} = \frac{\sum_i^n S_i Lat_i}{\sum_i^n S_i} \quad (2)$$

donde: Lat_{CC} es la coordenada de Latitud de la ubicación del centro de cargas; S_i es la potencia aparente de cada transformador y Lat_i es la coordenada de Latitud de la ubicación de cada transformador. [2]

$$Long_{CC} = \frac{\sum_i^n S_i Long_i}{\sum_i^n S_i} \quad (3)$$

donde: $Long_{CC}$ es la coordenada de Longitud de la ubicación del centro de cargas y $Long_i$ es la coordenada de Longitud de la ubicación de cada transformador. [2]

Para la zona norte de la ciudad de Oberá, que comprende los barrios: Barrio 100 Ha., Villa Stemberg, San Miguel, Punta Alta, Londin, Villa Lindstrom, Caballeriza y Villa Torneus, se tiene un total de 67 transformadores instalados, sumando una potencia total instalada de 9678 kVA, y un factor de simultaneidad de las líneas de 0.66, por lo tanto, se calcula a partir de (1) con estos valores, obteniendo una potencia instalada en la zona de 6452 kVA. Luego a partir de (2) y (3) con los valores de potencia aparente de cada transformador y las coordenadas respectivas de la ubicación de los mismos, se determina la ubicación del centro de cargas, donde las coordenadas calculadas son **(-27.46851; -55.12625)**, este se puede observar en la Fig. 1 indicado con una viñeta en color amarillo, además se puede observar la zona de incumbencia y la ubicación y potencia de cada uno de los transformadores.



Fig. 1. Ubicación de transformadores (en triángulos negros) y ubicación del centro de cargas (viñeta amarilla) en la zona norte de la ciudad de Oberá. [3]

Para los municipios de General Alvear, Colonia Alberdi y zonas aledañas, se procede de la misma manera que la anterior, se tiene un total de 492 transformadores instalados, sumando una potencia total instalada de 10167.2 kVA, un factor de simultaneidad de las líneas de 0.45, y por lo tanto se calcula a partir de (1) con estos valores, obteniéndose una potencia instalada en la zona de 4575 kVA. Nuevamente a partir de (2) y (3) con los valores de potencia aparente de cada uno de los 492 transformadores y las coordenadas respectivas de la ubicación de los mismos, se determina la ubicación del centro de cargas, donde las coordenadas obtenidas son **(-27.37885; -55.17126)**, este se puede observar en la Fig. 2 indicado con una viñeta en color amarillo, además se puede observar la extensa zona de incumbencia y los distintos transformadores instalados.

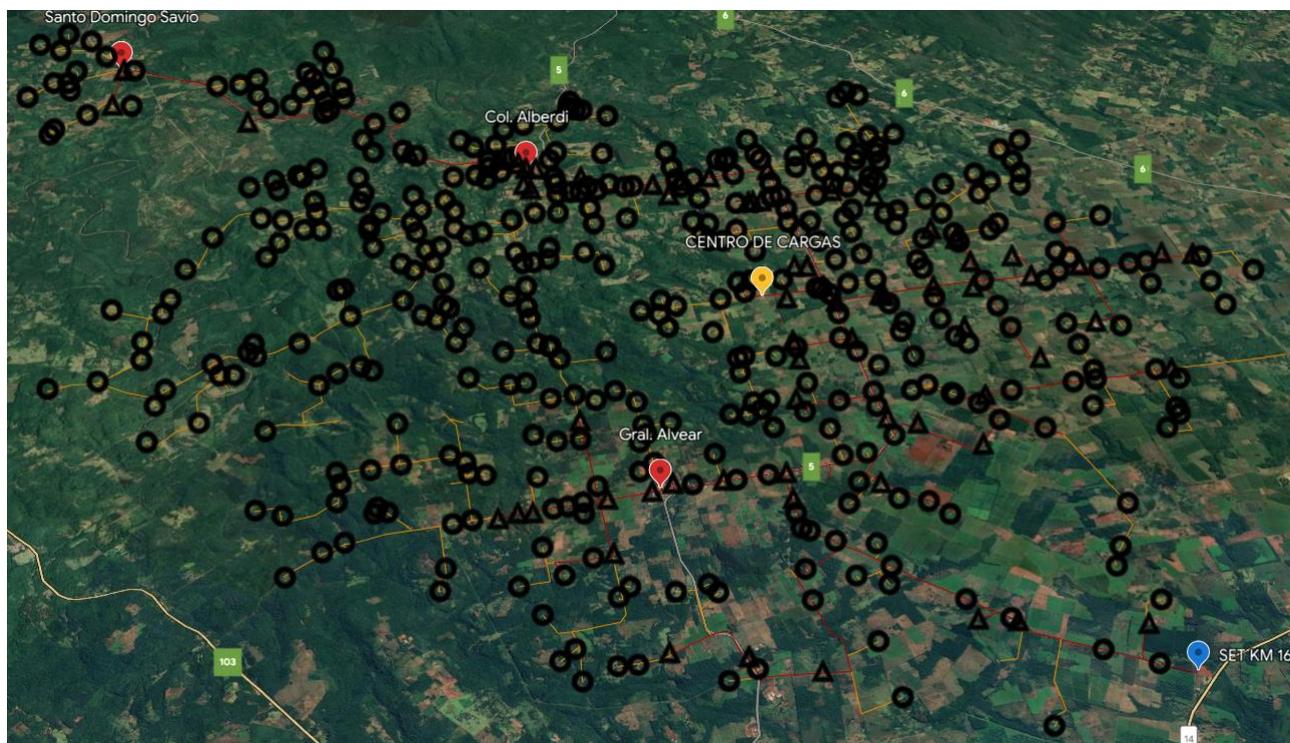


Fig. 2. Ubicación de transformadores (en triángulos negros los trifásicos, en círculos los monofásicos) y ubicación del centro de cargas (viñeta azul). [3]

Por otra parte, la potencia necesaria para el anillado eléctrico de la ET SAMIC, corresponde a la potencia máxima en dicha ET, que tiene a un valor de 17 MVA, valor obtenido mediante la CELO. [1]

2.2 Propuestas de terrenos y traza de la línea eléctrica

A partir de conocer la potencia demandada en las diferentes zonas de afectación del proyecto, se plantean los terrenos donde se podrán emplazar las estaciones transformadoras y las trazas de las líneas eléctricas.

Primeramente, sabiendo que el centro de cargas es la ubicación óptima para el emplazamiento de la estación transformadora, se realiza un proceso de búsqueda de terrenos que se encuentren en cercanías al centro de carga calculado. Esto es así, porque a fines prácticos, con población ya asentada y obras sobre terrenos para nuevos barrios en la zona norte de la ciudad de Oberá, sería imposible instalar el centro de transformación en el lugar teórico de centro de carga. Para las localidades de Alvear y Alberdi predominan los terrenos de propiedad privada en cercanías del centro de carga calculado. Finalmente, los terrenos disponibles que se evalúan para el emplazamiento de los centros de transformación son los que se ven en la Fig. 3 y Fig. 4.



Fig. 3. Ubicación georreferenciada de los terrenos disponibles (viñetas en azul) y del centro de cargas (viñeta en rojo) para la zona norte de Oberá. [3]



Fig. 4. Ubicación georreferenciada del terreno disponible (cuadro amarillo) y del centro de cargas (viñeta en amarillo) para los municipios de Gral. Alvear y Colonia Alberdi. [3]

De las propuestas de terrenos para el centro de transformación de la zona norte de Oberá, se opta por el Terreno 1, el mismo acompaña la traza de la línea que se planteará seguidamente y, además, se encuentra un tanto retirado de la Av. Guayaba, zona de alto tránsito. También es un área que

acompaña la tendencia de crecimiento de la ciudad, según el departamento de planeamiento urbano de la Municipalidad de Oberá, lo cual sería beneficioso para futuramente abastecer esas cargas.

Conociendo los terrenos donde se emplazarán los centros de transformación se realiza la propuesta de la traza definitiva del tendido eléctrico en 33 kV proveniente de la ET Oberá II, ubicada en Ruta 14 y la calle Yerbál Viejo, finalizando su recorrido en dichos terrenos.

La traza definitiva se divide en 3 tramos, Tramo 1 al recorrido desde la ET Oberá II, hasta la ET Zona norte, Tramo 2 al recorrido desde la ET Zona Norte hasta la ET SAMIC y el Tramo 3, desde la ET Zona Norte a la ET Alvear-Alberdi. Las calles específicas que recorren estos tramos son:

Tramo 1: inicia en la ET Oberá II, continúa por la calle “Yerbál Viejo”, luego ingresa por la calle “Peteriby” y desvía por la calle “Casco Romano” para ingresar a la calle “Grapia” y llegar hasta el terreno indicado donde se emplazará la ET Zona Norte.

Tramo 2: desde la ET Zona Norte continua hasta la Ruta Provincial N°5, luego se dirige hacia la rotonda que intersectan la “Av. Yuquerí” y Ruta Prov. N°5. La traza recorre la “Av. Yuquerí”, luego por la futura Av. “Circunvalación” que conecta la avenida mencionada anteriormente con la Av. “Domingo Berrondo”, continuando por la misma hasta “Ruta 103” e ingresando por la Av. “Pincen” hasta la Calle “San Pedro” donde se encuentra el nexo con la ET SAMIC.

Tramo 3: corresponde al tramo de la traza desde la ET Zona Norte hasta la Ruta Provincial N°5, continuando por la misma hasta llegar a la ET Alvear-Alberdi.

Lo indicado anteriormente se puede visualizar mediante imagen satelital en la Fig. 5.

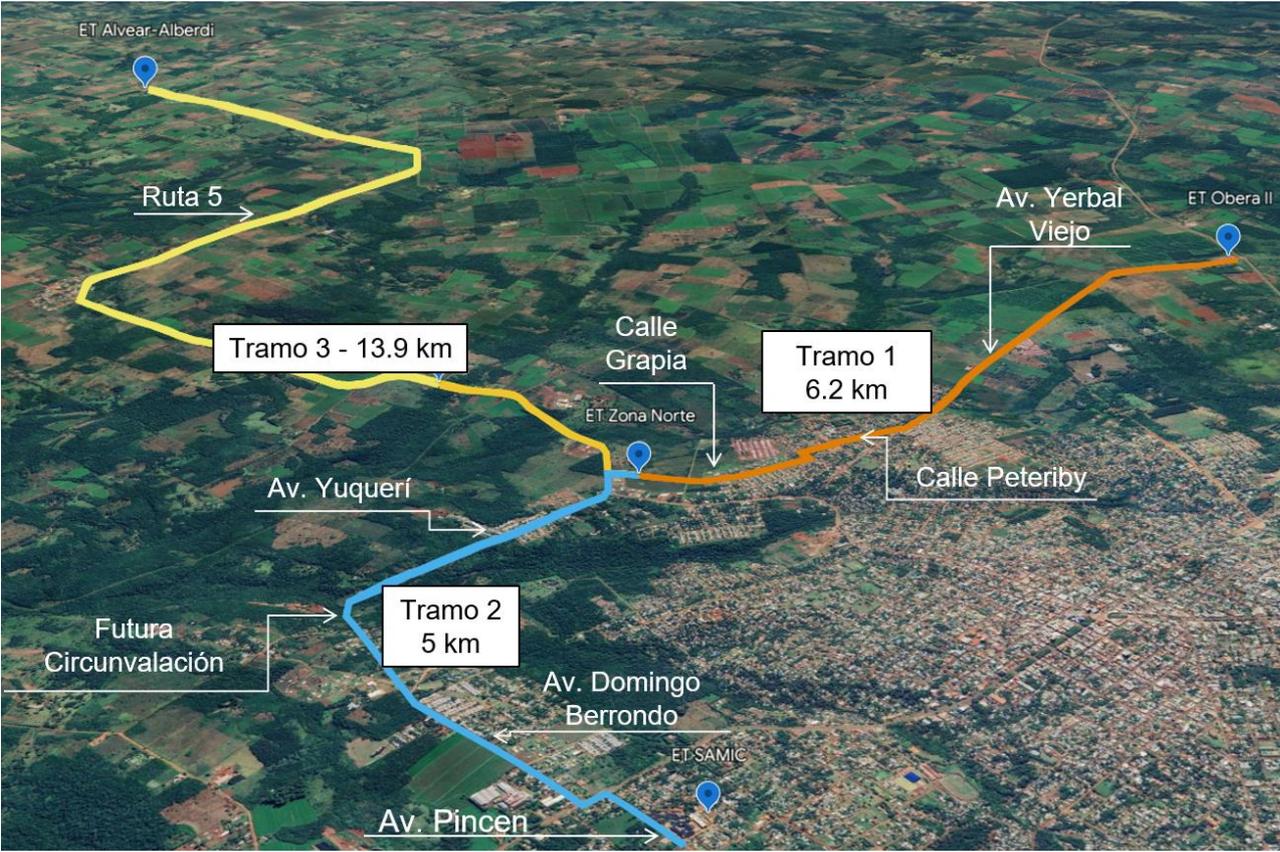


Fig. 5. Trazo de la línea (en Naranja Tramo 1, en celeste Tramo 2 y en amarillo Tramo 3). [3]

2.3 Centros de transformación

Conociendo el valor de potencia máxima demandada actualmente de las zonas de afectación del proyecto halladas en la sección 2.1, las estaciones transformadoras deberán ser proyectadas para proveer dicha potencia en el corto plazo y luego, poder proveer una potencia de mayor magnitud dado el crecimiento de la demanda con el paso del tiempo. Con datos de demanda históricos previstos por la CELO [1], se determinó un factor de crecimiento promedio de la demanda eléctrica para la zona urbana de 3.53% anual, utilizado para analizar el crecimiento de la demanda de la zona norte de la ciudad, y otro factor de crecimiento promedio de la demanda eléctrica para la zona rural de 5.78% anual, utilizado para la demanda de los municipios de General Alvear y Colonia Alberdi.

De acuerdo a la tendencia de los diseños de centros de transformación de media tensión en la provincia de Misiones y considerando como criterio de diseño que por lo menos la demanda sea cubierta un lapso de 20 años con la estación transformadora a proyectar, acorde al crecimiento de ésta, para la ET Zona Norte de Oberá se deberá tener una potencia instalada en el año 20 de por lo menos 13.47 *MVA* y en la ET Alvear-Alberdi una potencia de 14.64 *MVA*. Estas potencias surgen al afectar la potencia máxima demandada por cada zona, por el factor de crecimiento de la demanda de cada zona, año a año, hasta los 20 años de instalada la ET, suponiendo que las ET se instalarían en el corriente año, 2023, las potencias mencionadas anteriormente son para el año 2043.

Finalmente, en vista de las potencias analizadas en el párrafo anterior y buscando transformadores comerciales, cada una de las estaciones transformadoras serán equipadas inicialmente con un transformador de potencia 6.5/8.5 *MVA* ONAN/ONAF de 33/13.2 *kV* de la marca Tadeo Czerweny [4], y tendrán la posibilidad de incorporar otro equipo de iguales características para ampliar su potencia instalada, logrando entonces una potencia instalada total, con dos transformadores, de 17 *MVA*.

Nuevamente, analizando las potencias con el factor de crecimiento, se determina que, para la ET Zona Norte, con el primer transformador se cubre la demanda hasta el año 6, que corresponde al año 2029, luego para el año 7 (2030) debería ser instalado el segundo transformador de iguales características, cubriendo la demanda un total de 26 años, hasta el año 2049. Para la ET Alvear-Alberdi, con el primer transformador se cubre la demanda hasta el año 10, que corresponde al año 2033, luego para el año 11 (2034) debería ser instalado el segundo transformador de iguales características, cubriendo la demanda un total de 22 años, hasta el año 2045. Todo ello suponiendo que las ET se instalarían en el corriente año (2023).

2.4 Esquema Unifilar

En la siguiente figura se puede visualizar un esquema unifilar de los centros de transformación.

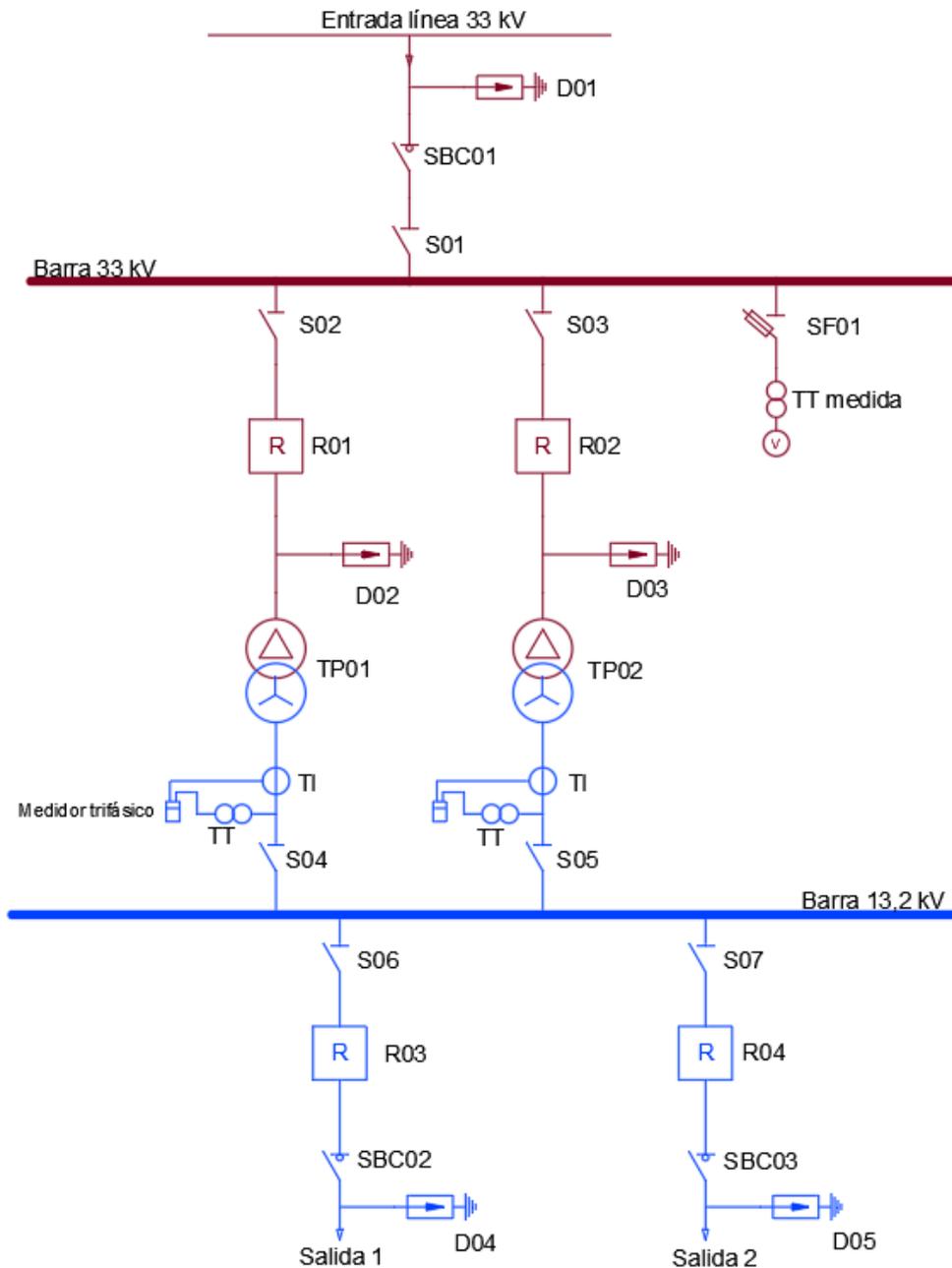


Fig. 6. Unifilar de los centros de transformación.

2.5 Tipos de línea, disposición y conductores

Las diferentes disposiciones de línea que pueden adoptarse para el desarrollo de las mismas son: Líneas subterráneas para los cruces de avenidas importantes y rutas, con conductores aislados. Líneas áreas Compactas para las zonas residenciales con conductores protegidos, como se observa en la Fig. 7. Y líneas áreas Line post para las zonas rurales con conductores desnudos, como se puede ver en la Fig. 8.

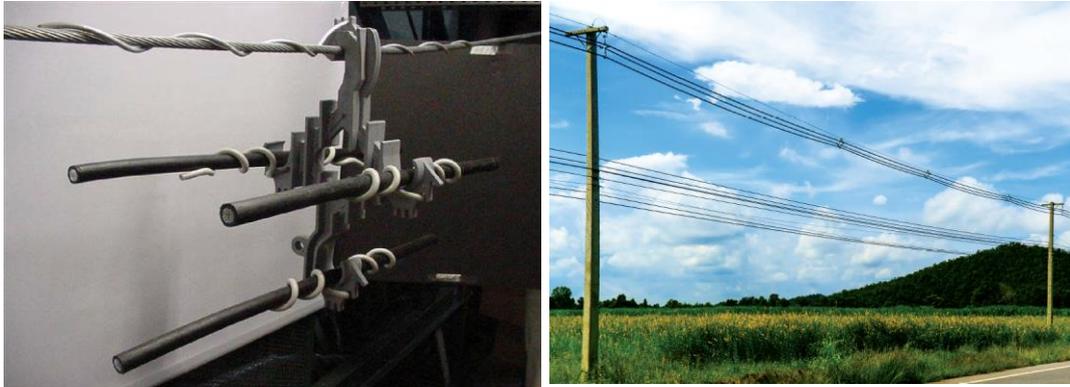


Fig. 7. Disposición y tipo de líneas compactas. [5]

A partir de (4) se determina la corriente a transmitir por cada tramo de la línea. [1]

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} \quad (4)$$

donde: I es la corriente a transmitir en A; S es la potencia transmitida por la línea en *kVA* y U es la tensión de transmisión en *kV*. [1]

El tramo 1 de la traza contará con un tipo de línea compacta con conductores protegidos. La potencia a transmitir por dicho tramo, es la suma de las potencias máximas de cada ET a proyectar determinadas en la sección 2.3, con un valor de 17 *MVA* para cada una, más la potencia a transmitir a la ET SAMIC, mencionada en la sección 2.1 con un valor de 17 *MVA*, sumando un total de estas tres de 51 *MVA*, la tensión de transmisión es de 33 *kV*, por lo tanto, a partir de (4) la corriente a transmitir es de 892 A. A partir de esta corriente, se determina que se tendrá una doble terna de línea compacta, una con conductores protegidos de 150 *mm*², y otra de 95 *mm*², sumando un total de tres ternas compactas. Seleccionadas solamente por corriente admisible de catálogo. [6]

Luego el tramo 2, también contará con un tipo de línea compacta con conductores protegidos. La potencia a transmitir es la correspondiente a la ET SAMIC, de 17 *MVA*. La corriente a transmitir según (4) con un valor de tensión de 33 *kV* es de 298 A. A partir de esta corriente, se determina que se tendrá una terna de línea compacta, con conductores protegidos de 95 *mm*². Seleccionadas únicamente por corriente admisible de catálogo. [6]

Finalmente, el tramo 3, contará con un tipo de línea Line Post con conductores desnudos. La potencia a transmitir es de 17 *MVA*, que corresponde a la potencia máxima de la ET Alvear-Alberdi. La corriente a transmitir según (4) con una tensión de transmisión de 33 *kV* es de 298 A. A partir de esta corriente, se determina que se tendrá una terna con conductores desnudos de 95*mm*². Seleccionadas por corriente admisible del catálogo. [7]

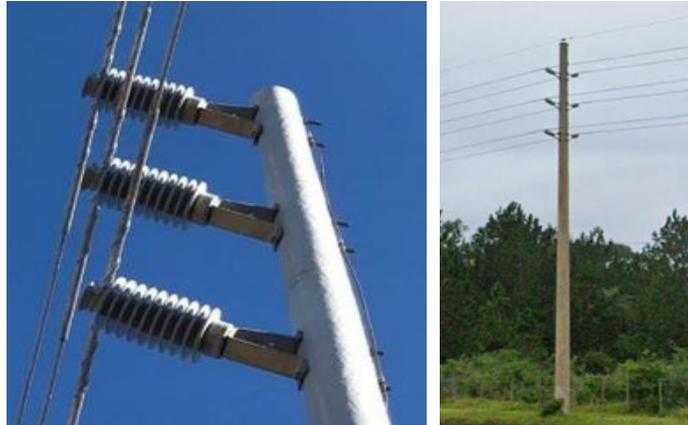


Fig. 8. Disposición y tipo de líneas Line Post. [8]

3. Conclusiones

A partir de las cargas determinadas, se obtuvo las potencias a instalar en las determinadas estaciones transformadoras y las potencias a transmitir por las líneas eléctricas. A partir de esto, las propuestas presentadas tienen el potencial para lograr cumplir con los objetivos propuestos y demuestra ser una alternativa viable para poder revertir las problemáticas mencionadas.

El siguiente paso es determinar todos los componentes de la estación transformadora, cálculos de malla de puesta a tierra, cálculos de corrientes de cortocircuito. También realizar las verificaciones de caídas de tensiones en las líneas eléctricas planteadas y los respectivos cálculos mecánicos de las líneas. Y por último determinar los diferentes postes que sustentaran a las líneas eléctricas con sus respectivos accesorios.

4. Referencias

- [1] Cooperativa Eléctrica Limitada Oberá (CELO) <http://www.celocooperativa.com.ar/servicios-energia.php>
- [2] Catedra Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica FIO-UNaM, “Teoría Redes de Baja Tensión y centro de carga”
- [3] “Google Earth”. Google Earth. Disponible: <https://earth.google.com/web/@-27.48845615,-55.11759645,343.68475306a,8827.04000869d,35y,359.8893119h,0t,0r> Accedido: 23 de junio de 2023
- [4] “Transformadores de potencia”, Tadeo Czerweny, Santa Fe, Argentina. [En línea]. Disponible: <https://www.tadeoczerweny.com.ar/transformadores-de-potencia/> Accedido: 20 de junio de 2023.
- [5] “Cables protegidos líneas compactas.”, PRYSMIAN GROUP, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Disponible: <https://ar.prysmiangroup.com/en/toolsdownloads>. Accedido: 10 de julio de 2023.
- [6] “Cables protegidos para distribución de energía (MT).”, IMSA, Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Disponible: https://imsa.com.ar/descargas/IMSA_Producto_Imalal_Procompact_Ficha_Tecnica.pdf Accedido: 28 de junio de 2023.
- [7] “Cables de aluminio desnudos.”, IMSA, Buenos Aires, Argentina. [En línea]. Disponible: https://imsa.com.ar/descargas/IMSA_Producto_Imalal_Ficha_Tecnica.pdf Accedido: 15 de junio de 2023.
- [8] “Líneas de media tensión 33 kV.”, PROA, Bahía Blanca, Argentina. [En línea]. Disponible: <https://www.proasa.com.ar/obra/linea-media-tension-33-kv-mari-lauquen-pellegrini/> Accedido: 20 de junio de 2023.