Para: **Edwin Guzmán**
De: **Camila Zúñiga**
Fecha: **26 de agosto de 2026**

Contenido

Introducción....3
Validación de parámetros meteorológicos....3
Precipitación....3
Humedad relativa....4
Presión atmosférica....4
Temperatura del aire....5
Radiación global....5
Evaporación....6
Velocidad del viento y dirección del viento....7
Relleno de parámetros meteorológicos....10
Evaporación....11
Dirección del viento....12
Humedad relativa....13
Presión atmosférica....14
Radiación global....15
Temperatura del aire....16
Velocidad del viento....17
Conclusiones....19
Referencias....19

Índice de Figuras

Figura 1. Precipitación diaria para el mes de junio.....4
Figura 2. Humedad relativa promedio diaria para el mes de junio.....4
Figura 3. Presión atmosférica promedio diaria para el mes de junio.....5
Figura 4. Temperatura del aire promedio diaria para el mes de junio.....5
Figura 5. Radiación global promedio diaria para el mes de junio.....6
Figura 6. Evaporación diaria para el mes de junio.....6
Figura 7. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Alta Montaña para el mes de junio.....7
Figura 8: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Borde Este para el mes de junio.7

Figura 9. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Cuenca Salar de Atacama para el mes de junio. 8
Figura 10: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Agua de Quelana para el mes de junio 8
Figura 11: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Soncor para el mes de junio. ... 9
Figura 12. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Núcleo para el mes de junio. 9
Figura 14. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Peine y Tilopozo para el mes de junio 9
Figura 15. Matriz de correlación para la evaporación. 12
Figura 16. Matriz de correlación para la dirección del viento. 13
Figura 17: Matriz de correlación para la humedad relativa. 14
Figura 18: Matriz de correlación para la presión atmosférica. 15
Figura 19: Matriz de correlación para la radiación global. 16
Figura 20: Matriz de correlación para la temperatura del aire. 17
Figura 21: Matriz de correlación para la velocidad del viento 18

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas. 3
Tabla 2: Parámetros rellenados para el mes de junio. 10
Tabla 3: Parámetros rellenados para el mes de junio (continuación). 11
Tabla 4: Estaciones utilizadas para el relleno de evaporación 11
Tabla 5: Estaciones utilizadas para el relleno de la dirección del viento. 12
Tabla 6: Estaciones utilizadas para el relleno de la humedad relativa. 13
Tabla 7: Estaciones utilizadas para el relleno de la presión atmosférica. 14
Tabla 8: Estaciones utilizadas para el relleno de la radiación global. 16
Tabla 9: Estaciones utilizadas para el relleno de la temperatura del aire. 17
Tabla 10: Estaciones utilizadas para el relleno de la velocidad del viento. 18

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico (Tabla 1) para el mes de junio de 2026 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de Novandino en Salar de Atacama en el marco del cumplimiento de la RCA N° 20260200182 y el compromiso ambiental voluntario CAV-23 “Monitoreo de Variables Hidrometeorológicas”.

Tabla 1. Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.

Estación	Precipitación	Humedad	Presión atmosférica	Radiación	Temperatura aire	Evaporación	Velocidad del viento	Dirección del viento
Cordillera de la Sal	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Chaxa	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
KCL	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
SOP	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Interna LZA9-1	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Quelana LZA3-1	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Domeyko	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
Llano de la Paciencia	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
Cerro Cosor	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
El Tatio	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA3-2	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LAZA3-3	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA7-1	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA7-2	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA10-1	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA12-1	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LAZ12-2	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA12-3	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊

El relleno se llevó a cabo con la herramienta desarrollada en Python por la consultora Flow Hidro. A continuación, se detallan los hallazgos y validación de cada variable.

Validación de parámetros meteorológicos

Precipitación

La Figura 1 muestra la precipitación diaria acumulada. Cerro Cosor midió 0,1 mm de lluvia el día 18 de junio y el resto de los registros brutos mayores a cerro corresponden a pruebas de pluviometría y/o mediciones anómalas, los cuales fueron invalidados.

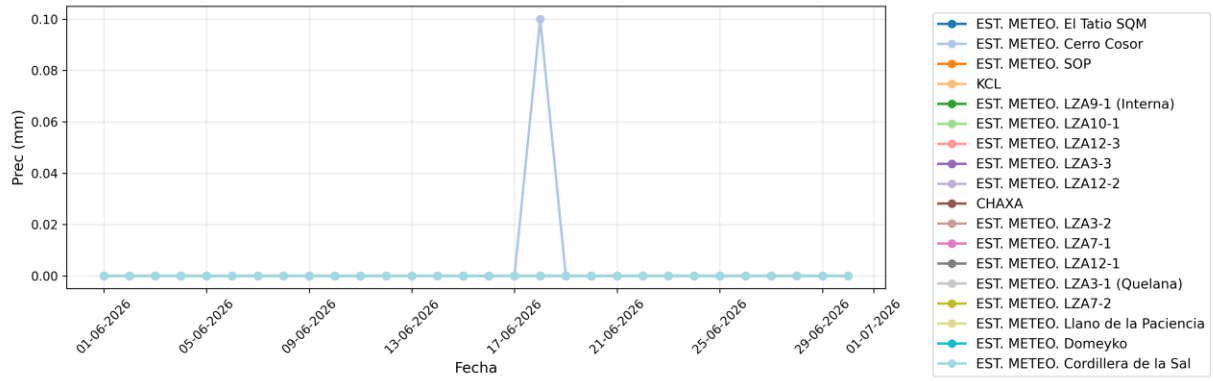

Figura 1. Precipitación diaria para el mes de junio.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria durante el mes de junio. Las estaciones de alta montaña registraron para esta variable valores superiores al 60 %. En El Tatio, esto ocurrió el 9 de junio; mientras que en Cerro Cosor se observó entre el 10 y 11, y nuevamente el 18 de junio, coincidiendo este último registro con la precipitación medida.

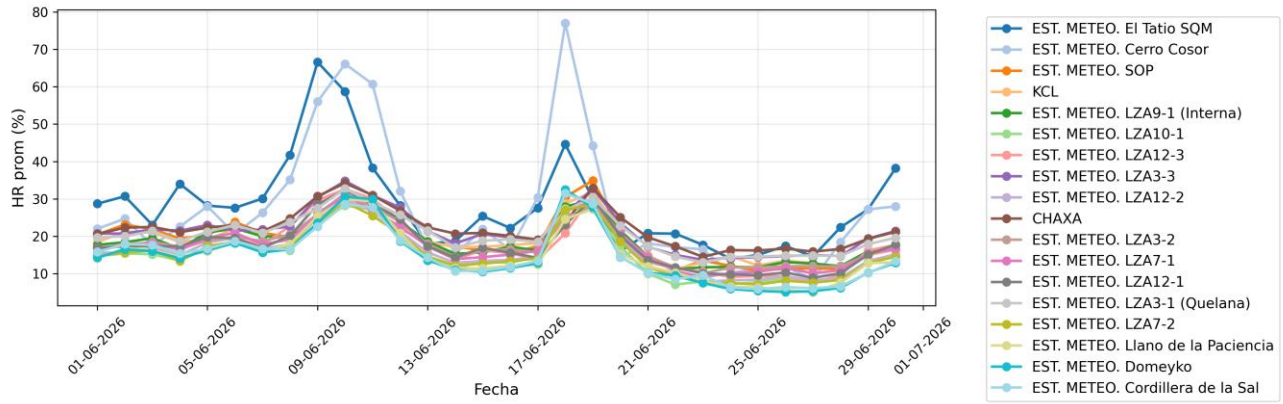

Figura 2. Humedad relativa promedio diaria para el mes de junio.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para junio se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuenta con los registros de menor magnitud, ya que ambas están ubicadas sobre los 4.000 m.s.n.m.

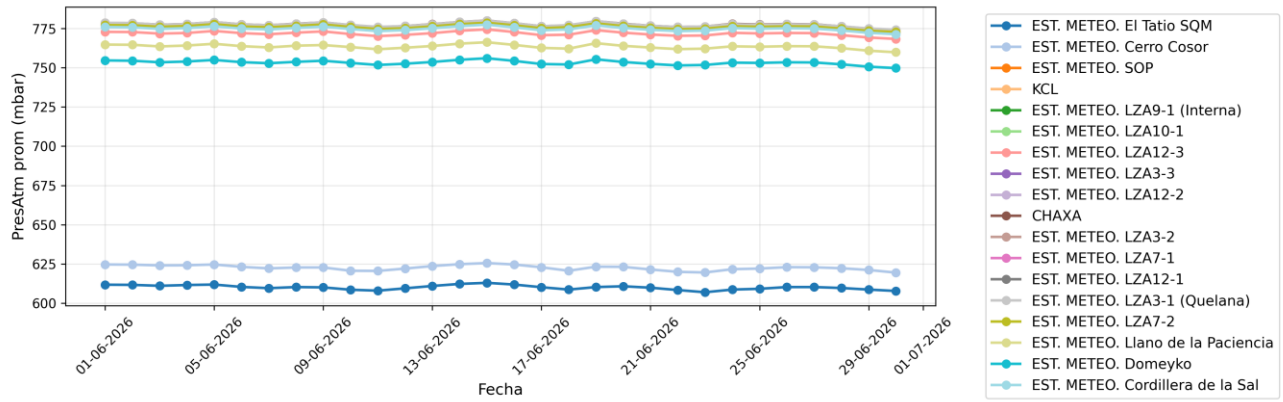

Figura 3. Presión atmosférica promedio diaria para el mes de junio.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra las temperaturas promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica. El resto de las estaciones presentan una tendencia en descenso hasta el 24 de junio, con un leve ascenso hasta final de mes.

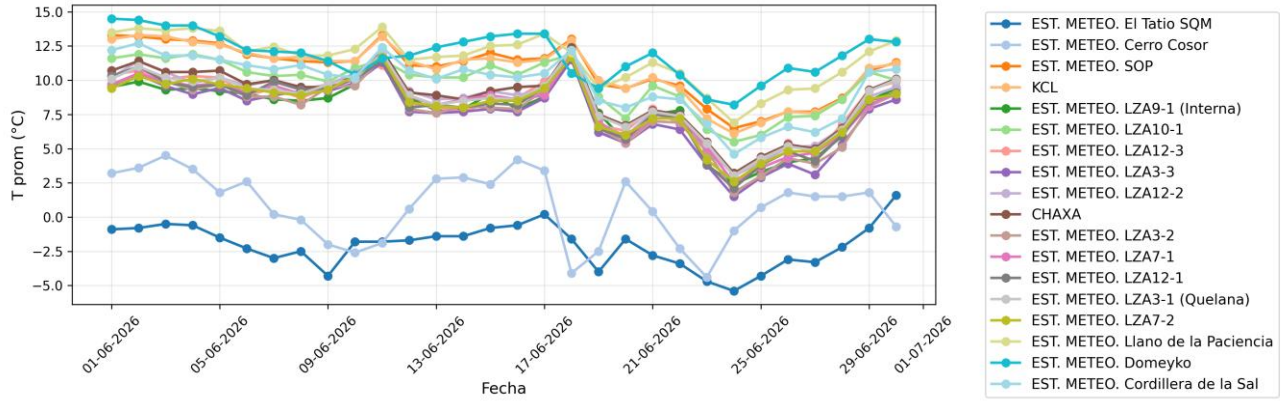

Figura 4. Temperatura del aire promedio diaria para el mes de junio.

Radiación global

La Figura 5 muestra la radiación promedio diaria, se observa un descenso en toda la red los días 9, 17 y 18 de junio. En Chaxa y SOP se detectaron anomalías recurrentes en horarios específicos, atribuidas a interferencia del piranómetro por sombras de la infraestructura, según la información de las visitas de mantención.

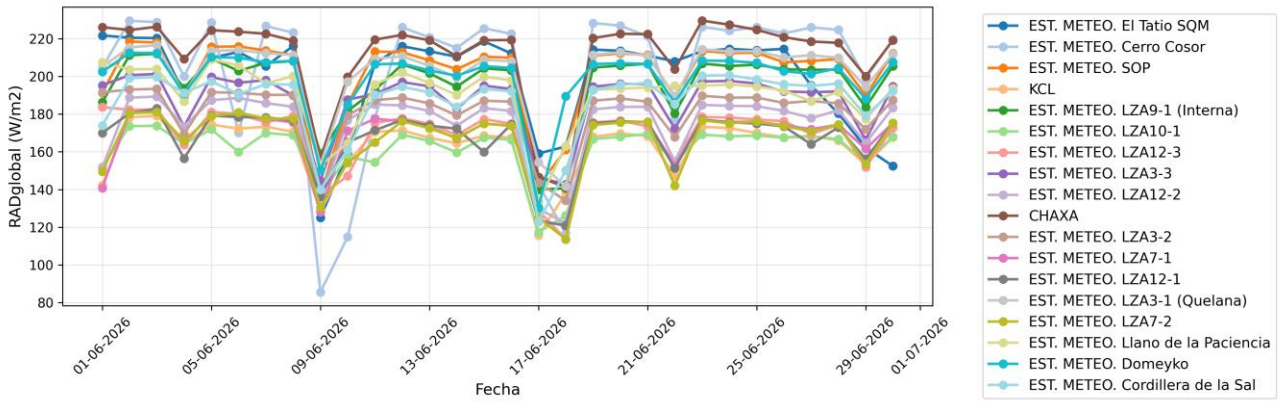

Figura 5. Radiación global promedio diaria para el mes de junio.

Evaporación

En la Figura 6 se muestra la evaporación diaria. La estación LZA3-1 muestra una mayor tasa de evaporación entre el 1 y 17 de junio, lo cual puede correlacionarse con unas leves oscilaciones durante el día observadas en los registros de nivel de agua capturado por el sensor de presión.

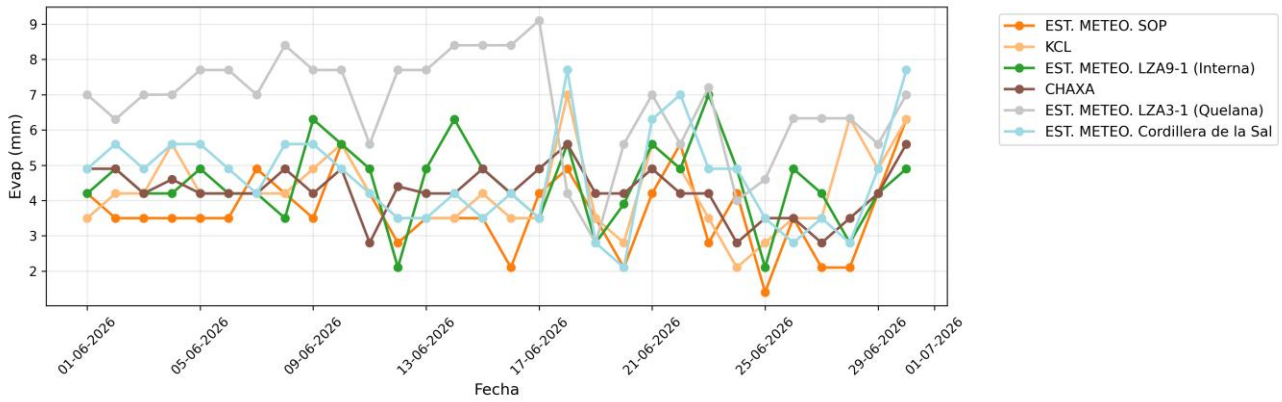

Figura 6. Evaporación diaria para el mes de junio.

Se implementó un preprocesamiento para los registros cada 1 minuto del nivel de la bandeja de evaporación con el fin de reducir el ruido instrumental y evitar sobreestimaciones en la evaporación diaria, manteniendo la coherencia con la metodología histórica.

El análisis se aplicó solo a datos válidos y dentro de un rango físico (12–250 mm). Para eliminar fluctuaciones no físicas se utilizó un filtro Hampel con ventana de 60 minutos, y luego un suavizado mediante mediana móvil.

Velocidad del viento y dirección del viento

Desde la Figura 7 a Figura 13 muestran rosas de los vientos construidas a partir de los datos de velocidad y dirección del viento de toda la red de estaciones meteorológicas de NOVANDINO, agrupadas por sistemas y sectores.

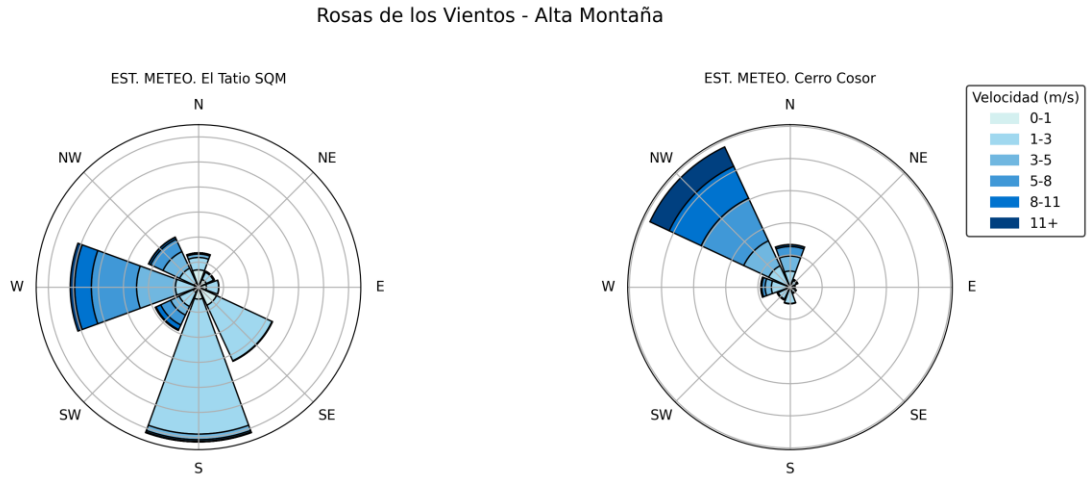

Figura 7. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Alta Montaña para el mes de junio.

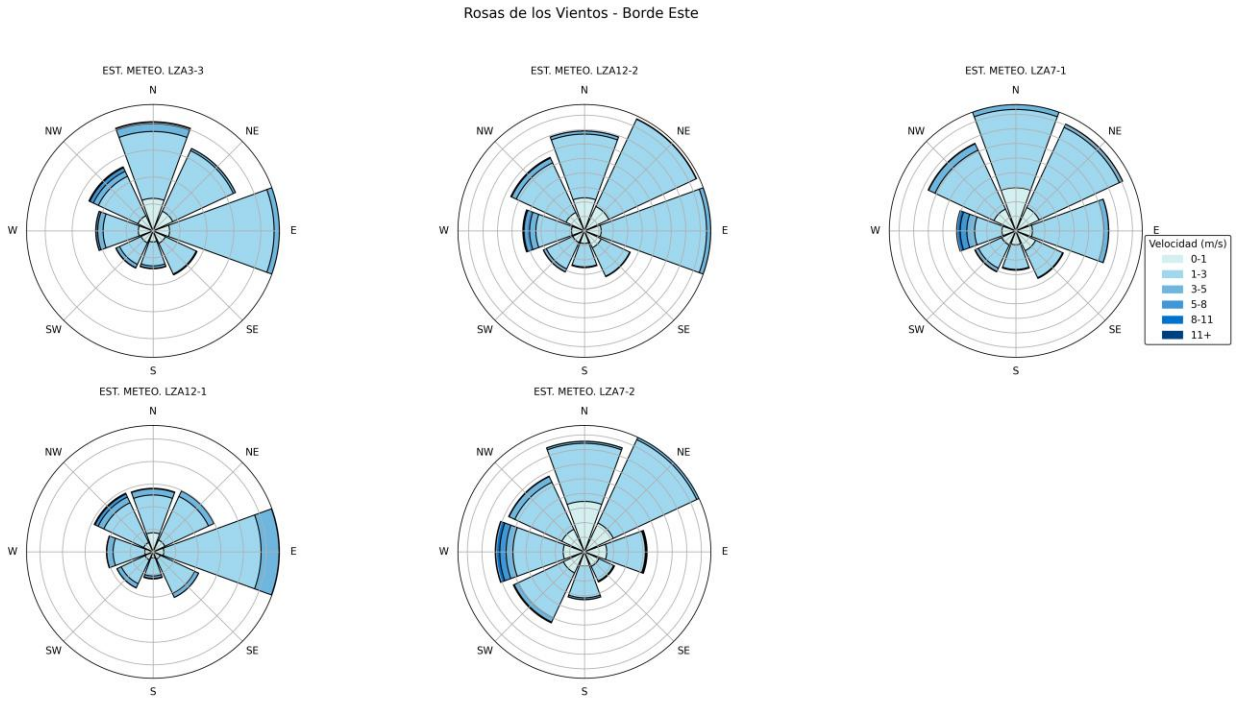

Figura 8: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Borde Este para el mes de junio.

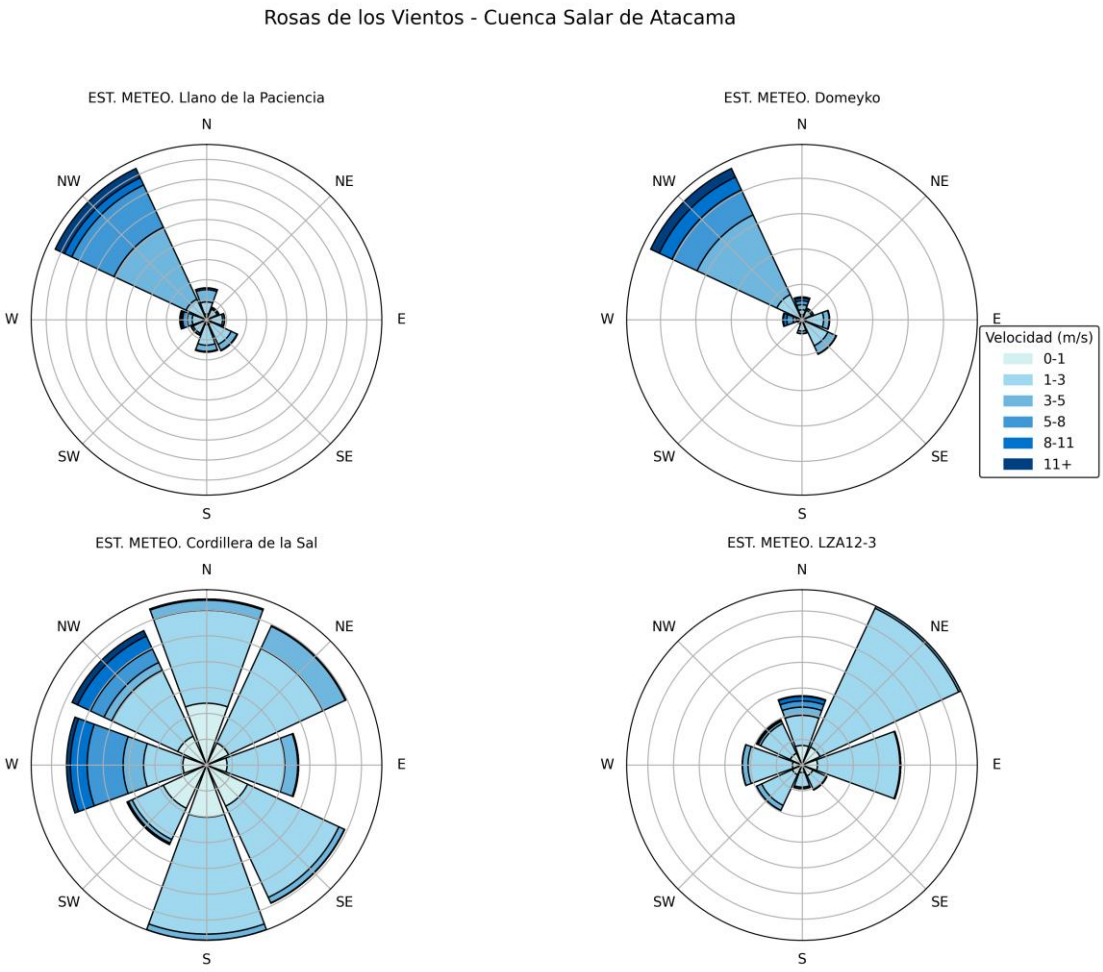

Figura 9. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Cuenca Salar de Atacama para el mes de junio.

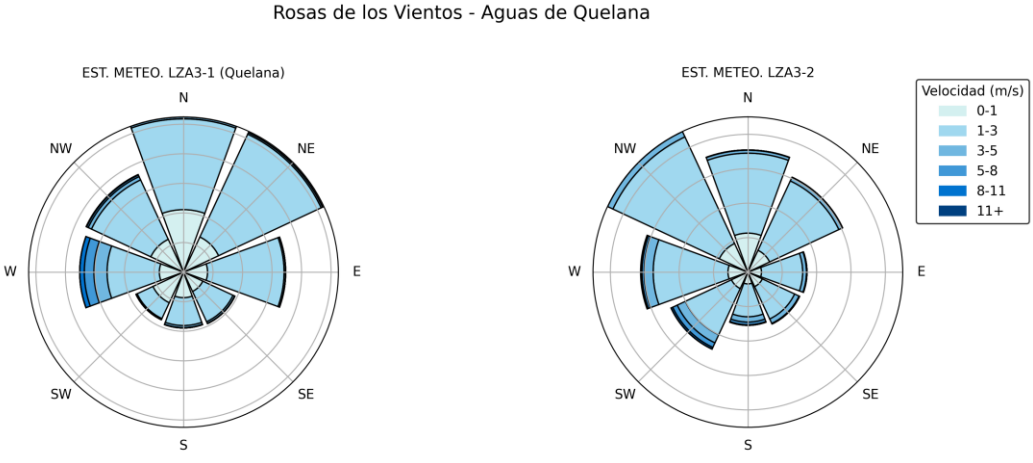

Figura 10: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Agua de Quelana para el mes de junio.

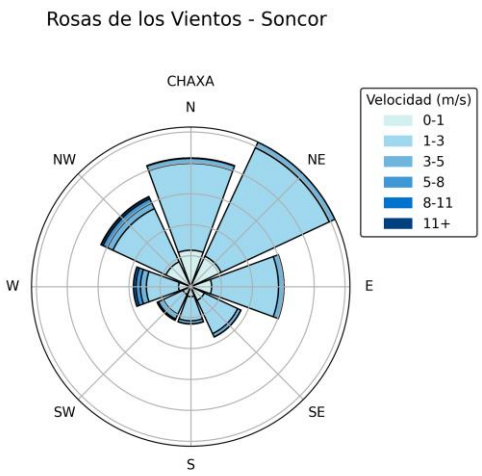

Figura 11: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Soncor para el mes de junio.

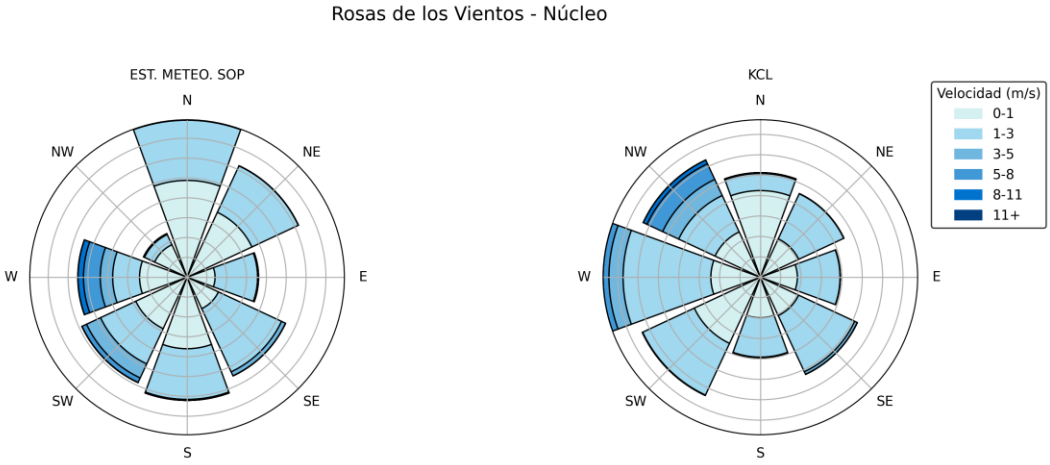

Figura 12. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Núcleo para el mes de junio.

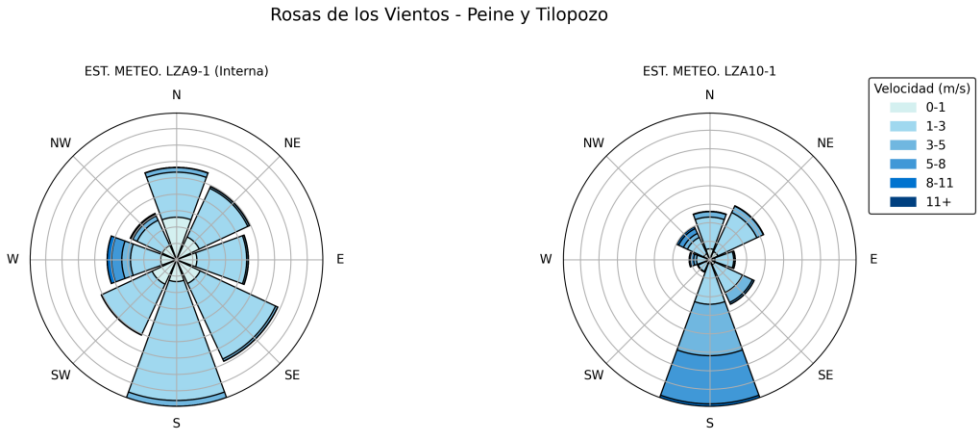

Figura 13. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Peine y Tilopozo para el mes de junio.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 y Tabla 3 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenados debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. En el mes de junio, se procedió a la reconfiguración de las estaciones para incrementar la frecuencia de captura de información de 5 minutos a 1 minuto. Asimismo, se rellenaron los datos correspondientes al día de la configuración con el objetivo de prevenir valores atípicos en los promedios.

En junio de 2025 se instaló una estación Lufft en LZA12-2, seguida por la instalación en LZA3-3, LZA12-1 y LZA7-2 en abril, y en LZA12-3, LZA3-2, LZA7-1 y LZA10-1 en mayo. Estas estaciones miden presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento; cualquier futuro relleno de estas variables debe considerar este antecedente hasta contar con la cantidad suficiente de información.

El relleno se llevó a cabo con la herramienta desarrollada en Python por la consultora Flow Hidro (2023).

Tabla 2: Parámetros rellenados para el mes de junio.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
EST. METEO. LZA12-1	3 de junio de 2026	Dirección del viento	Falla de transmisión satelital
		Humedad relativa	
		Presión atmosférica	
		Radiación global	
		Temperatura del aire	
		Velocidad del viento	
		Precipitación	
EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	19 al 30 de junio de 2026	Dirección del viento	Estación compacta LUFFT desconectada desde visita de mantención el 19 de junio
		Humedad relativa	
		Presión atmosférica	
		Radiación global	
		Temperatura del aire	
		Velocidad del viento	
	24 al 25 de junio de 2026	Evaporación	Pan de evaporación seco
EST. METEO. LZA3-3	6 de junio de 2026	Dirección del viento	Ajuste horario en PLC. Registros brutos en UTC-2 desde el 21/03/2026 hasta 06/06/2026.
		Humedad relativa	
		Precipitación	
		Presión atmosférica	
		Radiación global	
		Temperatura del aire	
		Velocidad del viento	
EST. METEO. Llano de la Paciencia	2 al 3 y 7 y 10 al 11 de junio de 2026	Dirección del viento	Falla transmisión satelital
		Humedad relativa	
		Presión atmosférica	
		Temperatura del aire	
		Velocidad del viento	

Tabla 3: Parámetros rellenados para el mes de junio (continuación).

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
EST. METEO. Llano de la Paciencia	2 al 3 y 7 y 10 al 11 de junio de 2026	Precipitación	Falla transmisión satelital
	2 al 3 y 7 y 9 al 11 de junio de 2026	Radiación global	

La bandeja del pan de evaporación tiene una altura de 250 mm, se consideró una altura del 5% como condición de borde de mínima altura de columna de agua válido y así evitar considerar mediciones erróneas por parte del LT. Los registros menores a 12 mm fueron invalidados.

La precipitación se registró como 0 mm, dado que, en los días con pérdida de información en estaciones específicas, la red meteorológica de Novandino y estaciones de INIA no reportaron precipitaciones.

La estación LZA3-3 fue visitada para realizar una mantención el 21 de marzo de 2026, ocasión en que el PLC quedó configurado erróneamente en UTC-2. Esto difiere del resto de la red, cuyos PLC operan en UTC 0, mientras que los datos son almacenados en las bases de Novandino como UTC-4. La configuración horaria fue corregida el 6 de junio de 2026.

Para el cálculo de los parámetros diarios, se extrajeron los registros afectados y se realizó su conversión de UTC-2 a UTC-4, sin modificar la base de datos original. Posteriormente, dichos registros fueron invalidados e etiquetados un comentario que documenta esta condición. Asimismo, el día del ajuste horario fue rellenado, debido a que dos horas del registro quedaron comprometidas.

Evaporación

En la Tabla 4 se detalla las estaciones utilizadas para el relleno de evaporación y la matriz de correlación de esta variable se presenta en la Figura 14.

Tabla 4: Estaciones utilizadas para el relleno de evaporación.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Evaporación	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	CHAXA

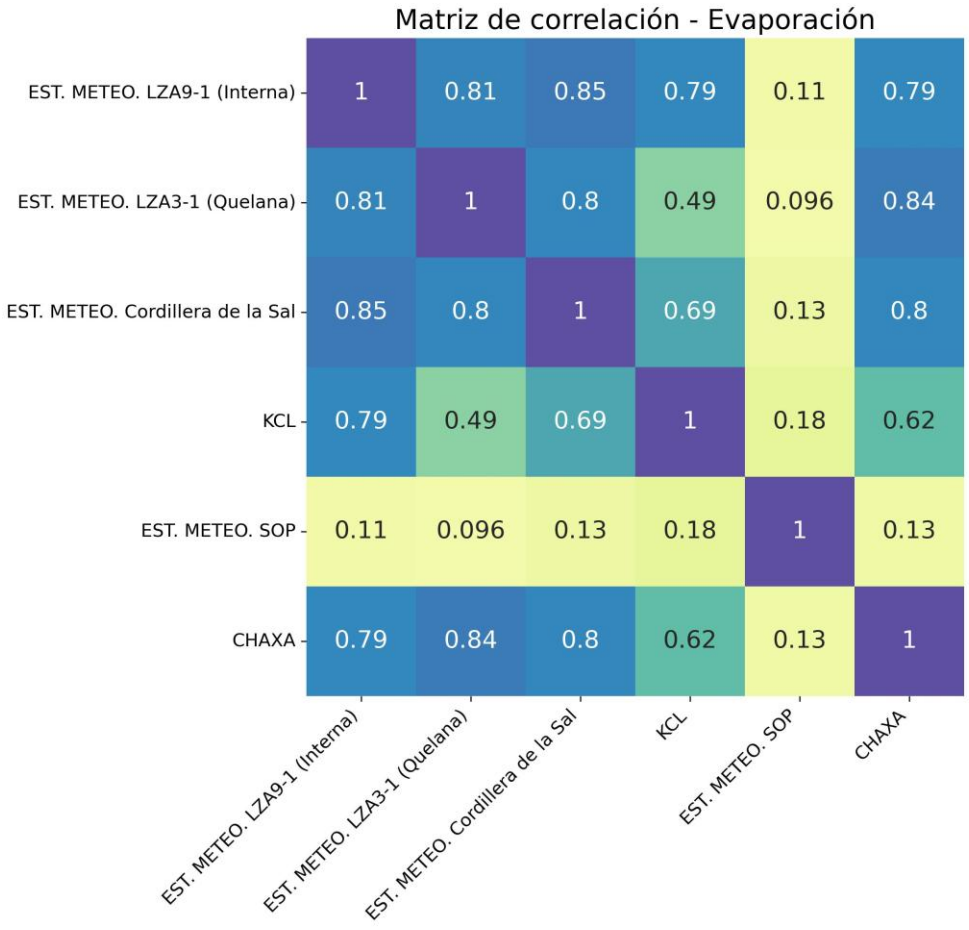

Figura 14. Matriz de correlación para la evaporación.

Dirección del viento

En la Tabla 5 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno y en la matriz de correlación para la dirección del viento se presenta en la Figura 15.

Tabla 5: Estaciones utilizadas para el relleno de la dirección del viento.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Dirección del viento	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA3-3
Dirección del viento	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	EST. METEO. LZA7-1
Dirección del viento	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA12-1
Dirección del viento	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. Domeyko

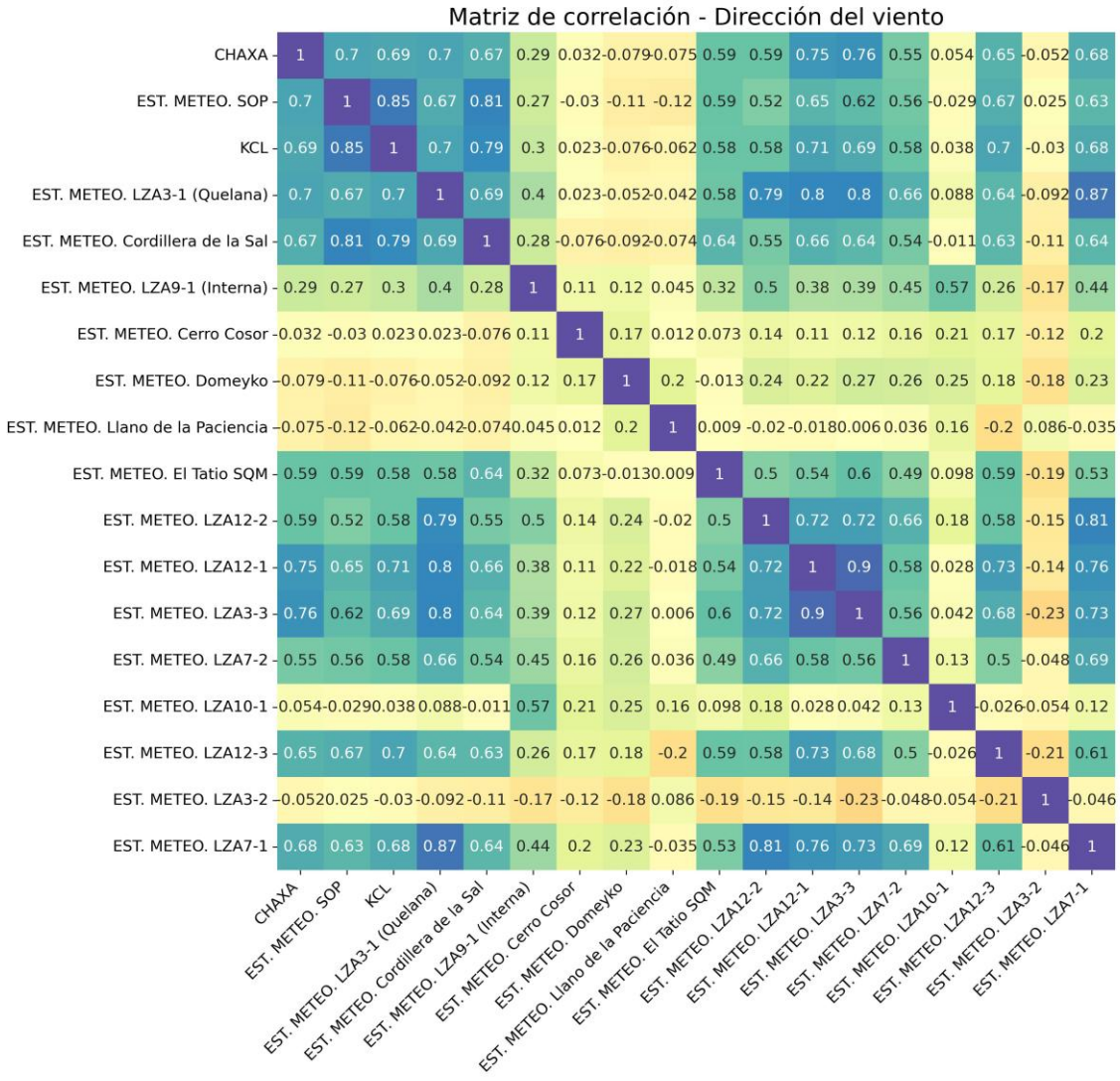

Figura 15. Matriz de correlación para la dirección del viento.

Humedad relativa

En la Figura 16 se presenta la matriz de correlación para la dirección del viento y en la Tabla 6 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno.

Tabla 6: Estaciones utilizadas para el relleno de la humedad relativa.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Humedad relativa	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA12-2
Humedad relativa	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	EST. METEO. LZA3-2
Humedad relativa	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA12-1
Humedad relativa	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. Domeyko

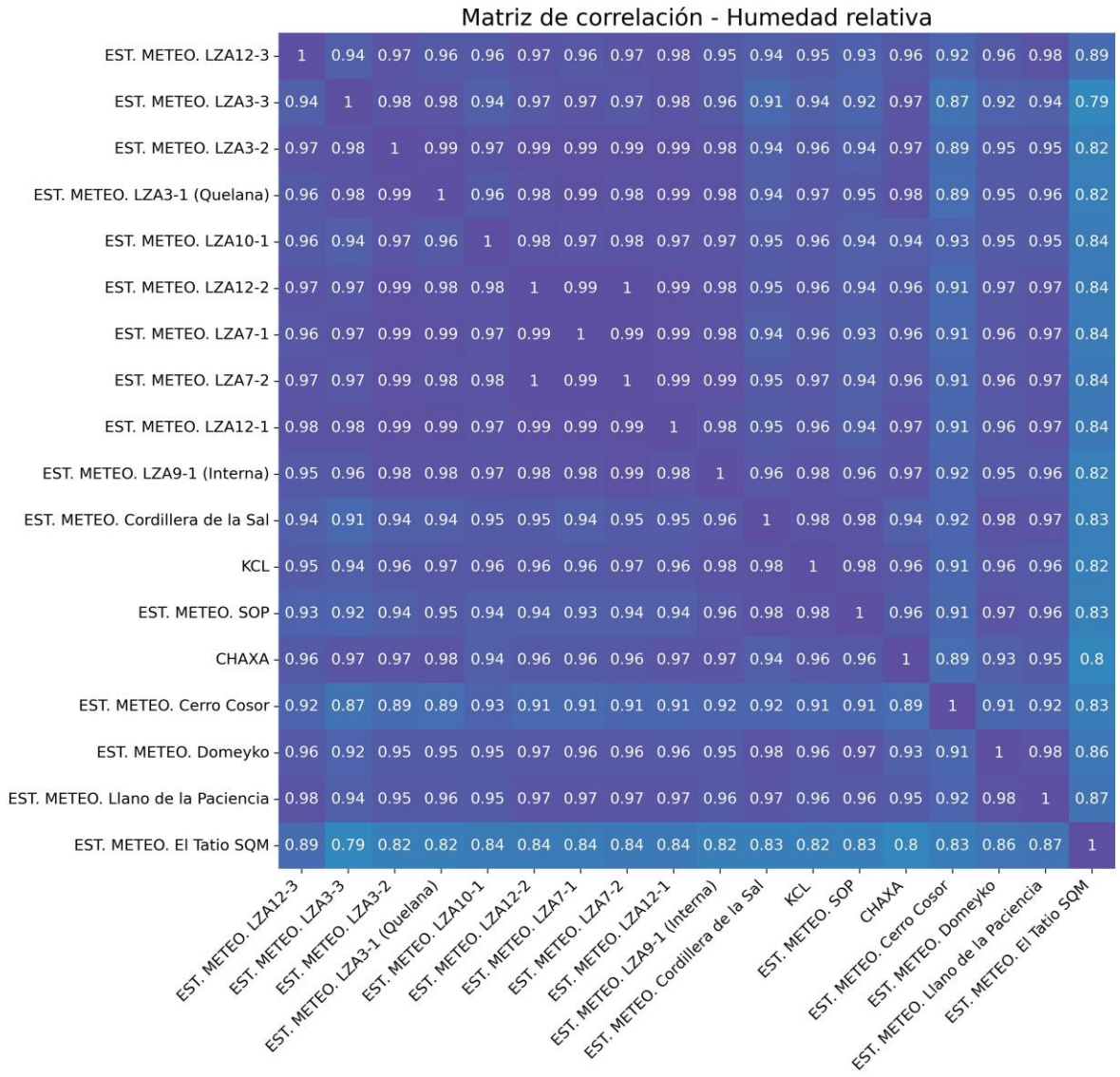

Figura 16: Matriz de correlación para la humedad relativa.

Presión atmosférica

En la Tabla 7 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno y en la matriz de correlación para la dirección del viento se presenta en la Figura 17.

Tabla 7: Estaciones utilizadas para el relleno de la presión atmosférica.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Presión atmosférica	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA3-3
Presión atmosférica	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	EST. METEO. LZA3-2
Presión atmosférica	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA12-1
Presión atmosférica	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. Domeyko

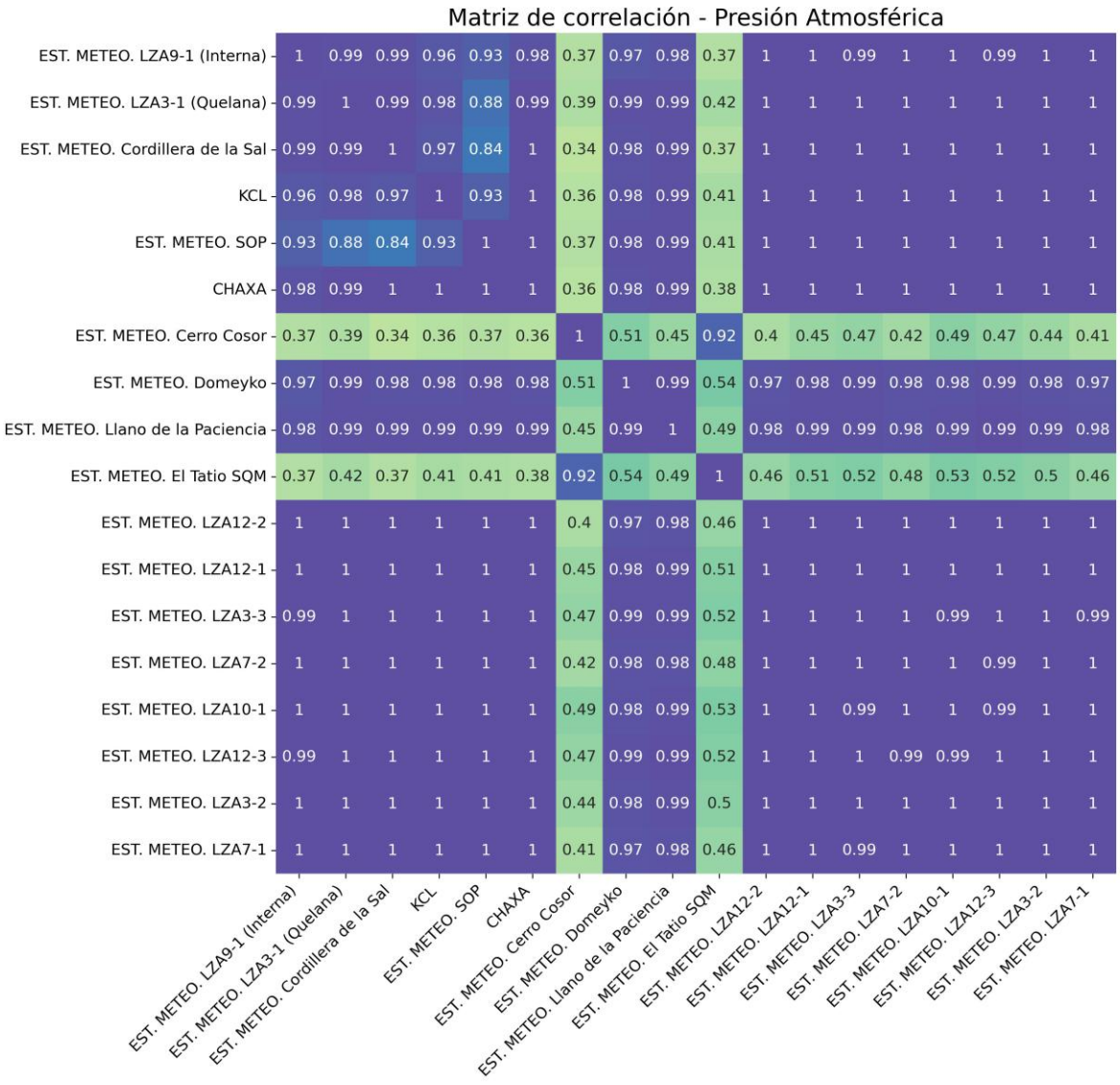

Figura 17: Matriz de correlación para la presión atmosférica.

Radiación global

En la Figura 18 se presenta la matriz de correlación para la radiación global y en la Tabla 8 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno.

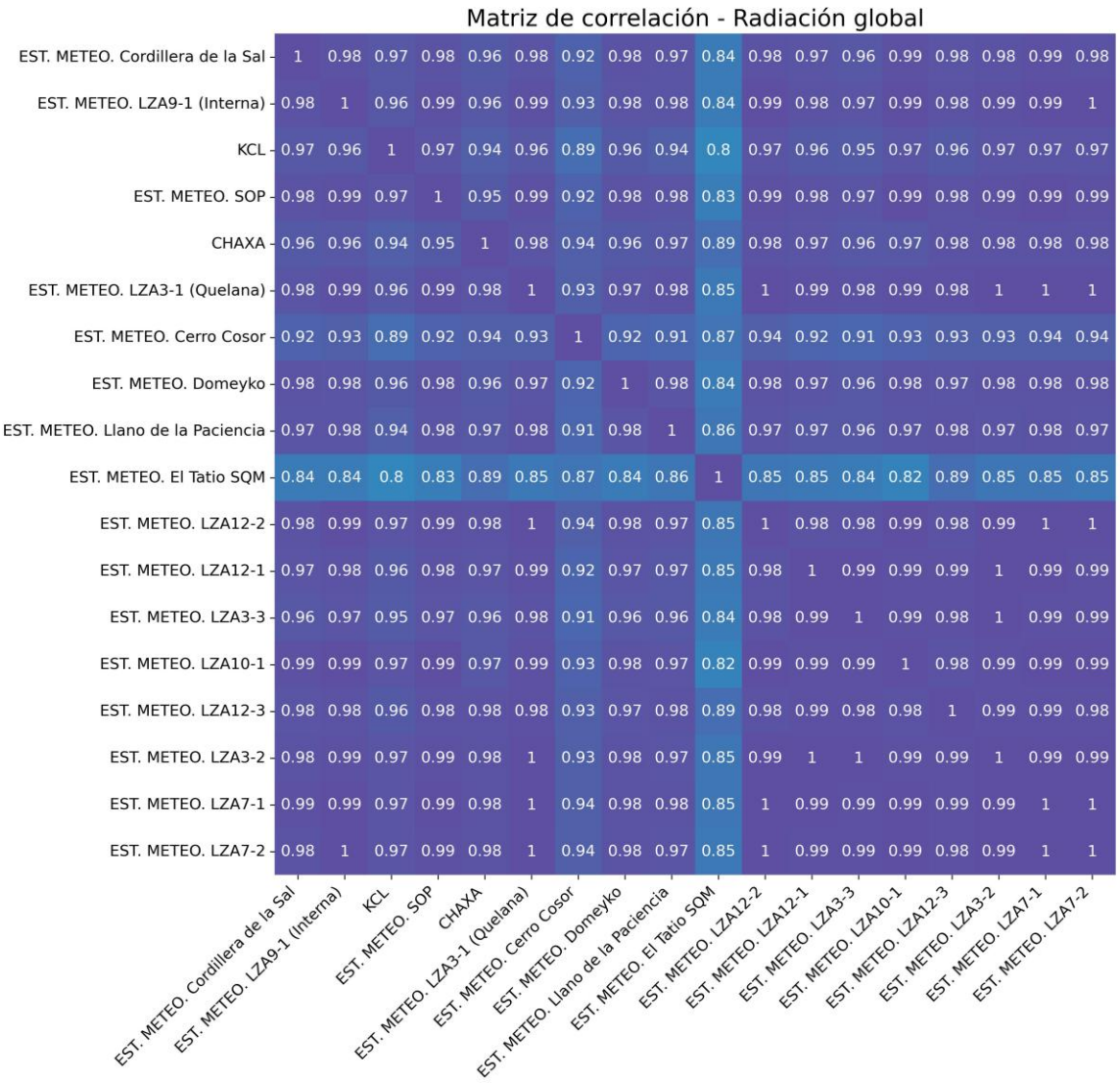

Figura 18: Matriz de correlación para la radiación global.

Tabla 8: Estaciones utilizadas para el relleno de la radiación global.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Radiación global	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA3-2
Radiación global	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	EST. METEO. LZA3-2
Radiación global	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA3-2
Radiación global	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. LZA12-3

Temperatura del aire

En la Tabla 9 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno y la matriz de correlación para la dirección del viento se presenta en la Figura 19.

Tabla 9: Estaciones utilizadas para el relleno de la temperatura del aire.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Temperatura del aire	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA3-3
Temperatura del aire	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	CHAXA
Temperatura del aire	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA12-1
Temperatura del aire	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. SOP

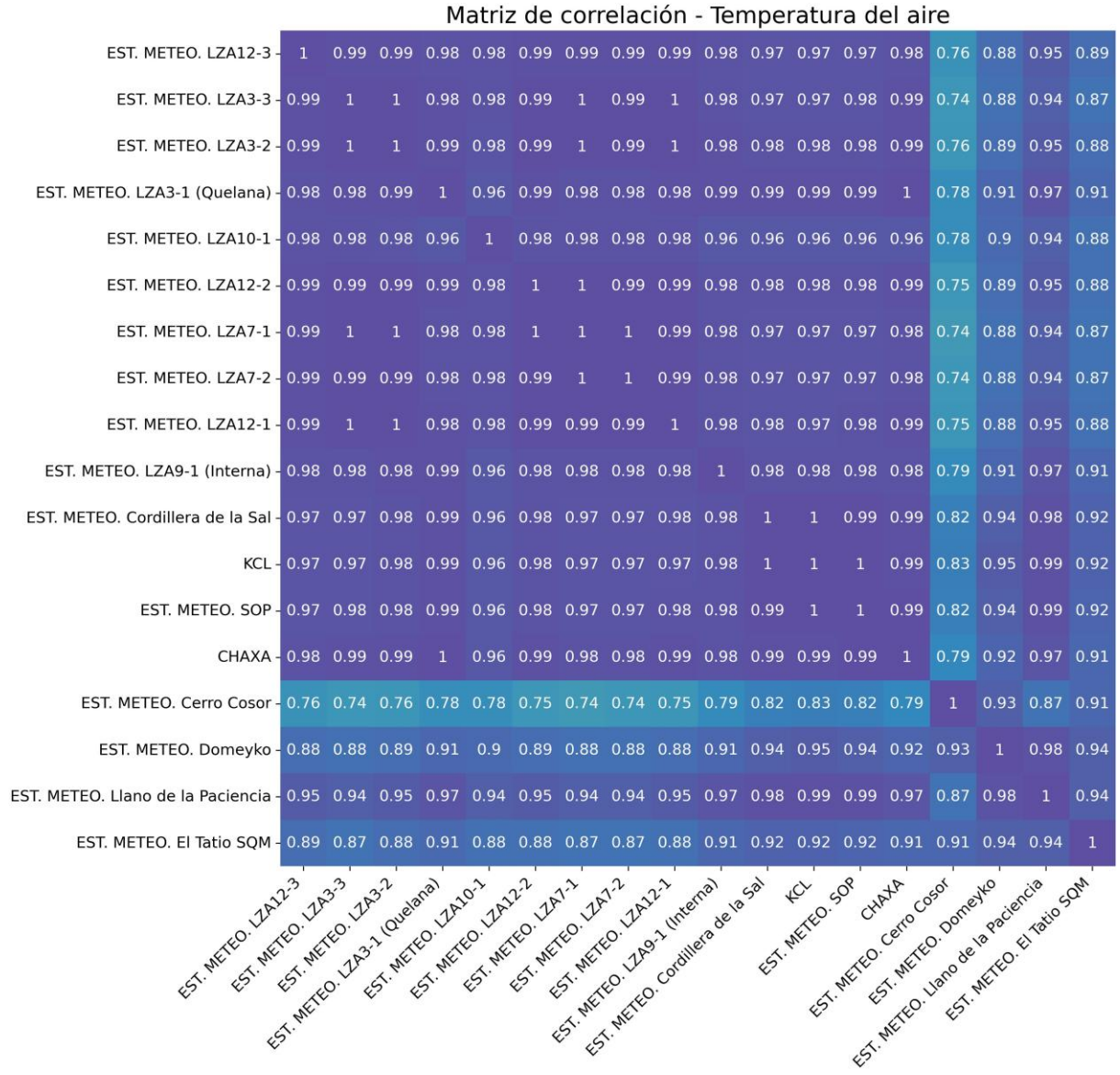

Figura 19: Matriz de correlación para la temperatura del aire.

Velocidad del viento

En la Figura 20 se presenta la matriz de correlación para la velocidad del viento y en la Tabla 10 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno.

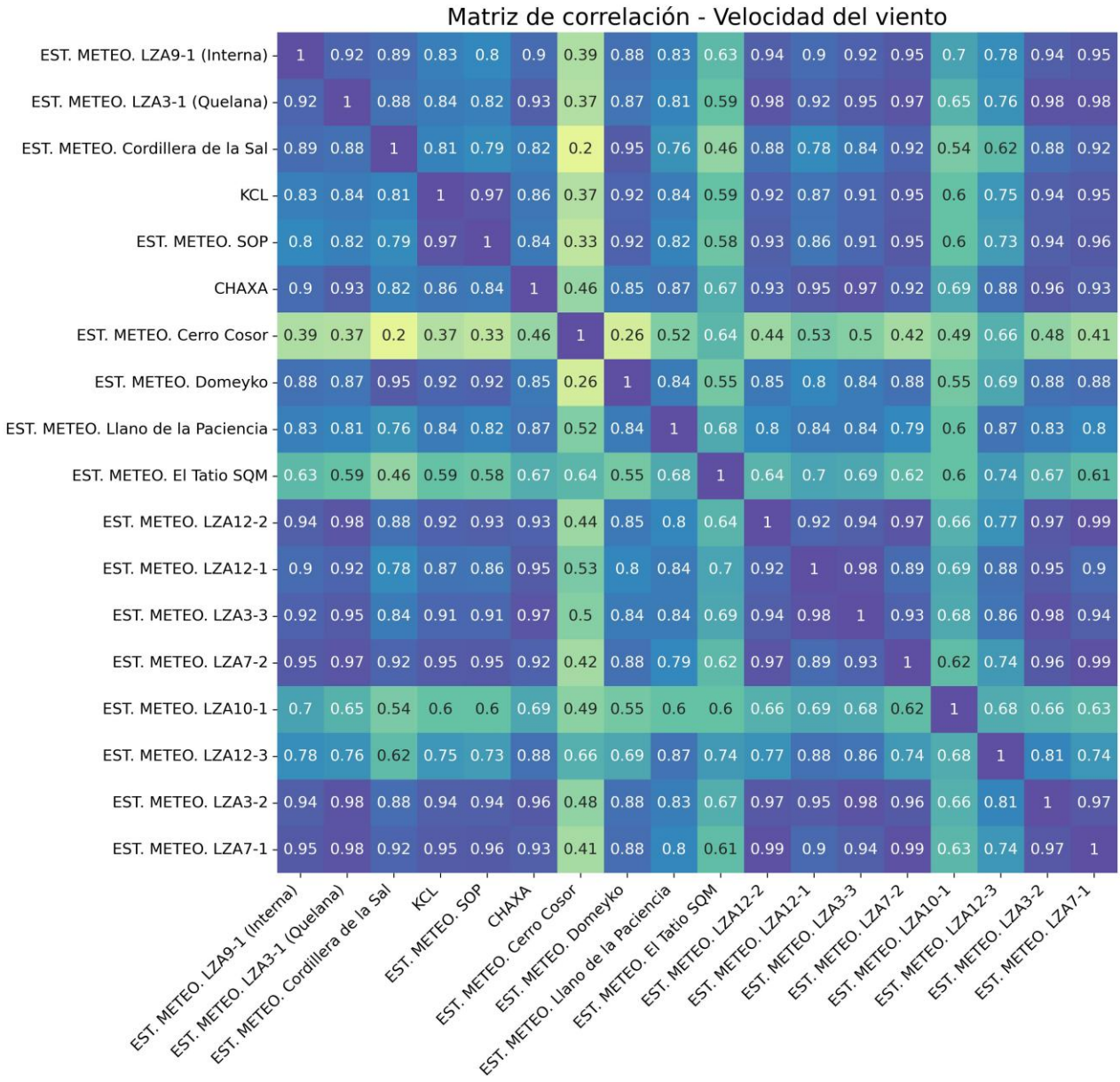

Figura 20: Matriz de correlación para la velocidad del viento

Tabla 10: Estaciones utilizadas para el relleno de la velocidad del viento.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Velocidad del viento	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA3-3
Velocidad del viento	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	EST. METEO. LZA7-1
Velocidad del viento	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA12-1
Velocidad del viento	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. LZA12-3

Conclusiones

El relleno de las estaciones con un porcentaje validado menor al 95% fue realizado con la herramienta desarrollada en Python por la consultora Flow Hidro, utilizando como referencia mediciones registradas en otras estaciones de la red de monitoreo meteorológico Novandino. Entre las razones para requerir relleno se encuentran secado del pan de evaporación, fallas en la transmisión y problemas con el ajuste horario en PLC.

Referencias

Flow Hydro Consulting. (2023). *Instructivo Python para relleno de datos meteorología SQM*.