

Análisis de alternativas sobre el impacto de las inundaciones en suministro eléctrico del Alto Uruguay

Reinhermer Sebastian Roman ^{a*}, Rodríguez José Luis ^a, Sokol José Omar ^a, Berent Héctor Fabián ^a, Cabral Roberto José ^a

^a *Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina*

e-mails: romanreinhermer@gmail.com, rodriguez.joseluis1001@gmail.com, sokol.jose@gmail.com, hectorberent71@gmail.com, robert_rjc@hotmail.com

Resumen

Este artículo presenta el avance actual de un proyecto desarrollado en el ámbito de la asignatura de Proyecto Electromecánico 2 de la carrera de ingeniería Electromecánica, analizando la red eléctrica en el sector del Alto Uruguay, enfocándose en los impactos de las inundaciones recurrentes y la degradación de la calidad energética. Se presenta una evaluación de alternativas de solución y los requerimientos principales de los mismo para su implementación. Para fundamentar esta selección, se han estudiado, entre otros factores, los consumos históricos de los últimos 10 años y realizado mediciones en campo. El objetivo principal es proponer una solución efectiva que mejore la infraestructura eléctrica en la región afectada, garantizando un suministro más estable y resiliente frente a eventos climáticos extremos. Contemplando las limitaciones geográficas, ambientales, económicas y sociales que impone esta problemática con las zonas limítrofes al Alto Uruguay, poniendo foco en el Municipio de Colonia Aurora y áreas circundantes.

Palabras Clave – *Alto Uruguay, Calidad Energética, Colonia Aurora, Desarrollo Energético, Distribución, gestión del riesgo, Infraestructura Eléctrica, Inundaciones, Potencia, Transmisión.*

1 Introducción

Actualmente y continuando con un ciclo periódico de fuertes lluvias que afectan ambos márgenes del Rio Uruguay, el Nordeste Argentina puntualmente zonas aledañas al Alto Uruguay como ser el departamento de 25 de Mayo, han sido víctimas de fuertes inundaciones producto del aumento espontáneo del caudal de dicho afluente, generando pérdidas materiales e imposibilitando el suministro eléctrico a las regiones dependientes de las redes afectadas. Además, debido al deterioro normal de las redes de distribución actuales, existe una marcada y paulatina perdida en la calidad energética provista a la región.

Los problemas en la provisión eléctrica y/o la falta de energía eléctrica son un problema que afecta directamente a las familias, así como a la industrialización de productos. De hecho, los mismos problemas afectan tanto las tareas domésticas como la producción, desde el almacenamiento de alimentos y el ocio, hasta el agua corriente y el procesamiento de materias primas. Esta situación, sumada a los problemas económicos en general, agravados por la producción y comercialización de los productos y la falta o limitación de servicios en necesarios, generalmente impide la supervivencia de una familia, cuyos hijos frecuentemente se mudan a ciudades más grandes para una vida mejor. Como principales problemas se pueden mencionar:

- Altos costos de Energía por utilización de equipos de combustión.
- Falta de diversificación.
- Falta de oportunidades para un amplio sector industrial y turístico, que cuenta con un escaso potencial para aumentar la producción local.
- Dificultad para la expansión demográfica urbana y familiar por medio de su radicación en el campo (desarrollo rural) por falta de infraestructura eléctrica.
- Baja eficiencia de industrias.
- Bajo aprovechamiento de subproductos.

Para solucionar dicha problemática, es necesario plantear las alternativas correspondientes, realizar un análisis detallado de los mismos, permitiendo un contraste y una posterior toma de decisión frente a la selección de la opción factible.

Dados las limitaciones Técnicas, Geográficas, ambientales y sociales actuales se plantean los siguientes casos de estudios titulados:

- Caso I: Reparación, elevación o desvío de la línea actual de 33kV desde Santa Rita a Colonia Aurora.
- Caso II: Línea 33kV desde S.E.T 25 de mayo II hasta S.E.T Colonia Aurora y Colonia Alicia
- Caso III: Línea 33kV desde E.T San Vicente hasta S.E.T Colonia Aurora
- Caso IV: Línea 33kV desde S.E.T El Soberbio hasta S.E.T Colonia Aurora

2 Desarrollo

La crecida del Río Uruguay, producto de las intensas lluvias en el sur de Brasil, a menudo deriva en diversas afectaciones, tanto sociales, como económicas, que además perjudican el acceso a servicios esenciales de forma directa o indirecta, como ser el suministro de energía eléctrica, afectando además a producciones, la extracción u obtención de agua potable.

Este fenómeno climático se produce periódicamente, en diferentes magnitudes y generando daños en muchos casos irreparables. Para los habitantes representa una diversidad de problemas derivados como ser altos costos de energía por la utilización de equipos de combustión, falta de diversificación y oportunidades para un amplio sector industrial y turístico, una dificultad en la expansión demográfica por falta de infraestructura eléctrica, baja eficiencia de industrias y aprovechamiento de potenciales subproductos.

Actualmente el suministro energético es otorgado por la Cooperativa Alto Uruguay Limitada S.R.L (CAUL), la cual posee la concesión energética de la prestataria estatal “Energía de Misiones S.A (EMSA)”, recibiendo la potencia energética en 13,2kV. La CAUL abastece a más de 300 mil has. limítrofe (el área de concesión más grande de todas las cooperativas, que se puede ver en la Fig. 1), para ello EMSA por medio de redes de transmisión en 33kV suministra la potencia demandada en puntos estratégicos donde tiene asentados sus Subestaciones de transformación (S.E.T.). La red de distribución principal cuenta con una longitud de 52,3km desde la Estación transformadora Oberá I hasta la S.E.T Santa Rita y de la misma a 25 de Mayo y Colonia Aurora con una longitud de 17km y 24,5km respectivamente.

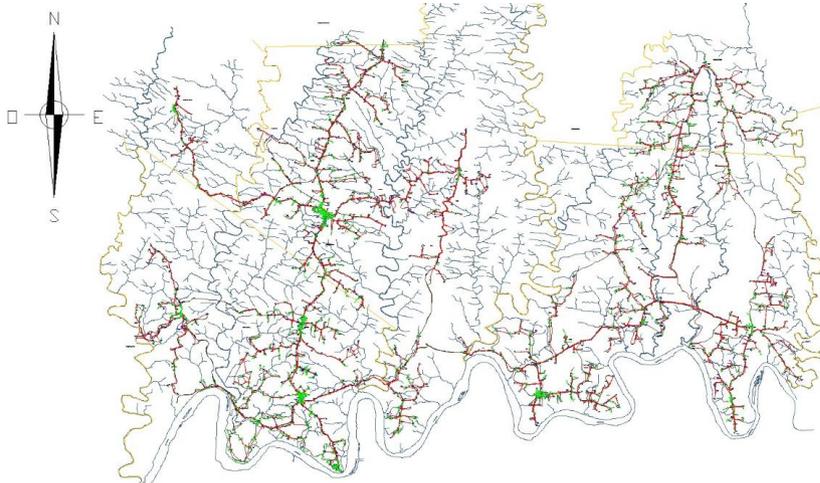


Fig. 1. Área Concesión de Cooperativa Alto Uruguay Limitada

Por medio de dicha red (línea color naranja de la Fig. 2), se alimentan cinco Sub-Estaciones Transformadoras (S.E.T), cuya potencia instalada representan 23 MVA distribuidos en:

- S.E.T. Campo Ramon (2,5 MVA)
- S.E.T. Colonia Acaraguá (1 MVA)
- S.E.T. Santa Rita (2,5 MVA)
- S.E.T. 25 de Mayo I (8,5 MVA)
- S.E.T. Colonia Aurora (8,5 MVA)

Actualmente se encuentran en ejecución proyectos importantes que forman parte de las obras complementarias del “Programa de Transmisión Eléctrica del Norte Grande” titulados como:

- Línea Doble Terna de 33 kV Aristóbulo del Valle. Cruce Ruta Nac. 14 y Ruta Prov. 9.
- Línea de 33 kV 25 de Mayo. Cruce Ruta Nac. 14 y Ruta Prov. 9.
(red completa en color celeste en Fig. 2)
- Subestación Transformadora de 33/13.2 kV 25 de Mayo. (SET 25 de mayo II en Fig. 2)
- Línea de Doble Terna San Vicente de 33kV. Ruta Nac. 14. (red en color rosado en Fig. 2)

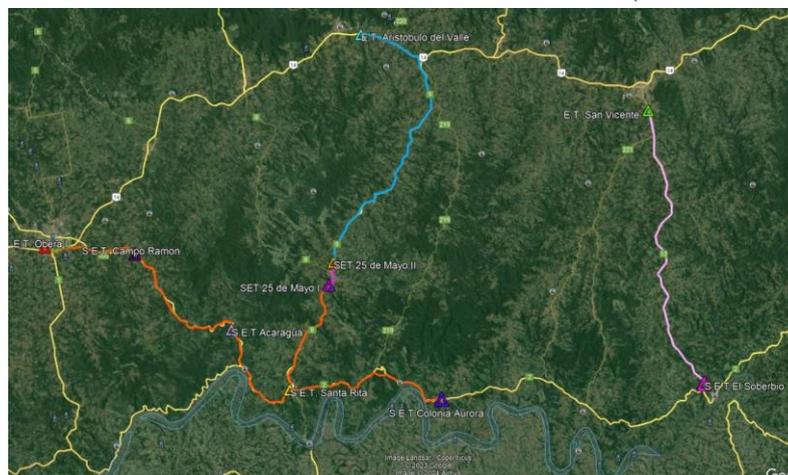


Fig. 2 Red de transmisión en 33kV y Subestaciones transformadoras existentes.

La red de transmisión de 33kV fue fundada en 1977, con un conductor de sección 95mm², debido a una situación similar (inundación) ocurrida en el año 1993, como medida preventiva en aquella oportunidad se elevaron en varios tramos la línea de 33 kV. Como así también parte de la ruta que en esa época era terrada, sin embargo, años más tarde, se vuelve a presentar este inconveniente insalvable.

Dados los registros existentes, actualmente se conocen dos focos de inundación de dicha red, una sobre la ruta Provincial 2 (punto paralelo al puente del Canal Torto) tramo Oberá I – Santa Rita y otro sobre la misma ruta, entre la localidad de Santa Rita y Colonia Aurora, este último posee una extensión de 2,7 km² de zona inundable y que representa un peligro potencial para la correcta prestación de servicio vital eléctrico.

El primer punto mencionado deja a tres de las cinco SET mencionadas sin suministro eléctrico, el último registro de este suceso es del año 2014, donde los operarios de la prestadora de servicio, con el afán de mantener por más tiempo el cumplimiento de la demanda, utilizaron tambores plásticos, los cuales elevaban la red a medida que crecía el nivel del río (ver Fig. 3)



Fig. 3 Canal Torto, punto de afectación en red de transmisión 33kV y Registro Fotográfico de inundación año 2014.

El Área de concesión de la cooperativa proveedora de energía abarca toda la extensión del departamento de 25 de mayo, una porción del departamento de Oberá (Municipio de campo Ramon) y San Vicente (hasta Cruce Londero Rutas 222 y 221), en su totalidad la cooperativa suministra energía a 20 localidades entre colonias, parajes y picadas.

Para conocer, relevar, dimensionar y analizar la problemática mencionada, se realizaron visitas de campo a lo largo de la red, desde su origen hasta el foco de análisis de la problemática, visitando y relevando cada subestación existente. Se realizaron registros fotográficos y mediciones para su posterior análisis.

Se realizaron mediciones de Corriente en las SET mencionadas y en puntos críticos y estratégicos que permitieran conocer el comportamiento de las cargas en ese momento particular (ver Tabla 1).

Tabla 1 - Mediciones de Corrientes en las redes de transmisión existentes.

ET	Fase	Tensión		Entrada	Salidas						hora
		Ve [kV]	Vs [kV]	Ie [A]	Is [A]	Is [A]	Is [A]	Is [A]	Is [A]	Is [A]	
Campo Ramon		33	33 13,2		no se pudo medir						07:13
Acaraguá		33	13,2	4 4 4	5 5 6						08:12
Santa Rita		33	13,2	28 24 24	68 48 60						09:12
Bifurcación 25 de Mayo - Aurora	T S R	33	33		25 de Mayo 45 45 43	Aurora 32 30 27					09:34
Aurora		33	13,2	33 35 40	82 73 92	28 25 24	60 39 66				12:22
25 de Mayo 1		33	13,2	41 42 44	31 39 41	17 22 340	35 27 39	44 36 36	87 95 110	17 22 34	16:11

Es posible observar que las cargas entre fases poseen un comportamiento desequilibrado, lo que es comprensible dado que el área de concesión analizado está formada por un 25% de usuarios en zonas urbanas, mientras que el 75% restante recibe el servicio en la zona rural, lo que dificulta el manejo y la distribución de cargas.

Con el uso de la tecnología que posee la SET de Colonia Aurora, es posible obtener un registro de los parámetros eléctricos desde el año 2018 por medio de los interruptores reconectores de entrada y salidas, de los cuales se pueden destacar los parámetros que se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2 – Registro Obtenido en el Reconector de entrada de SET Colonia Aurora.

Tensión de Línea 33kV Entrada SET			Variación de Tensión bajo la referencia de 33kV	Demanda Potencia Activa Máxima desde su instalación	Registro de Corrientes		
Fases	VI [kV]	^°	Medición Inst.	kW	Fase	I[A]	I _{max} [A]
RS	30.83	30	7%	1219	A	35	69
ST	30.95	-91	6%	1215	B	29	70
TR	30.46	149	8%	1230	C	31	70
			Total	3669	Q	4	8
					G	0	11

Tabla 3 – Registro de tensiones instantáneas en los Reconectores de salida en SET Colonia Aurora.

Tensión de línea 13,2kV Salida 1 SET			Tension de linea 13,2kV Salida 2 SET		
Fases	Vl [kV]	^°	Fases	Vl [kV]	^°
RS	13.71	-30	RS	13.68	-30
ST	13.6	91	ST	13.61	91
TR	13.38	-150	TR	13.44	-150
Fase	Vf [kV]	^°	Fase	Vf [kV]	^°
A	7.76	0	A	7.85	0
B	8	121	B	8.04	121
C	7.74	-120	C	9.06	-120

Además de realizar mediciones eléctricas, se comprobaron las alturas existentes de las postaciones en puntos críticos (ver Fig. 4):



Fig. 4. Puntos de mediciones de altura de conductor más bajo en red de transmisión 33kV.

Dado que se conocen las dimensiones de los instrumentos utilizados (bastón dieléctrico de 6,5 metros) y con la posterior medición de las distancias en los operadores, se concluye que los conductores inferiores se encuentran a una distancia adecuada con las medidas de seguridad con respecto al suelo de aproximadamente 7,5 metros en la mayoría de los tramos de su recorrido.

En este recorrido, se relevaron las placas metálicas de las postaciones y conductores, como se puede observar en la Fig. 5 y Fig. 6, las postaciones no cuentan con numeración y las existentes ya no sirven para su correcta referencia, debido a los cambios en la cantidad y ubicaciones como se detalló anteriormente y en otras oportunidades. Existe un gran deterioro en los conductores debido a la potencia y cantidad de fallas que ya soportaron.



Fig. 5. Postación de madera en red de transmisión 33kV sin numeración correspondiente.



Fig. 6. Deshilado en red de transmisión 33kV AI-AI.

Con datos provistos por la prestadora de energía (CAUL), se elaboraron estimaciones del crecimiento de la demanda en el área de concesión y de la zona puntual de análisis considerando el aumento en la demanda de los usuarios en cada año y el incremento en la cantidad de clientes de la prestataria, con los datos y variables provistos es posible determinar una proyección mediante una regresión lineal que se muestra en la Fig. 7.

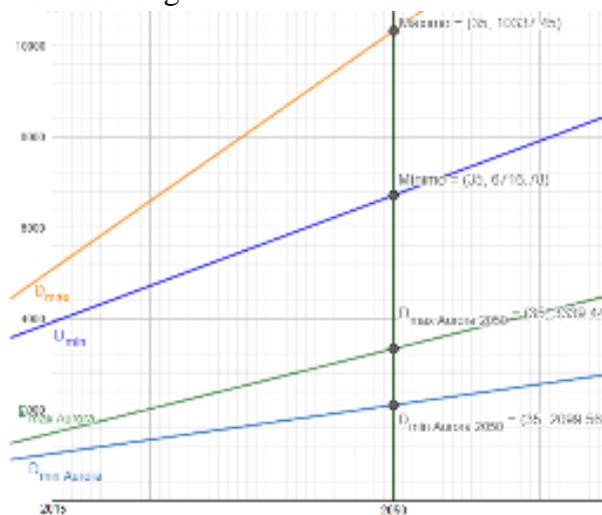


Fig. 7. Proyección de Crecimiento de la demanda en Área de Concesión en análisis.

Esta proyección de 25 años fue elaborada considerando la tendencia de los últimos años, para tener una primera aproximación de la demanda que podría requerirse. Cabe destacar que esta podría ser mayor dependiendo del impacto que tuviere el siguiente proyecto ante las residencias y cargas industriales futuras. La proyección se irá ajustando según la información referida a las cargas e instalaciones existentes.

Análisis de Caso I: Reparación, elevación o desvío de la línea actual de 33kV desde Santa Rita a Colonia Aurora.

Para realizar el análisis se deberá hacer un relevamiento y toma de conocimiento de las alturas de afectaciones hidráulica y posiciones de los conductores, como se puede ver en la Fig. 8. Lo cual permitirá desarrollar la mancha de inundación característica de la zona analizada, con lo cual posteriormente se podría realizar un estudio de movimiento, elevación y reparación de la red existente. Como base de estudio se toma la cota 130 (metros sobre nivel del mar [msnm]) que en principio representa una porción de las zonas de afectación.

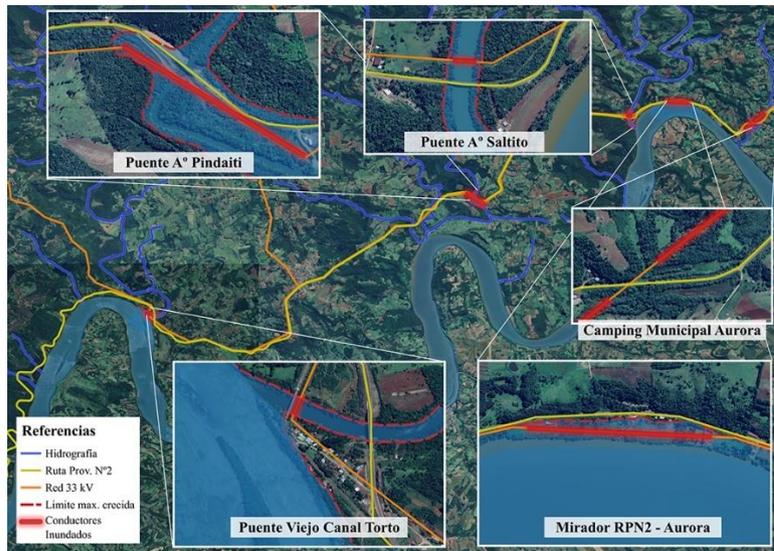


Fig. 8. Alcance de Inundación en red de transmisión 33kV y zonas de mayor afectación.

Considerando los registros históricos de nivel hidrográficos de la cuenca, registros fotográficos y mediciones realizadas en campo, se desarrolló un análisis y simulación del avance o crecimiento de la cuenca hidrográfica en la zona aledaña al río Uruguay. De la cual es posible definir los puntos donde este fenómeno natural afecta a la servidumbre energética.

En términos eléctricos, el deterioro de la red y el crecimiento de la demanda a futuro, muestran que optar por esta opción podría solucionar a corto plazo, pero a mediano o largo plazo continuarían o agravaría la situación en términos de potencia de transmisión y calidad energética para las zonas dependientes.

Por medio de las mediciones y registros que posee la prestadora, se confirmó un gran déficit en la zona de Colonia Alicia y alrededores por depender de la salida N°2 de SET Colonia Aurora y su gran extensión (30km) en 13,2kV, lo cual genera una gran caída de tensión, limitando así el desarrollo de residencias e industrias en la zona.

Análisis Caso II: Línea 33kV desde S.E.T 25 de mayo II hasta S.E.T Colonia Aurora y Alicia:

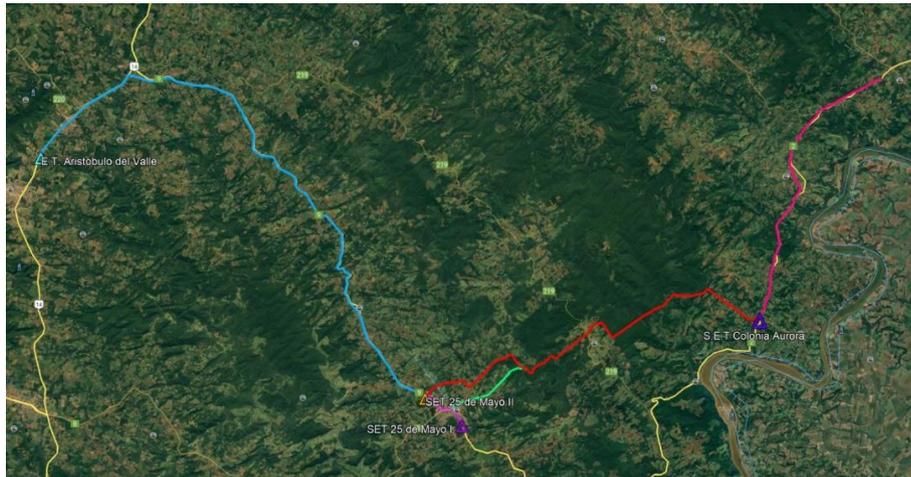


Fig. 9. Propuesta de traseado para anillado eléctrico desde 25 hasta Colonia Alicia.

Esta alternativa consta de realizar una línea de 33kV desde la SET 25 de Mayo II hasta SET Colonia Aurora con una longitud aproximada de 30km (línea roja de la Fig. 9), lo cual implicaría extender la línea de 33 kV en ejecución, resultado eléctricamente una extensión final de línea con 100 km aproximadamente. Además, resultaría difícil y de un mayor costo de ejecución debido a la falta de rutas y caminos vecinales para su linderera construcción. En contraposición permitiría generar un anillado eléctrico en la zona de Colonia Aurora.

Análisis Caso III: Línea 33kV desde E.T San Vicente hasta S.E.T Colonia Aurora

Esta alternativa consta de realizar una línea nueva de 33kV desde la SET de 132kV en San Vicente hasta SET Colonia Aurora por rutas provinciales con una longitud aproximada de 68km (línea azul de la Fig. 10), lo cual permitiría generar un anillado eléctrico en la zona de Colonia Aurora, sectorizando y generando la posibilidad del diseño y construcción posterior de una estación de transformación de 33kV en Colonia Alicia Alta (como centro de carga).

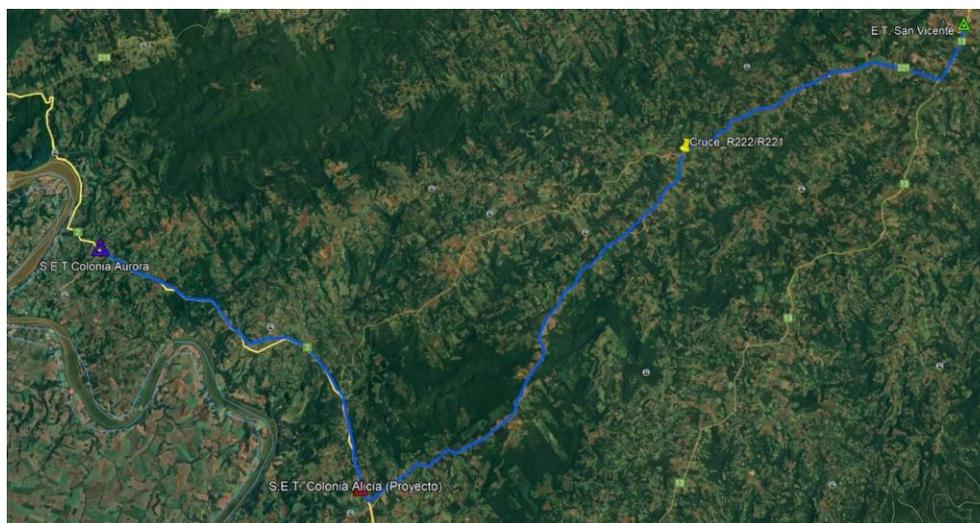


Fig. 10. Propuesta de traseado eléctrico desde San Vicente hasta Colonia Aurora.

Análisis Caso IV: Línea 33kV desde S.E.T El Soberbio hasta S.E.T Colonia Aurora

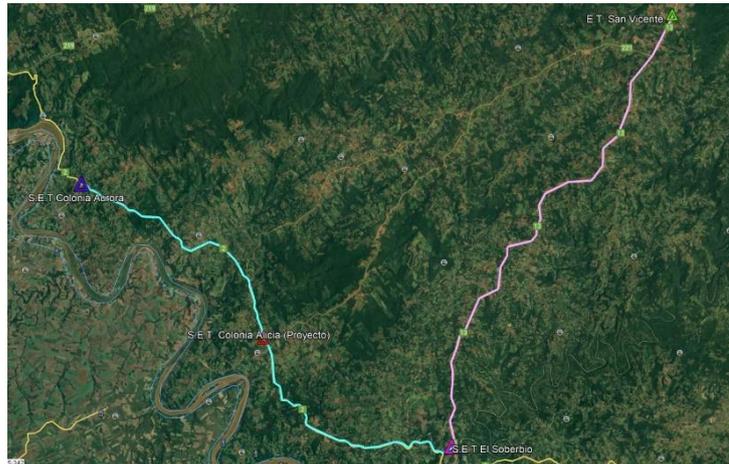


Fig. 10. Propuesta de trasado para anillado eléctrico desde El Soberbio hasta Colonia Aurora.

Esta alternativa consta de realizar una línea de 33kV desde la SET El Soberbio hasta SET Colonia Aurora con una longitud aproximada de 44km (línea celeste de la Fig. 10), lo cual implicaría extender la línea de 33 kV en ejecución (línea rosa de la Fig. 10). Esta alternativa requeriría un emplazamiento estructural limítrofe a la ruta provincial N°2, reduciendo así los costos por servidumbre y su impacto ambiental por la vegetación natural. Además, permitiría generar un anillado eléctrico en la zona de Colonia Aurora, quitando su dependencia energética de la actual red utilizada exclusivamente.

3 Conclusiones

Considerando los análisis realizados hasta el momento y las limitaciones conocidas de las diferentes alternativas planteadas, es de mayor viabilidad y factibilidad para los requerimientos la implementación de un anillado eléctrico por medio de la generación de una línea nueva en 33kV desde la ET de El Soberbio hasta Colonia Aurora como se propone en el caso de estudio número 4. Queda sujeto a continuar con los análisis correspondientes y la comparación de los diferentes casos hasta tener las herramientas y demostraciones necesarias para la toma de decisión final.

4 Referencias

- [1] “COLONIA AURORA, ALICIA Y ZONAS DE INFLUENCIA SEGUIRAN SIN ENERGIA POR LA CRECIDA DEL RIO” *Caul*. [Online]. Available: <https://www.caul.com.ar/articulo/colonia-aurora.-alicia-y-zonas-de-influencia-seguiran-sin-energia-por-la-crecida-del-rio.php>
- [2] “COLONIA AURORA. ALICIA Y ZONAS DE INFLUENCIA CONTINUAN SIN ENERGIA” *Caul*. [Online]. Available: <https://www.caul.com.ar/articulo/colonia-aurora.-alicia-y-zonas-de-influencia-continuan-sin-energia.php>
- [3] “Uruguay exporta energía a Brasil en medio de las catastróficas inundaciones” *Ámbito*. [Online]. Available: <https://www.ambito.com/uruguay/exporta-energia-brasil-medio-las-catastroficas-inundaciones-n5997895>
- [4] Adriana Piperno y Pablo Sierra. “INUNDACIONES EN EL URUGUAY: APORTES DESDE EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL” [Online]. Available: http://www.augm-cadr.org.ar/archivos/7-mo-coloquio/mesa_7/20080349.pdf