

Criterios para el diseño de redes eléctricas de media tensión en la puna

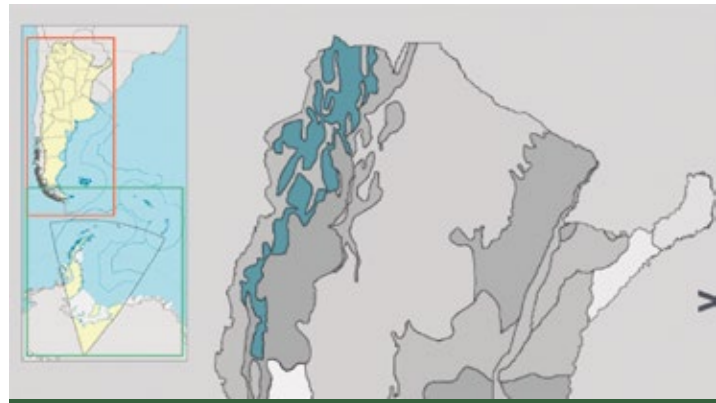
Las condiciones geográficas y climatológicas de la puna presentan desafíos a la hora de diseñar líneas de alimentación eléctrica. Aquí, algunas claves para no fracasar en el intento.

Wiring Electric
wiringelectric.com.ar

Glosario de siglas

- » APUAYE: Asociación de Profesionales Universitarios del Agua y la Energía Eléctrica
- » BIL: *Basic Insulation Level*, 'nivel básico de aislamiento'
- » EJESA: Empresa Jujeña de Energía SA
- » FIE: Foro de Ingeniería Eléctrica
- » NOA: Noroeste Argentino
- » PVC: *Polyvinyl Chloride*, 'cloruro de polivinilo'
- » SADI: Sistema Argentino de Interconexión

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8494>



Ámbito de aplicación: la puna

La puna argentina se ubica en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca, en el noroeste de la República, entre 3.600 y 4.000 msnm. Las temperaturas promedian veinte grados durante el día y menos diez durante la noche. En verano, se destacan los fenómenos atmosféricos. Esta zona, extremadamente árida y con salares, es también uno de los centros mundiales para la producción de litio.

El auge minero atrae la atención a la región, y las industrias requieren instalaciones de energía para su construcción y operación. La infraestructura se encuentra en crecimiento. Al respecto, vale decir que las mineras requieren grandes longitudes de línea; Exar, por ejemplo, suma cien kilómetros entre sus instalaciones de 33 y 13,2 kV. La distribución interna para alimentar los pozos se realiza, en general, con líneas aéreas de 13,2 kV (50 km). Y salvo el caso puntual de Exar, los sistemas de generación y las líneas y transformadores de media y baja tensión configuran sistemas aislados. En su mayoría, las subestaciones transformadoras son del tipo aéreas con potencias entre 25 y 300 kVA.

Las condiciones climáticas y geográficas de la puna implican desafíos técnicos a la hora de electrificar la región. A continuación, un detalle acerca de los principales factores que se deben tener en cuenta a la hora de proyectar, ejecutar y operar redes eléctricas de media tensión en la puna:

altura sobre el nivel del mar, nivel cerámico, radiación solar, polución salina, vientos y amplitud térmica.

Las condiciones climáticas y geográficas de la puna implican desafíos técnicos a la hora de electrificar la región

Altura sobre el nivel del mar

El aire se utiliza como un medio de aislamiento eléctrico en el diseño de equipos eléctricos. La densidad y resistencia del aire son muy buenas a nivel del mar, sin embargo, se vuelve más escaso a mayor altitud, por lo tanto, pierde propiedades aislantes. A una presión de aire más baja, hay menos aislamiento entre los conductores eléctricos, lo que genera una mayor probabilidad de arco eléctrico. Además, la presión reducida hace que el aire se descomponga con mayor facilidad, lo que conduce a la ionización y hace que la electricidad sea más fácil de conducir.

A una presión de aire más baja, hay menos aislamiento entre los conductores eléctricos

Altitud	Presión barométrica normal	Factor de multiplicación para la distancia de separación
2.000 msnm	80 kPa	1
3.000 msnm	70 kPa	1,05
4.000 msnm	62 kPa	1,29
5.000 msnm	54 kPa	1,48

Tabla 1. Correcciones en las distancias eléctricas

Más sobre este tema:

Los próximos 20 y 21 de mayo de 2026, Foro de Ingeniería Eléctrica en Jujuy, organizado por la Secretaría de Energía de Jujuy, APUAYE, el Colegio de Ingenieros de Jujuy e Ingeniería Eléctrica:

- » Bloque "Del éxito de Cauchari al cuello de botella del SADI"
- » Bloque "La red de la puna y el desafío de la 'última milla' minera"
- » Y muchos bloques más.

Más información: fie.editores.com.ar

Un problema es que no todo el equipamiento eléctrico está preparado para trabajos a 4.000 msnm. Se deben realizar las correcciones en las distancias eléctricas, que deben realizarse para trabajos a frecuencia industrial (50 hz) e impulso. (Ver tabla 1).

Para el caso de la puna, el factor de corrección será de 1,48, lo que lleva las distancias en 33 kV prácticamente a dimensiones de instalaciones de 66 kV a nivel del mar.

Nivel cerámico: descargas atmosféricas

El nivel cerámico de la puna está entre sesenta y ochenta tormentas al año. El impacto de rayos sobre la línea de media tensión produce sobretensiones que viajan y se reflejan a lo largo de toda la línea. Las sobretensiones generadas afectan a todo el equipamiento conectado (transformadores, reconectores, cargas, etc.).

A fin de evitar este tipo de inconvenientes, es necesario calcular adecuadamente la coordinación de aislación y los niveles básicos de aislación (BIL).

Es necesario calcular adecuadamente la coordinación de aislación y los niveles básicos de aislación

Un diseño efectivo de protección es imperioso: para las líneas de media tensión, con un conjunto de hilo de guardia, descargadores y puesta a tierra, y para las estaciones transformadoras, pararrayos, puesta a tierra y descargadores de sobretensión.

Radiación solar

El nivel de radiación solar en la puna está entre los 7 y 7,5 kWh/m²/día en verano. Esto implica degradación química (degradación molecular y pérdida de propiedades físicas); decoloración, debido a la degradación de pigmentos y colorantes; fragilización, lo que aumenta el riesgo de agrietamiento y rotura; pérdida de resistencia mecánica, ergo materiales más propensos a la deformación y al fallo bajo carga; formación de microgrietas en la superficie, lo que puede debilitar la integridad estructural; pérdida de flexibilidad de los polímeros, lo que afecta su capacidad para soportar cargas dinámicas, y formación de burbujas y ampollas en recubrimientos y películas delgadas.



En tanto la radiación solar afecta la madera, el PVC y los polímeros, sus efectos perjudiciales se ven en los componentes de las líneas de media tensión y el equipamiento de operación y mantenimiento construidos con esos materiales: postes, crucetas, soportes de cables, cables aislados, canalizaciones, aisladores, cobertura de descargadores y cables aislados tendidos sobre superficie padecen la radiación solar.

Ambiente salino: agresividad del suelo

El ambiente salino es el responsable de la corrosión porque los iones de cloruro de la sal pueden catalizar reacciones electroquímicas que corroen la superficie del metal. Asimismo, la formación de óxidos en la superficie del metal puede afectar su apariencia y su integridad estructural.

A su vez, cuando el viento arrastra las partículas de sal, causa erosión por abrasión en la superficie del metal. La corrosión compromete la adhesión y la efectividad de los recubrimientos y pinturas, y el hidrógeno penetra en la estructura del metal y lo hace más propenso a la fractura bajo carga.

En las líneas de media tensión, estos fenómenos explican el deterioro de todos los componentes metálicos: conductores, soportes, bulonería; el deterioro de las puestas a tierra, y la formación de capas superficiales de aisladores que al contacto con agua de lluvia se vuelven conductores.

Dadas estas condiciones, se deben tener en cuenta condiciones especiales en los tratamientos superficiales de los componentes; seleccionar las cadenas de aisladores correctas (líneas de fuga corregidas para niebla salina), y que previo a la temporada de lluvias se hagan las mediciones de puesta a tierra y el lavado de aisladores.

Vientos

Los vientos producen efectos mecánicos sobre líneas: presión del viento sobre estructuras y conductores; disminución de distancias dieléctricas en el vano; esfuerzos mecánicos en los cabezales y componentes, y fundaciones de estructuras.

Es fundamental una correcta selección de las hipótesis de carga de la línea en la etapa de diseño mecánico, con una combinación de viento y temperaturas. Los profesionales deben contar con especialización en el tema.

También se deben recolectar los datos climatológicos reales e históricos y saber que no resulta adecuado el uso de los mapas de zonas climáticas generales.

Por último, la calidad de los componentes que se utilicen debe estar garantizada.

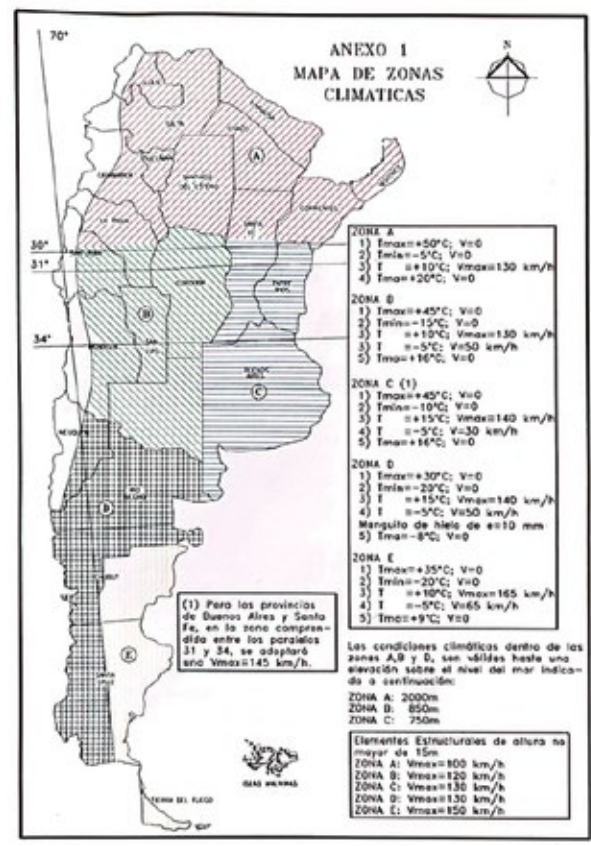
Amplitud térmica y cambios de presión

La permanente dilatación y contracción por efecto de la temperatura impacta en los componentes de los materiales: afecta a metales, polímeros, madera y líquidos tales como el aceite de los transformadores.

Conclusiones

Un diseño del sistema eléctrico de media tensión que no tenga en cuenta los factores ambientales de la puna conducirá a un acortamiento prematuro de la vida útil, baja tasa de confiabilidad y mayor tiempo en paradas de planta por fallas.

Las desatenciones en la etapa de proyectos después se traducen en mayores gastos en equipos o tareas de mantenimiento y reparación, alto nivel de stock de repuestos, mayores costos por





reemplazos de equipos críticos, altos costos de reparaciones y reemplazos y una necesidad de reinversión o reingeniería para mejorar la confiabilidad.

Las desatenciones en la etapa de proyectos después se traducen en mayores gastos en equipos o tareas de mantenimiento y reparación

Acerca de Wiring Electric

Wiring Electric es una empresa de servicios eléctricos para plantas de generación de energía y redes eléctricas de media y alta tensión, con gran experiencia de trabajo en la puna. Con personal certificado y equipos de última generación, su capacidad incluye servicios de ingeniería para plantas solares (líneas de media y alta tensión, estaciones transformadoras, pararrayos, puestas a tierra y sistemas de control), para construcción (civil, electromecánica, eléctrica, de control), para puesta en servicio (transformadores, cables y celdas de media tensión, interruptores, termografía y protecciones eléctricas) y para operación y mantenimiento (mantenimiento de generadores y de líneas de 33 y 13,2 kV, operación de plantas solares).

La empresa estuvo a cargo de la puesta en servicio de las plantas solares Cauchari, de 300 MW; Guañizuil IIA, de 117 MW, y Cafayate, de 800 MW

La empresa estuvo a cargo de la puesta en servicio de las plantas solares Cauchari, de 300 MW; Guañizuil IIA, de 117 MW, y Cafayate, de 800 MW. Asimismo, concluyó la construcción y puesta en servicio de la estación transformadora de 345 kV de la planta solar Puna, de 200 MW.

Actualmente, tiene a su cargo el mantenimiento de todo el sistema eléctrico de la minera Exar (líneas de media tensión, generadores, bombas y compresores), así como la ejecución de líneas de media tensión y subestaciones para EJESA. Mientras tanto, suma tareas para las plantas de Exar, Sales de Jujuy, Hanaq, Eramine, Posco, Gangfeng, Cauchari e Internandes. ■

