



Anexo 9

Datos Meteorológicos

Anexo 9.1: Resultados de variables meteorológicas tabuladas para el semestre actual

Anexo 9.2: Resultados de variables meteorológicas tabuladas para el semestre actual,
frecuencia diaria

Anexo 9.3: Memos mensual de validación y relleno de variables meteorológicas



**Anexo 9.1: Resultados de variables meteorológicas tabuladas para el semestre actual
(Digital)**



Anexo 9.2: Resultados de variables meteorológicas tabuladas para el semestre actual, frecuencia diaria (Digital)



Anexo 9.3: Memos mensual de validación y relleno de variables meteorológicas

Para:	Edwin Guzmán
De:	Camila Zúñiga
CC:	Daniela Valencia
Fecha:	8 de enero del 2025

Contenido

Introducción.....	2
Validación de parámetros meteorológicos.....	3
Precipitación	3
Humedad relativa	3
Presión atmosférica	3
Temperatura del aire	5
Radiación global.....	5
Evaporación	6
Velocidad del viento	7
Dirección del viento	8
Relleno de parámetros meteorológicos	8
Evaporación: Chaxa, LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y Cordillera de la Sal,	9
LZA12-3: Humedad relativa, temperatura del aire y precipitación atmosférica.	10
Domeyko: Temperatura del aire.....	10
Cerro Cosor	10
Conclusiones	16
Referencias.....	17
 Figura 1: Precipitación diaria para el mes de julio.	 3
Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de julio.	4
Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de julio.	4
Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de julio.	5
Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de julio.....	6
Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 12 al 14 de julio en las estaciones Chaxa, SOP y KCL.	7
Figura 7: Evaporación diaria para el mes de julio.	7
Figura 8: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de julio.	7
Figura 9: Dirección del viento promedio diario para el mes de julio.....	8
Figura 10: Matriz de correlación para la evaporación.	9
Figura 11: Matriz de correlación para la humedad relativa.....	11
Figura 12: Matriz de correlación para la temperatura del aire.	12

Figura 13: Registro de precipitación acumulada de las estaciones Camar, San Pedro de Atacama y Toconao para el mes de julio. Fuente: INIA (2024).....12

Figura 14: Matriz de correlación para la dirección del viento.13

Figura 15: Matriz de correlación para la velocidad del viento.....14

Figura 16: Matriz de correlación para la presión atmosférica.15

Figura 17: Matriz de correlación para la radiación atmosférica.16

Tabla 1: Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.2

Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de julio.....8

Tabla 3: Parámetros rellenos para el mes de julio (continuación).9

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico para el mes de julio 2024 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de SQM en Salar de Atacama en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) y operación continua de SQM. De acuerdo con el PdC, la meteorología validada mensual debe ser entregada a la autoridad el día 10 del mes siguiente.

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 proceso de validación fue realizado con la aplicación ValMeteo y 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 precipitación acumulada diaria se presenta en la Figura 1. En este mes, solo se reconoce un evento de precipitación de 0.5 mm en la estación El Tatio para el 27 julio capturado por el pluviómetro de balancín. Los eventos de precipitación adicionales en el registro bruto corresponden a pruebas de pluviometría y outliers, los cuales fueron invalidados y justificados con ValMeteo.

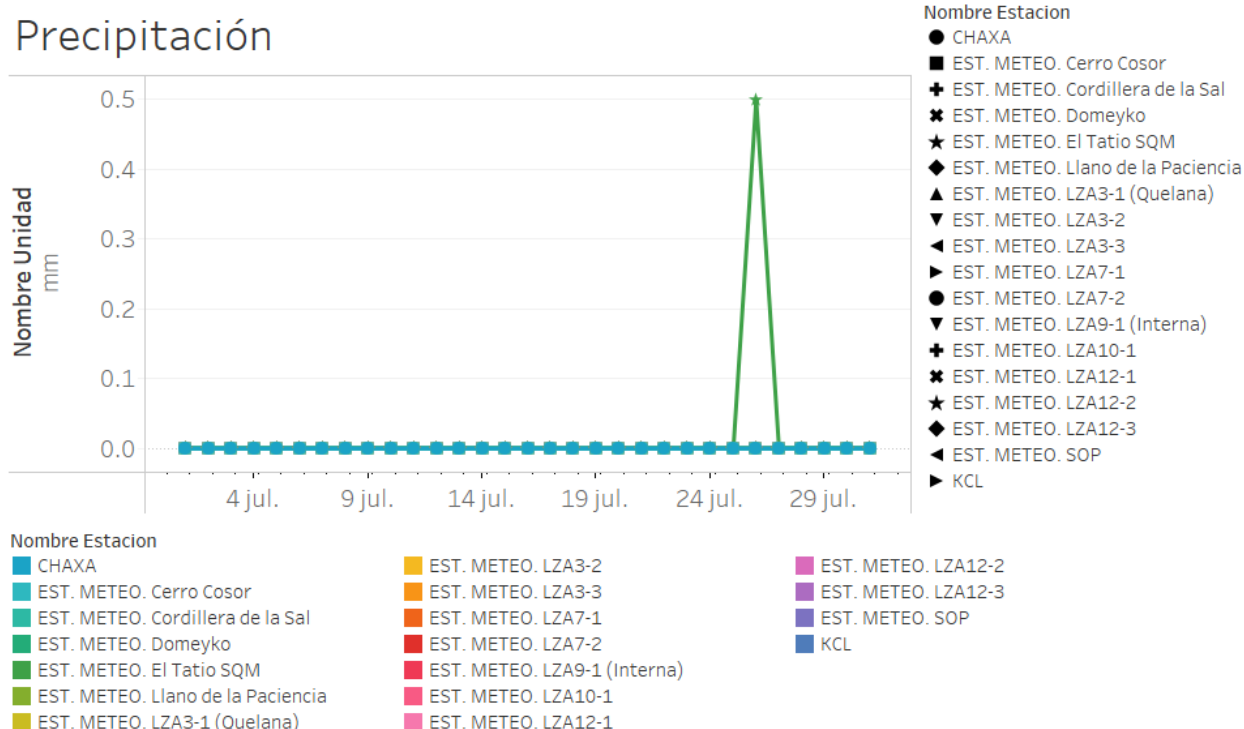


Figura 1: Precipitación diaria para el mes de julio.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria para julio. De modo general, se observan 2 periodos de mayor humedad entre el 7 y 9 de julio y del 22 al 24 de julio. Cerro Cosor sobresale con el promedio diario de humedad de 38.02% para el 22 de este mes.

La estación LZA12-3 presentó problemas con la transmisión satelital/GPRS desde el 1 al 3 de julio, y por cambio de batería en Cerro Cosor en el día 1 de este mes, el registro disponible es inferior al 95% de los datos diarios. El relleno de estas estaciones será abordado en la sección relleno de parámetros meteorológicos.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para julio se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuentan con los registros de menor magnitud al estar instaladas sobre los 4.000 m.s.n.m.

Por cambio de batería en Cerro Cosor en el día 1 de este mes, el registro disponible es inferior al 95% de los datos diarios. El relleno de esta estación será abordado en la sección relleno de parámetros meteorológicos.

Humedad relativa

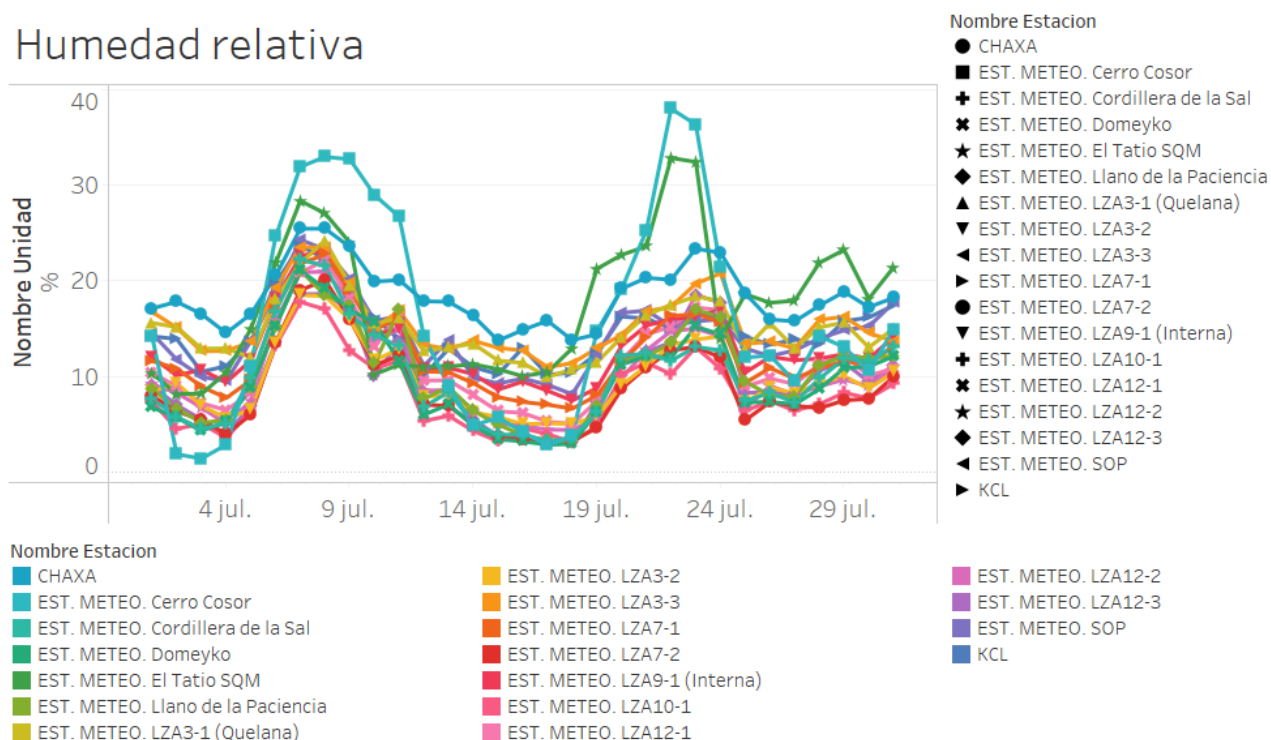


Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de julio.

Presión atmosférica

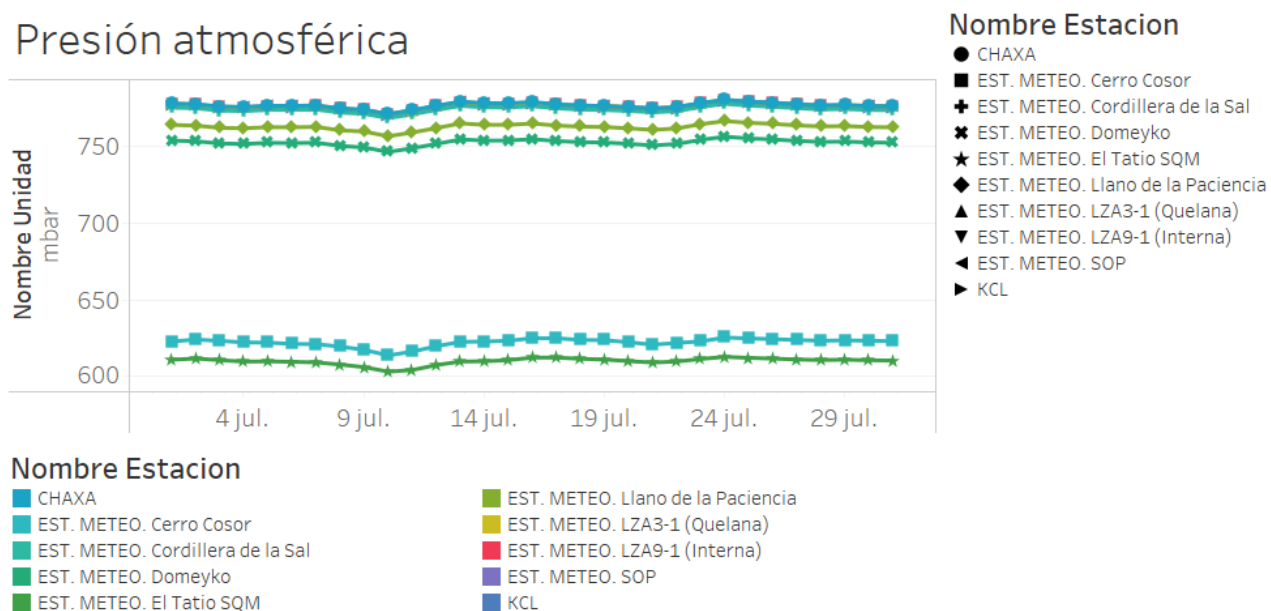


Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de julio.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra la temperatura promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica.

La estación LZA12-3 presentó problemas con la transmisión satelital/GPRS desde el 1 al 3 de julio. Por cambio de batería en Cerro Cosor en el día 1 de este mes, el registro disponible es inferior al 95% de los datos diarios y en el caso de la estación Domeyko, se registran valores anómalos el día 11 de julio. El relleno de estas estaciones será abordado en la sección relleno de parámetros meteorológicos.

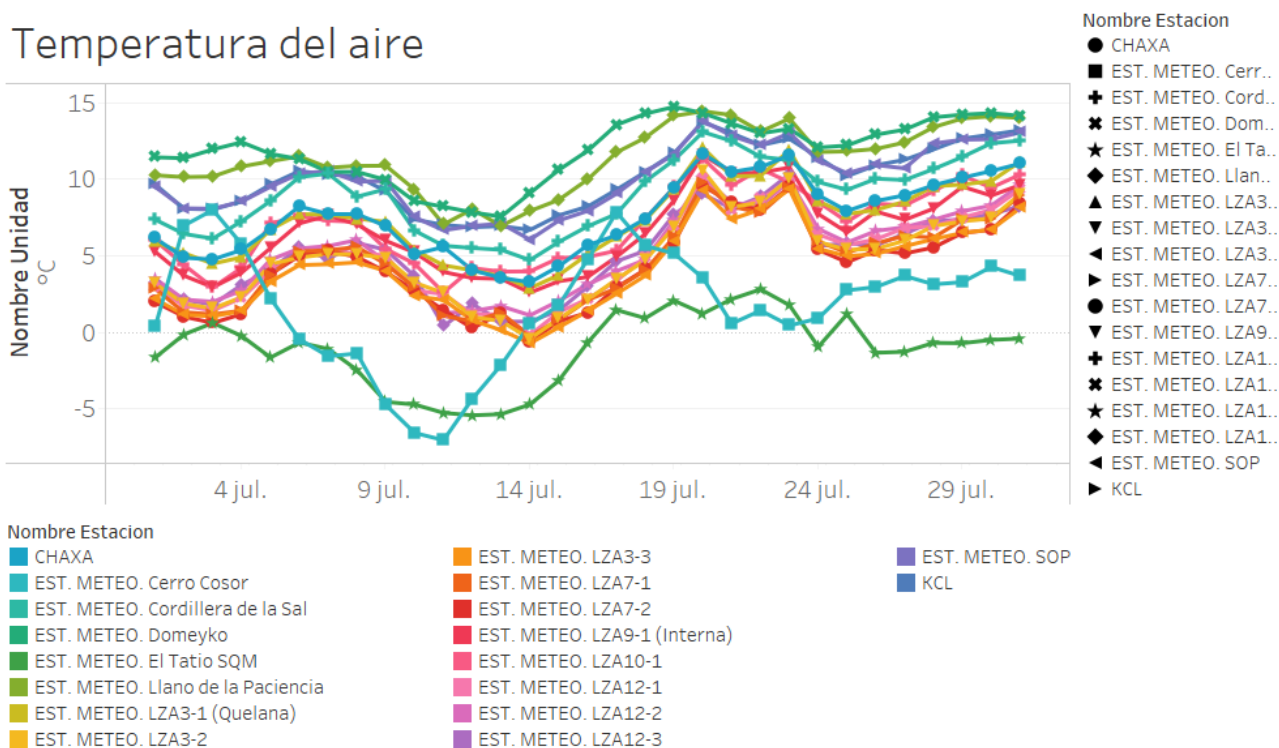


Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de julio.

Radiación global

La radiación promedio diaria se grafica en la Figura 5. Se observan múltiples oportunidades en donde la radiación promedio diaria es menor a la tendencia general, a modo de ejemplo, para 25 de julio, todas las estaciones mostraron una disminución de esta variable

En las estaciones Chaxa y KCL se identificaron registros anómalos recurrentes puntuales en rangos horarios específicos del día. Debido a la periodicidad de este fenómeno e información registrada durante las visitas de mantención, es consistente con una interferencia en el piranómetro por sombras provocadas por la misma instalación. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figura 6. Los registros comprometidos fueron invalidados, pero no fue necesario rellenar al contar con más del 95% de la data registrada.

Por cambio de batería en Cerro Cosor en el día 1 de este mes, el registro disponible es inferior al 95% de los datos diarios. El relleno de esta estación será abordado en la sección relleno de parámetros meteorológicos.

Evaporación

En la Figura 7 se muestra la evaporación promedio diaria. En LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna), Chaxa y Cordillera de la Sal se observaron registros anómalos desde la madrugada hasta las primeras horas de sol, lo cual se puede correlacionar con el congelamiento del pan de evaporación durante la noche.

En Cordillera de la Sal, no fue posible medir la evaporación, desde del 23 de julio en adelante, al no registrar variaciones en la columna de agua, a consecuencia de problemas con el sensor de presión y/o el relleno automático. El relleno de esta variable se presenta en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

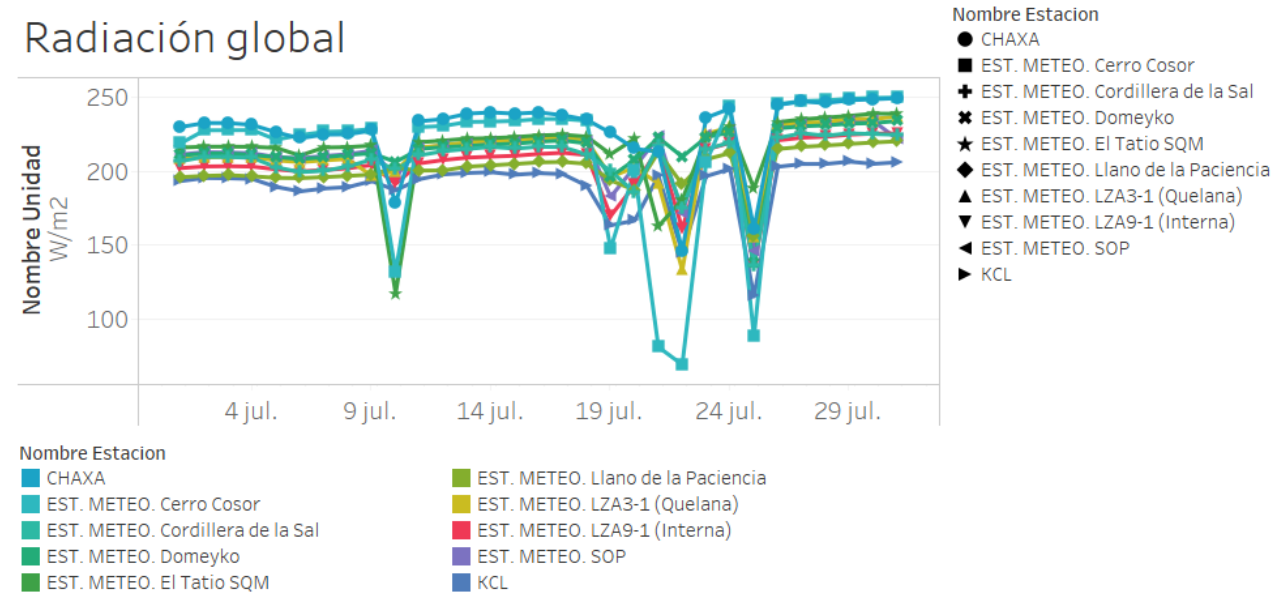


Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de julio.

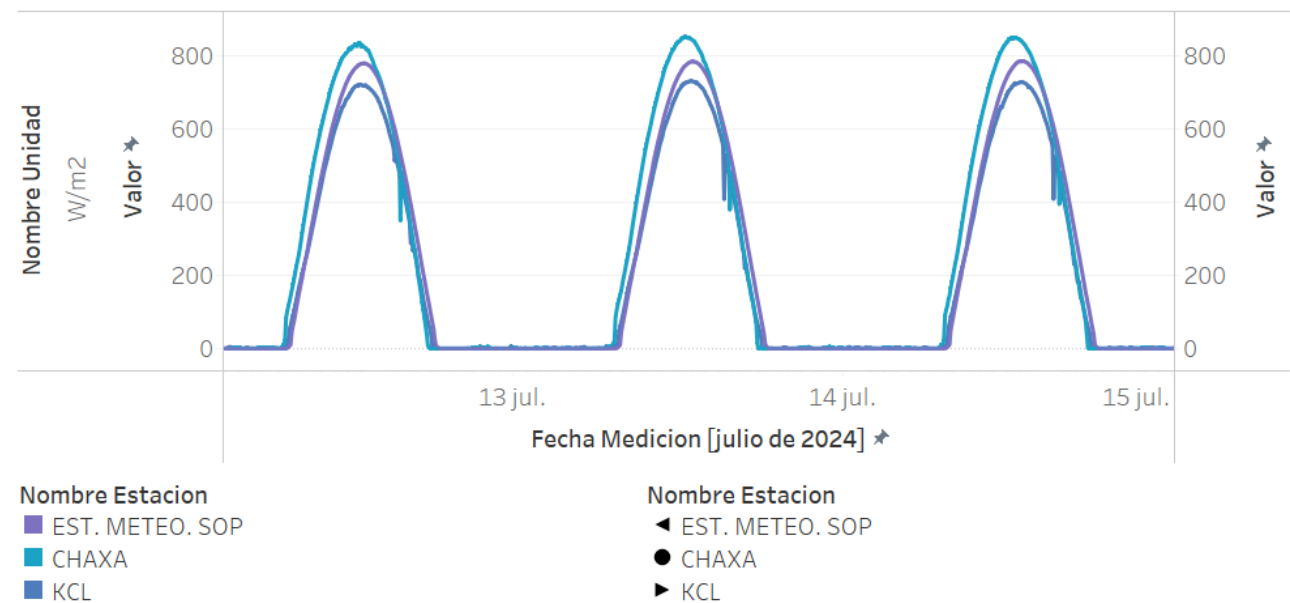


Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 12 al 14 de julio en las estaciones Chaxa, SOP y KCL.

Evaporación

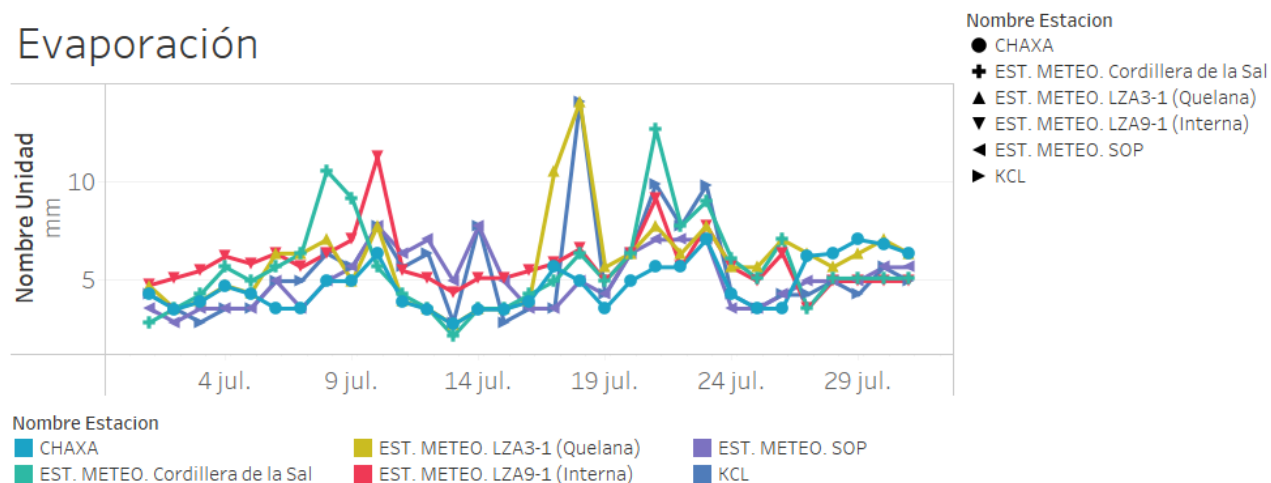


Figura 7: Evaporación diaria para el mes de julio.

Velocidad del viento

La velocidad del viento promedio diaria se presenta en la Figura 8. Los periodos en los que aumenta esta variable coinciden con los observados para la humedad relativa.

Por cambio de batería en Cerro Cosor en el día 1 de este mes, el registro disponible es inferior al 95% de los datos diarios. El relleno de esta estación será abordado en la sección relleno de parámetros meteorológicos.

Velocidad del viento

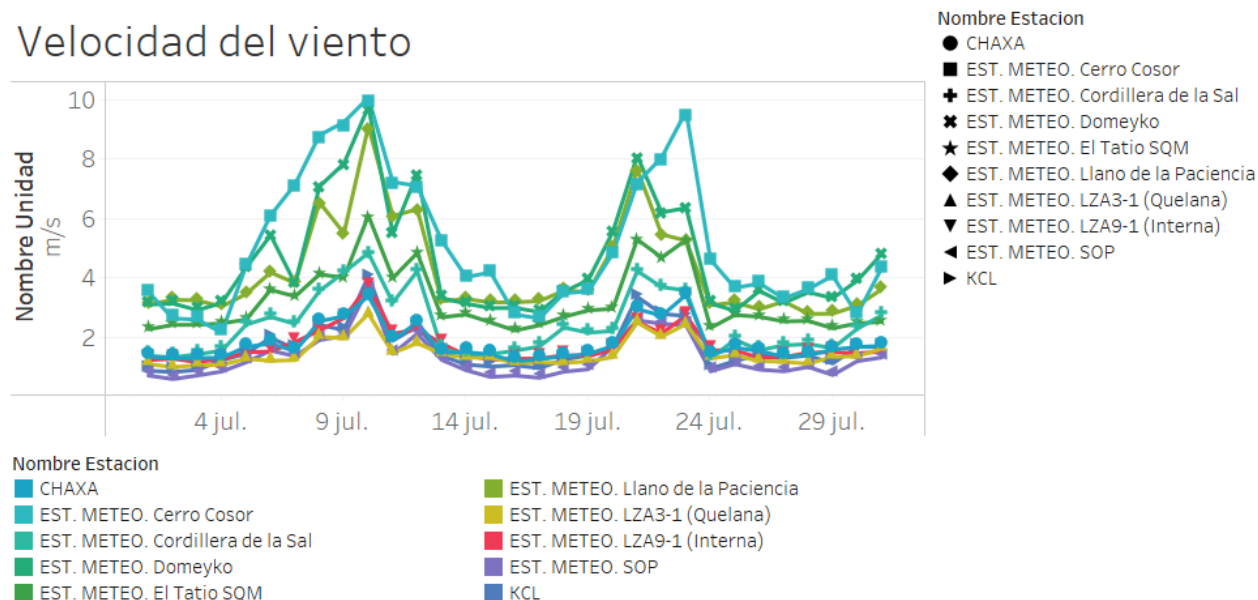


Figura 8: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de julio.

Dirección del viento

En la Figura 9 se presenta la mediana de la dirección del viento para el mes de julio. Por cambio de batería en Cerro Cosor en el día 1 de este mes, el registro disponible es inferior al 95% de los datos diarios. El relleno de esta estación será abordado en la sección relleno de parámetros meteorológicos.

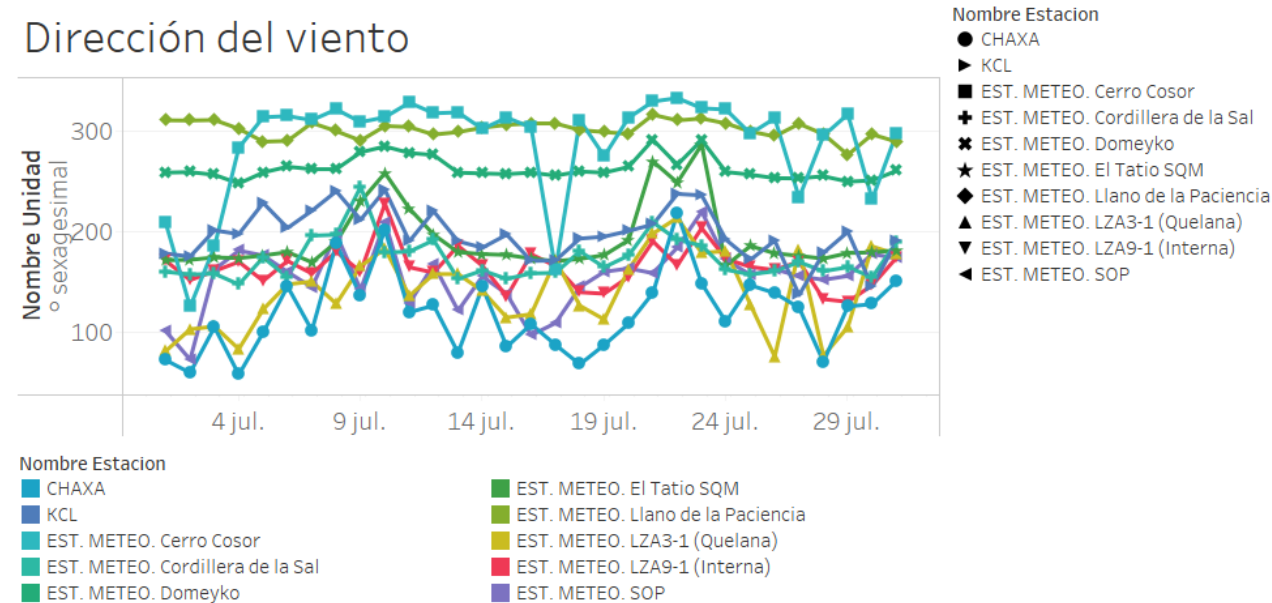


Figura 9: Dirección del viento promedio diario para el mes de julio.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 y Tabla 3 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenos debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. Vale la pena mencionar que el relleno para las estaciones instaladas hasta el 2022 cuentan con registros históricos desde el 2015 - 2017, lo cual mejora el proceso de selección de que estación y ecuación de la recta debe ser utilizada para el relleno. Para Llano de la Paciencia, Domeyko, Cerro Cosor fueron instaladas en febrero del 2023 y El Tatío durante mayo del mismo año, por lo que el relleno tiene que ser analizado con esta consideración.

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

Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de julio.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
Chaxa	2 al 5, 11 al 16, 27 y 30 de julio	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación
Cordillera de la Sal	23 al 31 de julio	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación
LZA3-1 (Quelana)	1 al 5, 11 al 16 de julio	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación

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

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
LZA9-1 (Interna)	17 al 18 de julio	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación
LZA12-3	1 al 3 de julio	Precipitación, humedad relativa y temperatura del aire	Problema con transmisión satelital - GPRS
Domeyko	11 de julio	Temperatura del aire	Problema PLC
Cerro Cosor	1 de julio	Precipitación, humedad relativa, temperatura del aire, radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.	Cambio de batería

Evaporación: Chaxa, LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y Cordillera de la Sal,

La matriz de correlación para la evaporación se presenta en la Figura 10. El relleno tomó en consideración la estación con registros validados para el día a evaluar con mayor coeficiente de correlación.

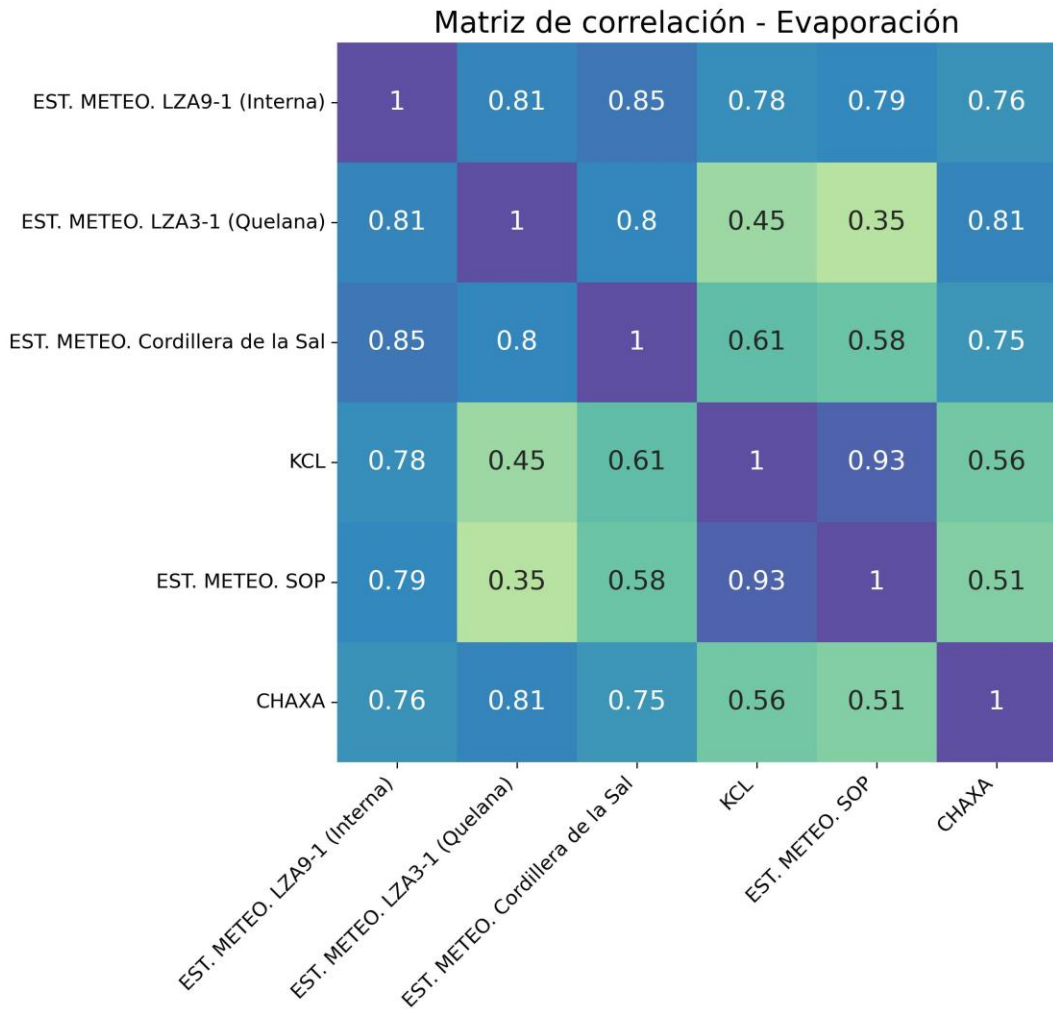



Figura 10: Matriz de correlación para la evaporación.

	Validación y relleno de variables meteorológicas julio 2024	MEMO SIRAYSH_24014 Versión 0 Página 10 de 17
--	--	---

Para Chaxa, el relleno se realizó considerando dos estaciones, Cordillera de la Sal desde el 2 al 5 y desde el 11 al 16, con un porcentaje de correlación de 75% y para el 27 y 30 de julio, LZA3-1 (Quelana) con una correlación de 81%. En LZA3-1 (Quelana) se usó como referencia el registro de Chaxa (81%), para el día 1 de julio y el resto del periodo se utilizó la estación Cordillera de la Sal, con un porcentaje de correlación de 80%

El relleno de LZA9-1 (Interna) consideró la estación Cordillera de la Sal, con una correlación de 85%.

En Cordillera de la Sal se realizó un relleno para la evaporación desde el 23 al 31 de julio, tomando como referencia la estación LZA9-1 (Interna) con un 85% de correlación. Este relleno se realizó al cierre del semestre 2024 al observar que la baja tasa de evaporación registrada durante este periodo era consistente con un congelamiento del pan de evaporación. Para esta corrección se utilizó el registro histórico con información hasta julio 2024.

LZA12-3: Humedad relativa, temperatura del aire y precipitación atmosférica.

En la Figura 11 y Figura 12 se presentan las matrices de correlación para la humedad relativa y temperatura del aire respectivamente. El relleno de la humedad fue realizado utilizando la estación Llano de la Paciencia (98% de correlación) y la temperatura, consideró a LZA12-1 (99%).

La precipitación fue rellenada con 0 mm, ya que la red meteorológica de SQM y las estaciones Camar, San Pedro de Atacama y Socaire de la red meteorológica INIA no registraron eventos lluviosos (Figura 13).

Domeyko: Temperatura del aire.

El relleno de Domeyko tomo como referencia a la estación Llano de la Paciencia, con un porcentaje de correlación del 98% (Figura 12).

Cerro Cosor

En Cerro Cosor se consideraron múltiples estaciones dependiendo de la variable a rellenar. Para la humedad relativa, la estación de referencia fue LZA10-1 (92% de correlación, Figura 11). Con Domeyko, se estimó la temperatura del aire (92% de correlación, Figura 12) y la dirección del viento (49% de correlación, Figura 14) y con El Tatio, se rellenó la velocidad del viento (59% de correlación, Figura 15) y presión atmosférica (95% de correlación, Figura 16). En cuanto a la radiación global se utilizó la estación Chaxa (95% de correlación, Figura 17).

Finalmente, la precipitación fue rellenada con 0 mm ya que el periodo comprometido fue durante el cambio de batería en una visita de mantención, instancia en la cual personal de SQM no observó lluvia y se respalda con los registros de la estación meteorológica Socaire (Figura 13).

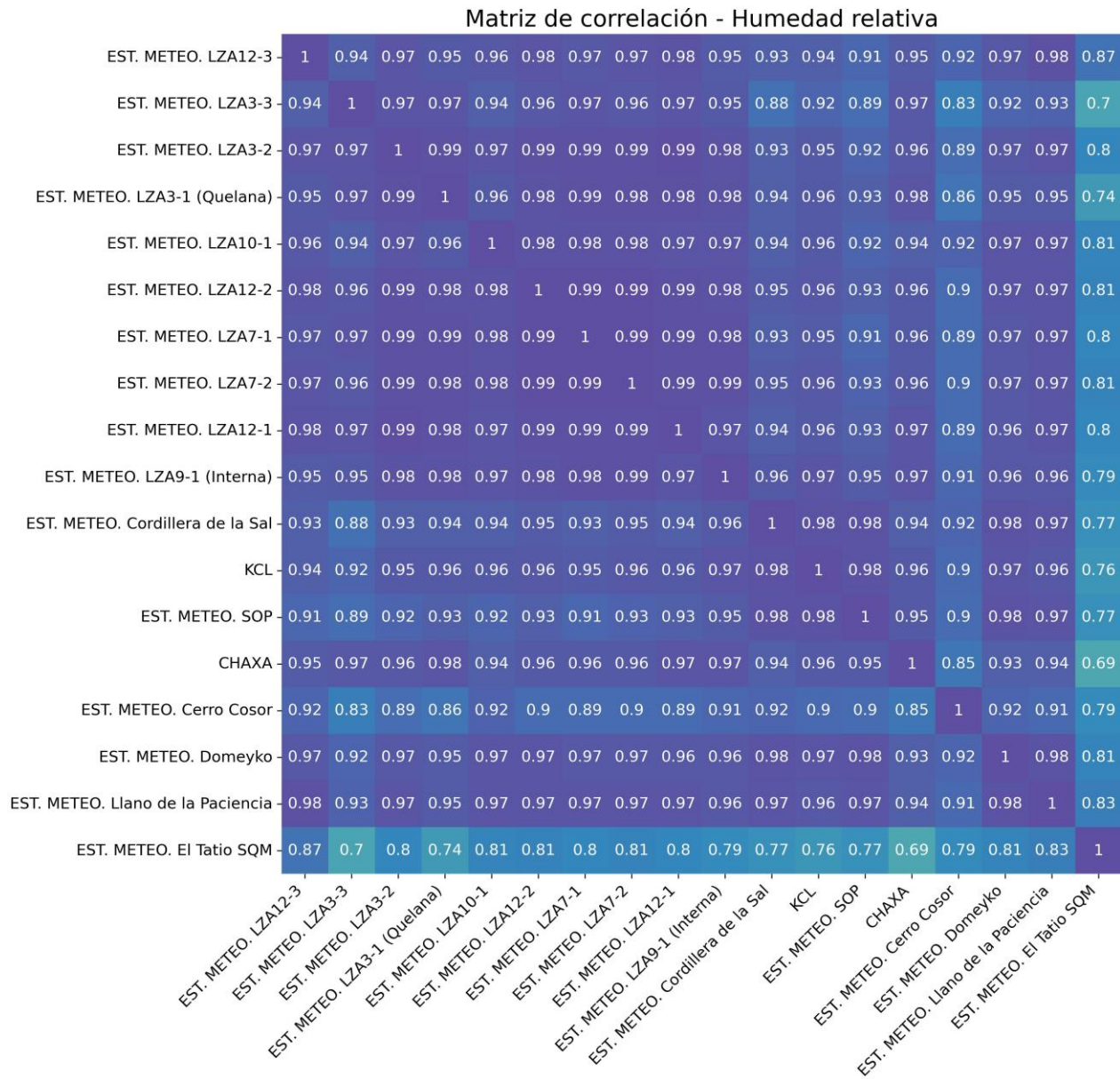


Figura 11: Matriz de correlación para la humedad relativa.

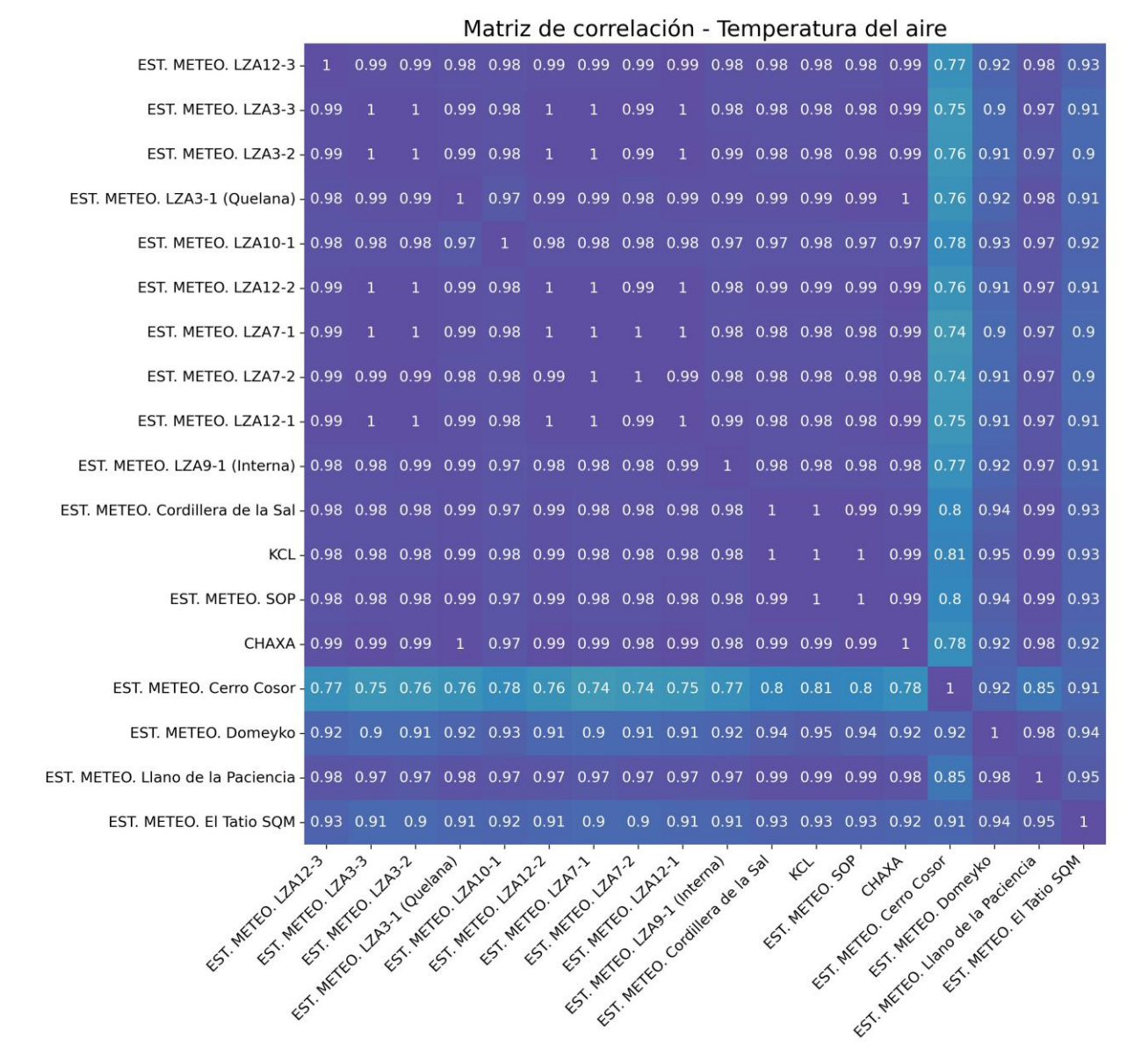


Figura 12: Matriz de correlación para la temperatura del aire.

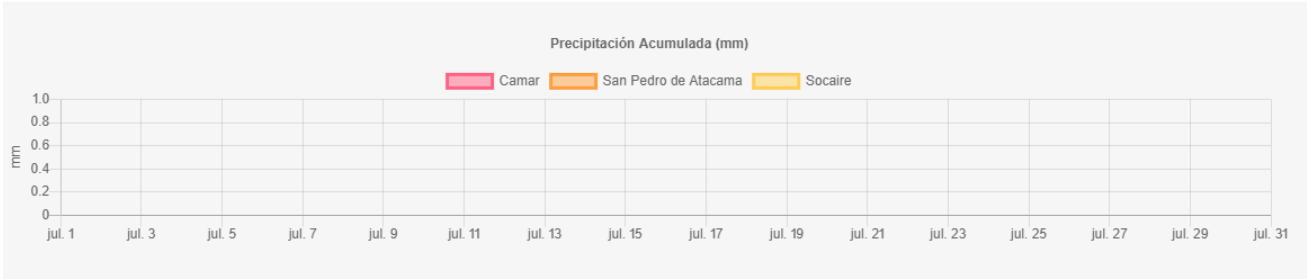


Figura 13: Registro de precipitación acumulada de las estaciones Camar, San Pedro de Atacama y Toconao para el mes de julio. Fuente: INIA (2024)

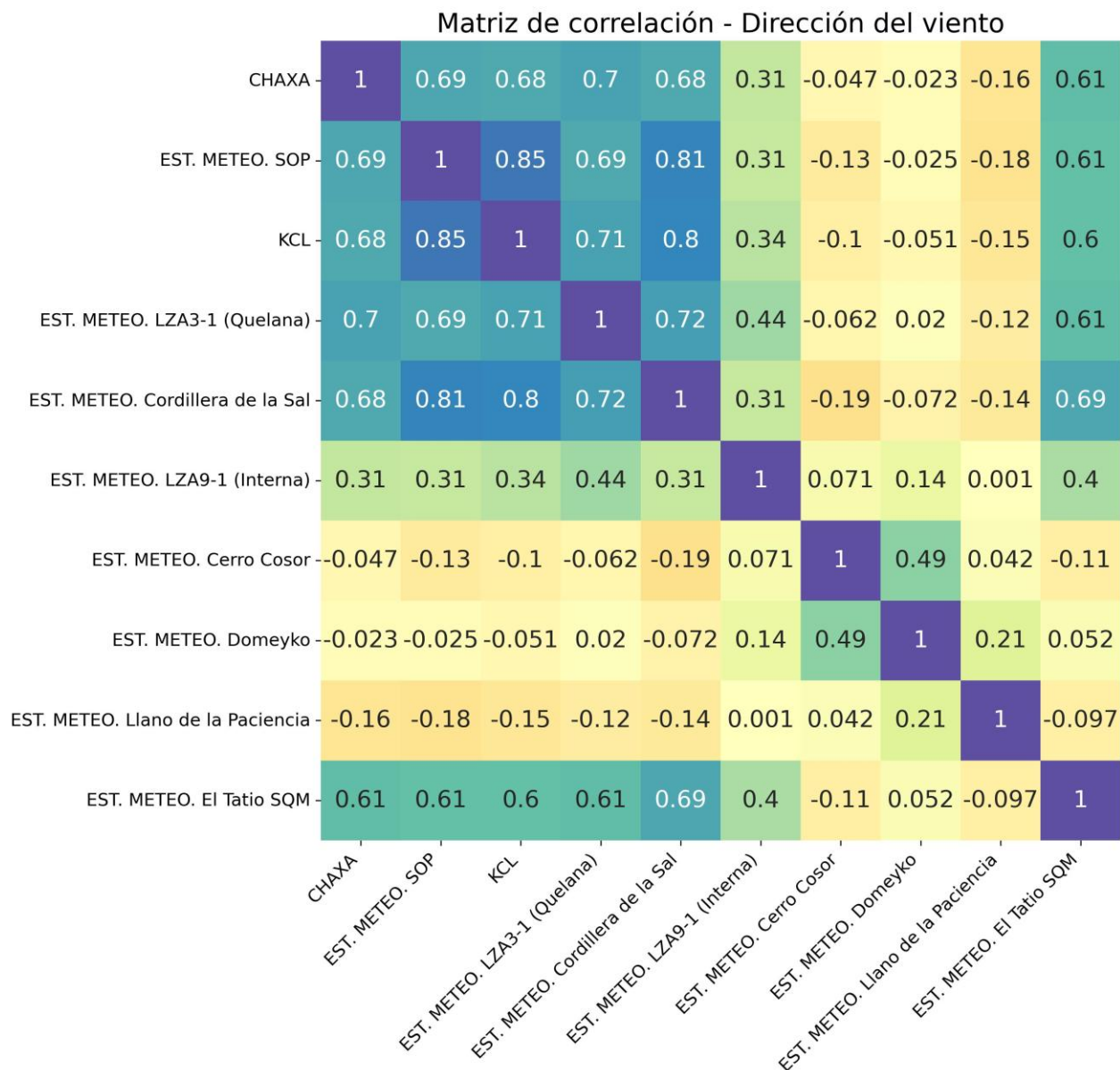


Figura 14: Matriz de correlación para la dirección del viento.

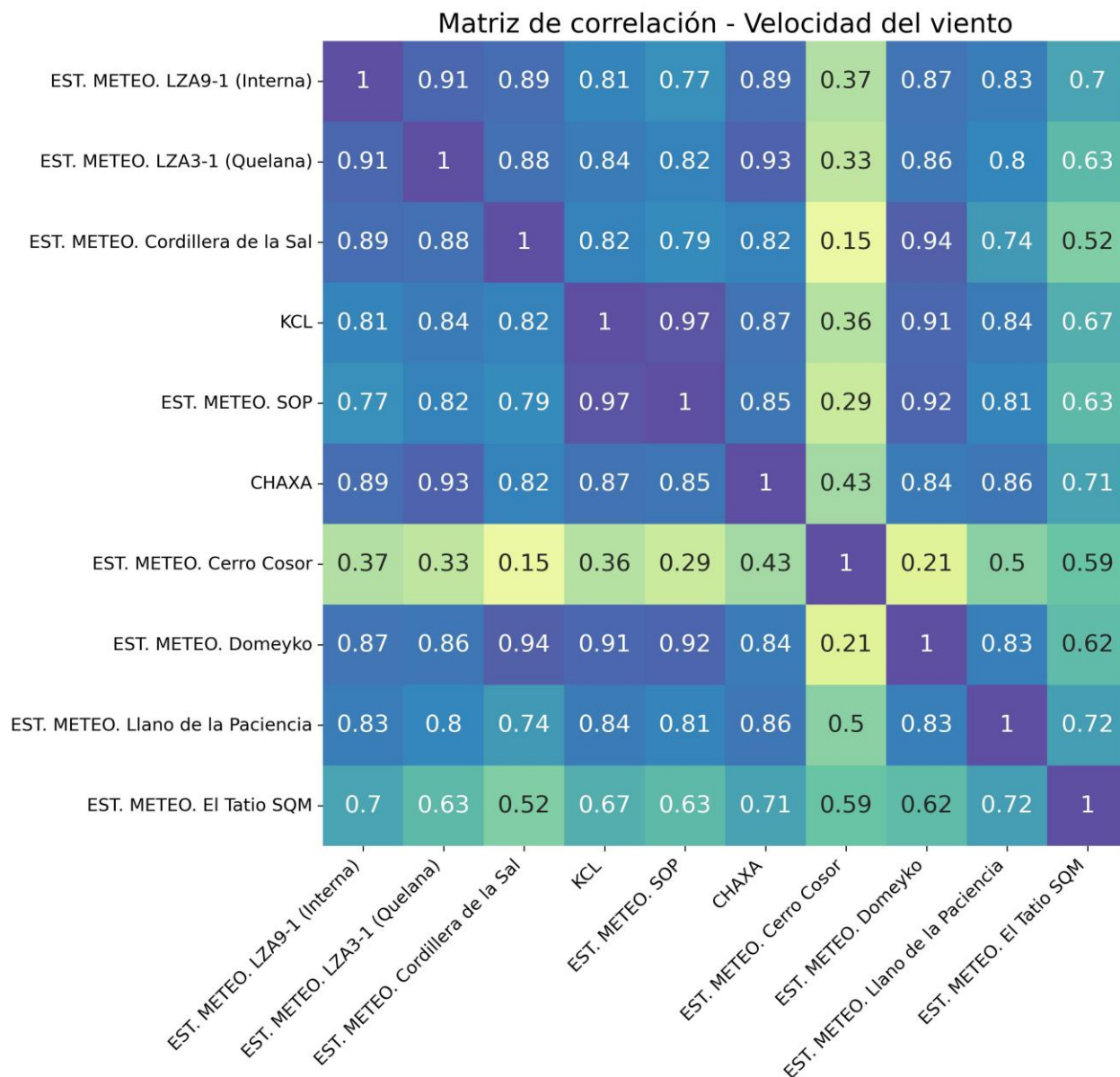


Figura 15: Matriz de correlación para la velocidad del viento.

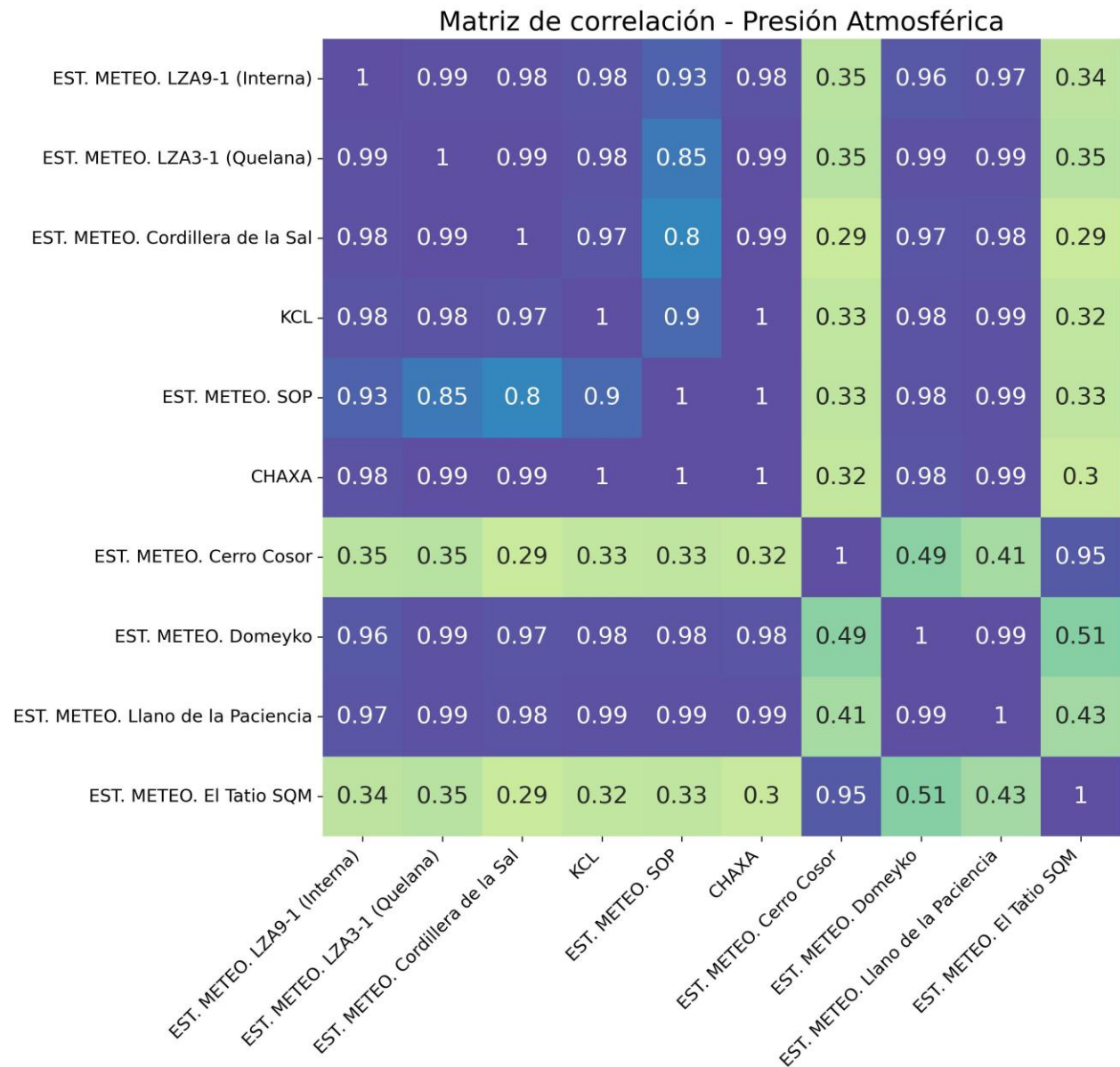


Figura 16: Matriz de correlación para la presión atmosférica.

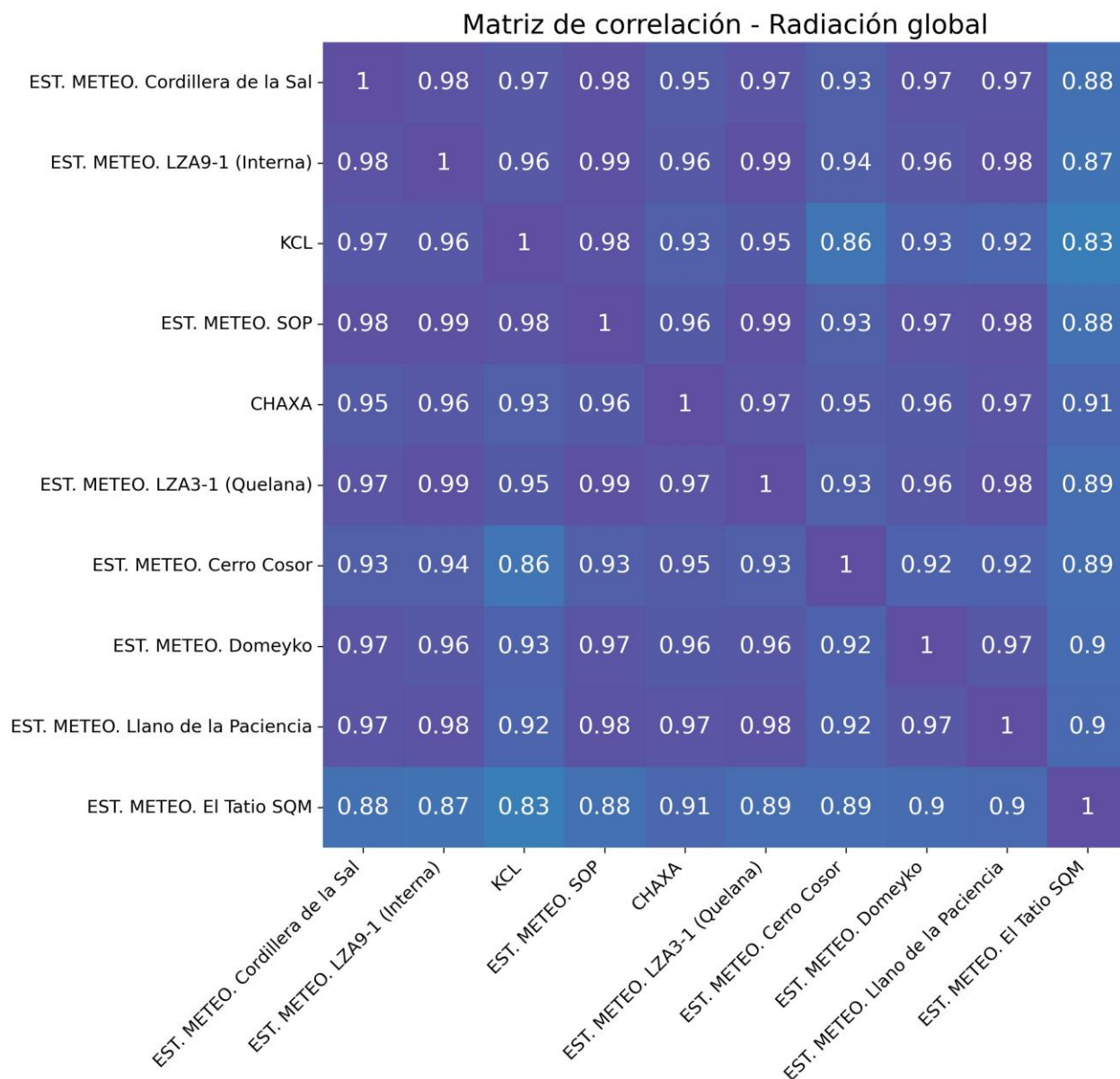



Figura 17: Matriz de correlación para la radiación atmosférica.

Conclusiones

Las estaciones meteorológicas, a excepción de LZA3-1 (Quelana), Chaxa, LZA9-1 (Interna), Cerro Cosor, Domeyko, LZA12-3 y Cordillera de la Sal, cuentan con un registro validado diario superior al 95%, permitiendo exitosamente el cálculo de parámetros diarios utilizando la herramienta ValMeteo.

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 SQM. Entre las razones para requerir relleno se

	Validación y relleno de variables meteorológicas julio 2024	MEMO SIRAYSH_24014 Versión 0 Página 17 de 17
--	--	---

encuentran panes de evaporación congelamiento, cambio de batería, problema con transmisión satelital – GPRS o PLC.

Referencias

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

INIA. (2024). *Red agrometeorologica INIA*. Obtenido de <https://agrometeorologia.cl/>

Para:	Edwin Guzmán
De:	Camila Zúñiga
CC:	Daniela Valencia
Fecha:	8 de enero del 2025

Contenido

Introducción.....	2
Validación de parámetros meteorológicos.....	2
Precipitación	2
Humedad relativa	3
Presión atmosférica	4
Temperatura del aire	4
Radiación global.....	4
Evaporación	4
Velocidad del viento	6
Dirección del viento	6
Relleno de parámetros meteorológicos	7
Evaporación: LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna), Cordillera de la Sal y Chaxa	8
Cerro Cosor: Velocidad y dirección del viento.....	9
Conclusiones	10
Referencias.....	10
 Figura 1: Precipitación diaria para el mes de agosto.....	3
Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de agosto.	3
Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de agosto.	4
Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de agosto.	5
Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de agosto.....	5
Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 25 al 27 de agosto en las estaciones Chaxa y KCL.	6
Figura 7: Evaporación diaria para el mes de agosto.	6
Figura 8: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de agosto.	7
Figura 9: Dirección del viento promedio diario para el mes de agosto.	7
Figura 10: Matriz de correlación para la evaporación.	8
Figura 11: Matriz de correlación para la velocidad del viento.....	9
Figura 12: Matriz de correlación para la dirección del viento.	10
 Tabla 1: Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.	2
Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de agosto.....	8

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico para el mes de agosto 2024 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de SQM en Salar de Atacama en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) y operación continua de SQM. De acuerdo con el PdC, la meteorología validada mensual debe ser entregada a la autoridad el día 10 del mes siguiente.

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 proceso de validación fue realizado con la aplicación ValMeteo y 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 precipitación acumulada diaria se presenta en la Figura 1. En este mes, solo se reconoce un evento de precipitación de 0.5 mm en la estación Cerro Cosor para el 21 agosto. Los eventos de precipitación adicionales en el registro bruto corresponden a pruebas de pluviometría y outliers, los cuales fueron invalidados y justificados con ValMeteo.

Precipitación

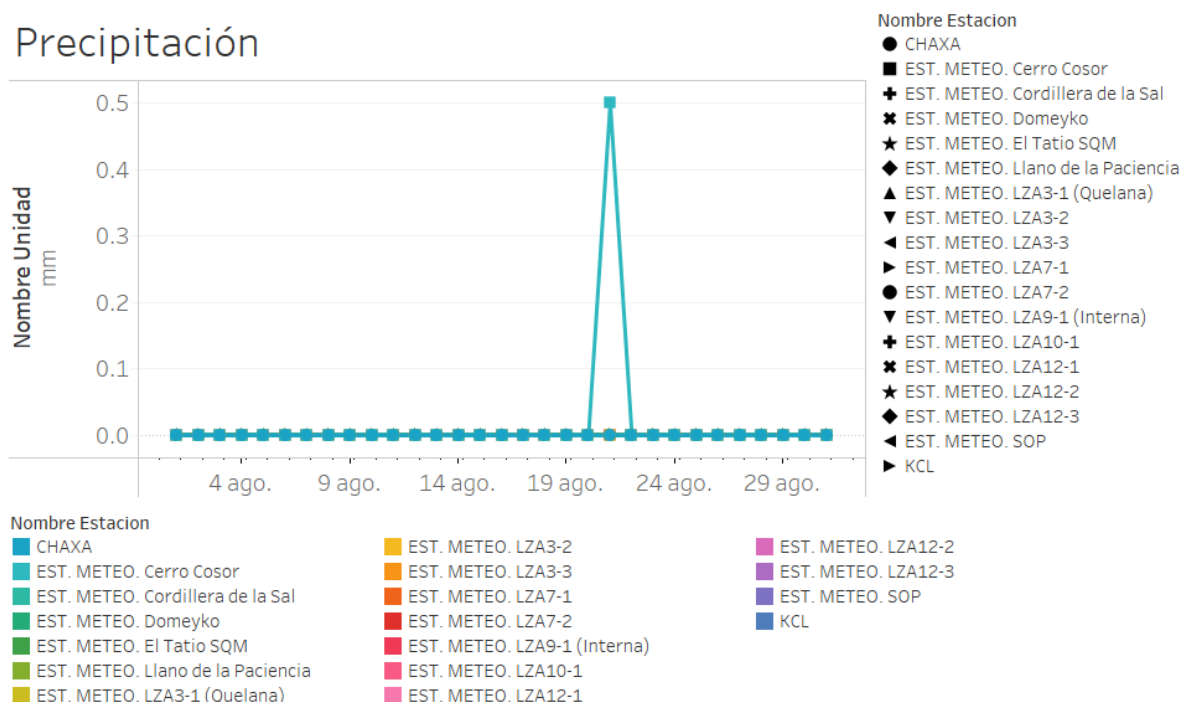


Figura 1: Precipitación diaria para el mes de agosto.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria para agosto. El máximo de esta variable registrado en Cerro Cosor es consistente con la precipitación capturada.

Humedad relativa

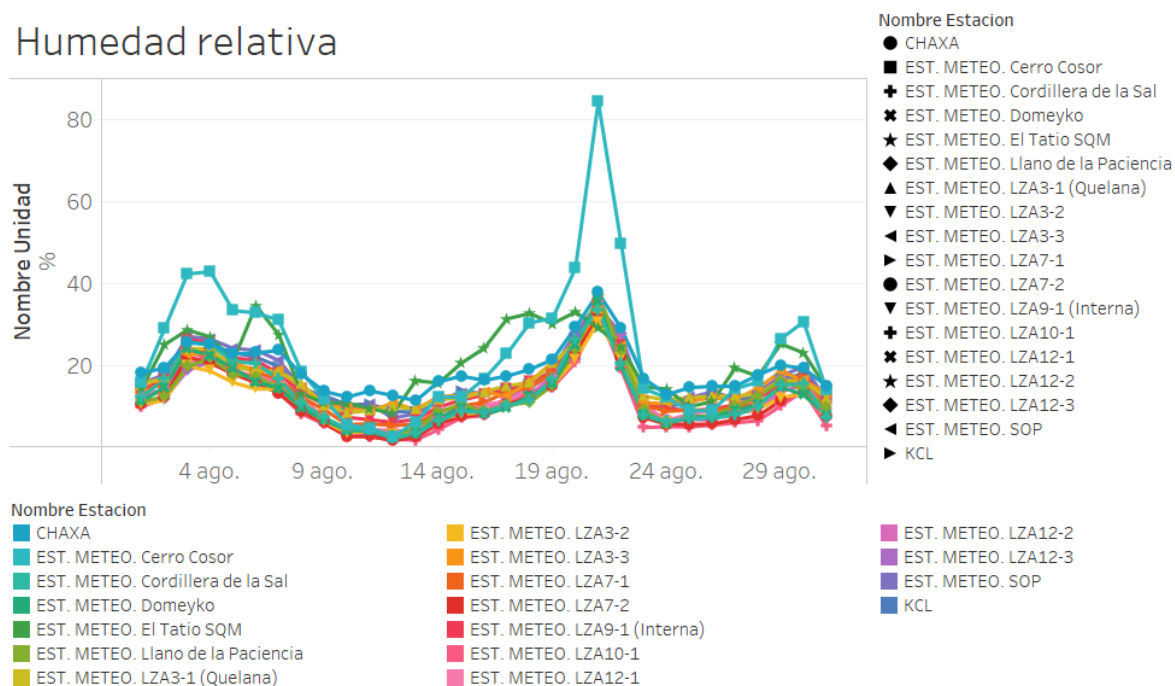


Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de agosto.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para agosto se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuentan con los registros de menor magnitud al estar instaladas sobre los 4.000 m.s.n.m.

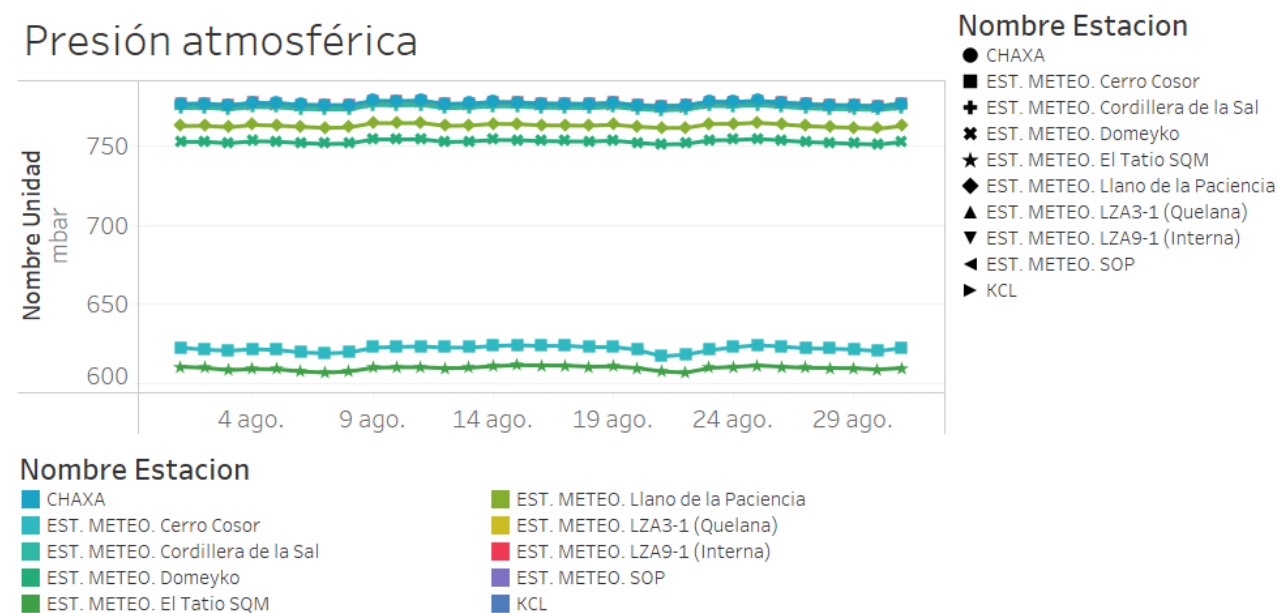


Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de agosto.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra la temperatura promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica.

Radiación global

La radiación promedio diaria se grafica en la Figura 5. De manera general, se observa una disminución en la radiación diaria para el día 20 de agosto y el 21 de este mes. Cerro Cosor sobresale con el registro diario mínimo de esta variable en el mes, consistente con el evento de precipitación.

En las estaciones Chaxa y KCL se identificaron registros anómalos recurrentes puntuales en rangos horarios específicos del día. Debido a la periodicidad de este fenómenos e información registrada durante las visitas de mantención, es consistente con una interferencia en el piranómetro por sombras provocadas por la misma instalación. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figura 6. Los registros comprometidos fueron invalidados, pero no fue necesario rellenar al contar con más del 95% de la data registrada.

Evaporación

En la Figura 7 se muestra la evaporación promedio diaria. Los panes de Chaxa, LZA9-1 (Interna) presentaron en periodos específicos del mes una columna de agua inferior al 5% de la altura del estanque. En estas estaciones y también en LZA3-1 (Quelana), se observaron registros anómalos desde la madrugada hasta las primeras horas de sol, lo cual se puede correlacionar con el congelamiento del pan de evaporación durante la noche.

En Cordillera de la Sal, no fue posible medir la evaporación al no registrar variaciones en la columna de agua, a consecuencia del congelamiento del pan de evaporación. El relleno de esta variable se presenta en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Temperatura del aire

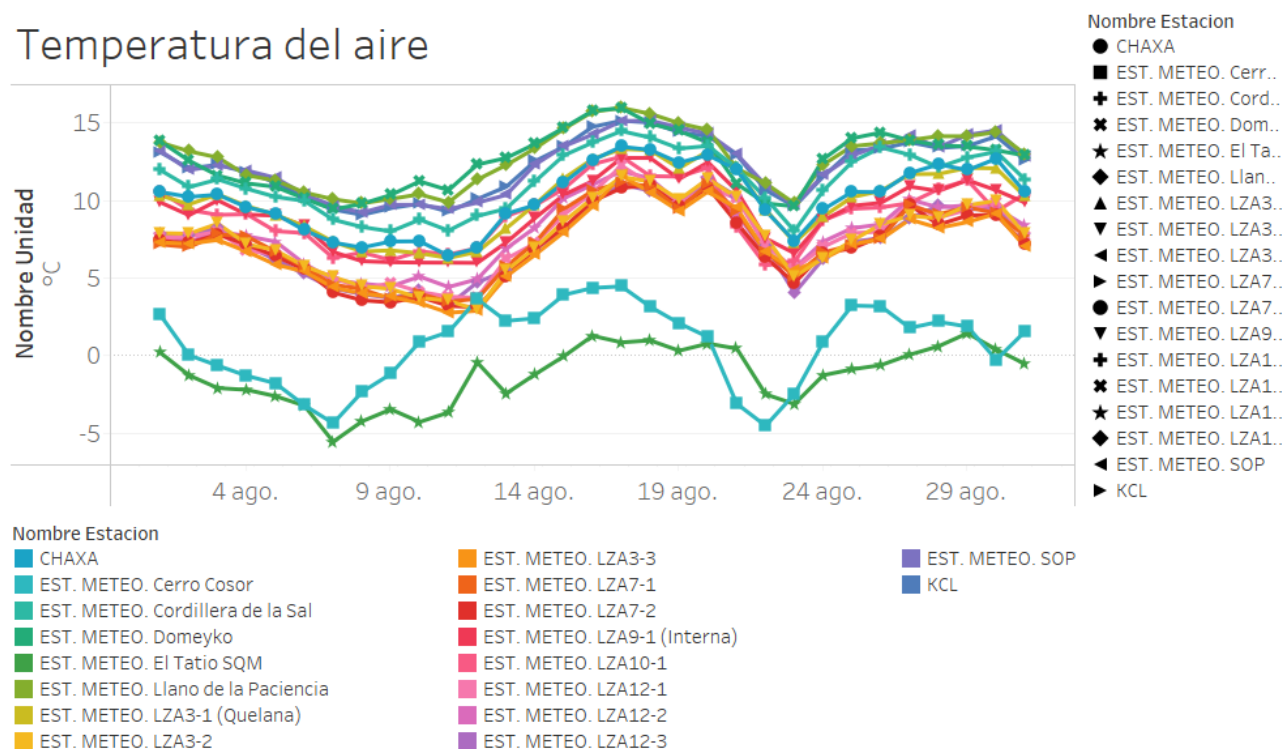


Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de agosto.

Radiación global

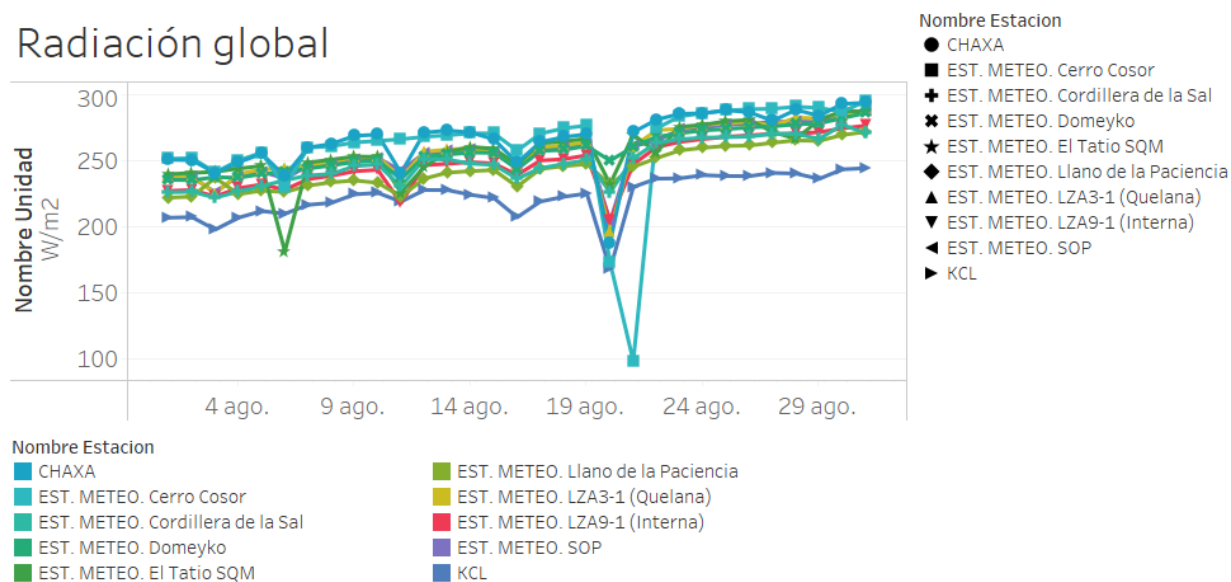


Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de agosto.

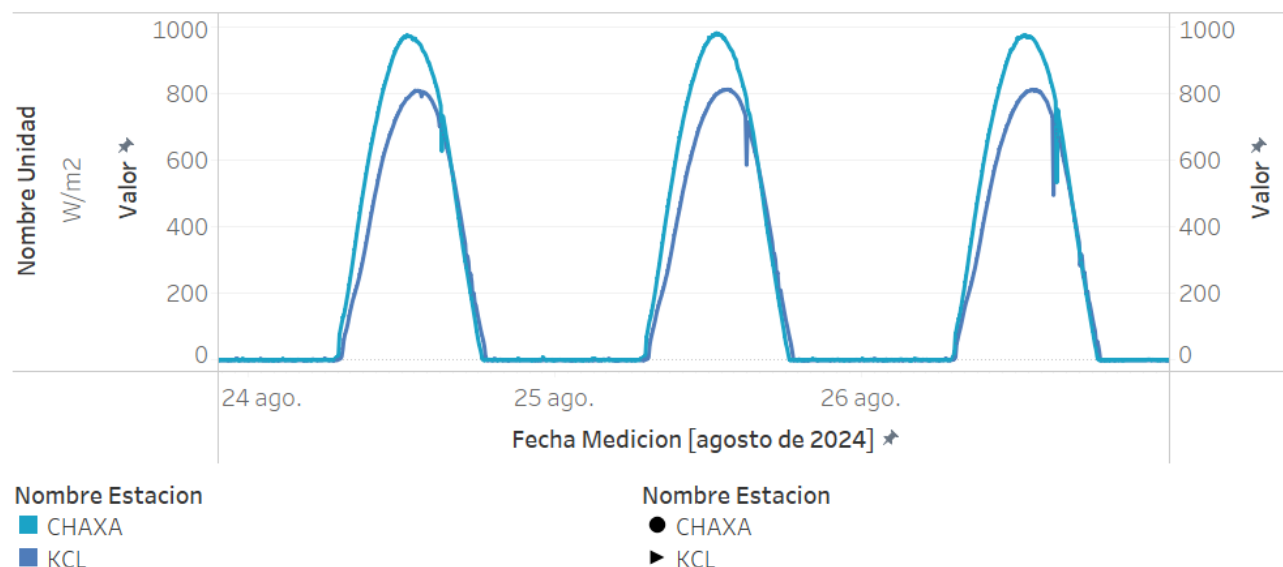


Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 25 al 27 de agosto en las estaciones Chaxa y KCL.

Evaporación

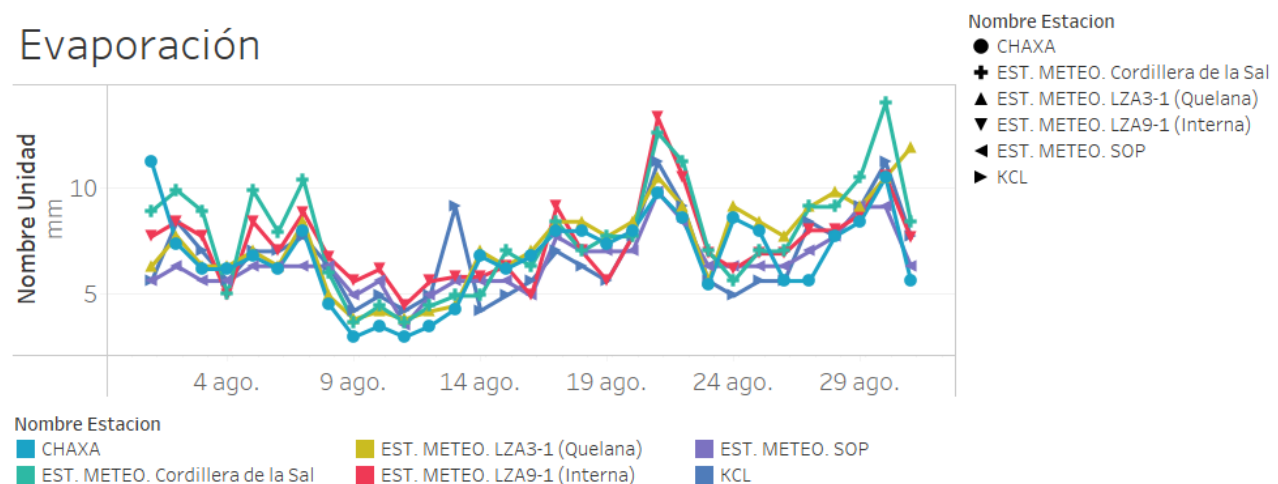


Figura 7: Evaporación diaria para el mes de agosto.

Velocidad del viento

La velocidad del viento promedio diaria se presenta en la Figura 8. En todas las estaciones se observan un alza en la velocidad del viento promedio para el 21 de agosto, día en el que se observaron precipitaciones en Cerro Cosor. Para este día, se registraron mediciones anómalas en Cerro Cosor resultando un 48 % de datos validados. El relleno de esta variable se abordará en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Dirección del viento

En la Figura 9 se presenta la mediana de la dirección del viento para el mes de agosto. Para este día, se registraron mediciones anómalas en Cerro Cosor resultando un 48 % de datos validados. El relleno de esta variable se abordará en la sección de relleno de parámetros meteorológicos

Velocidad del viento

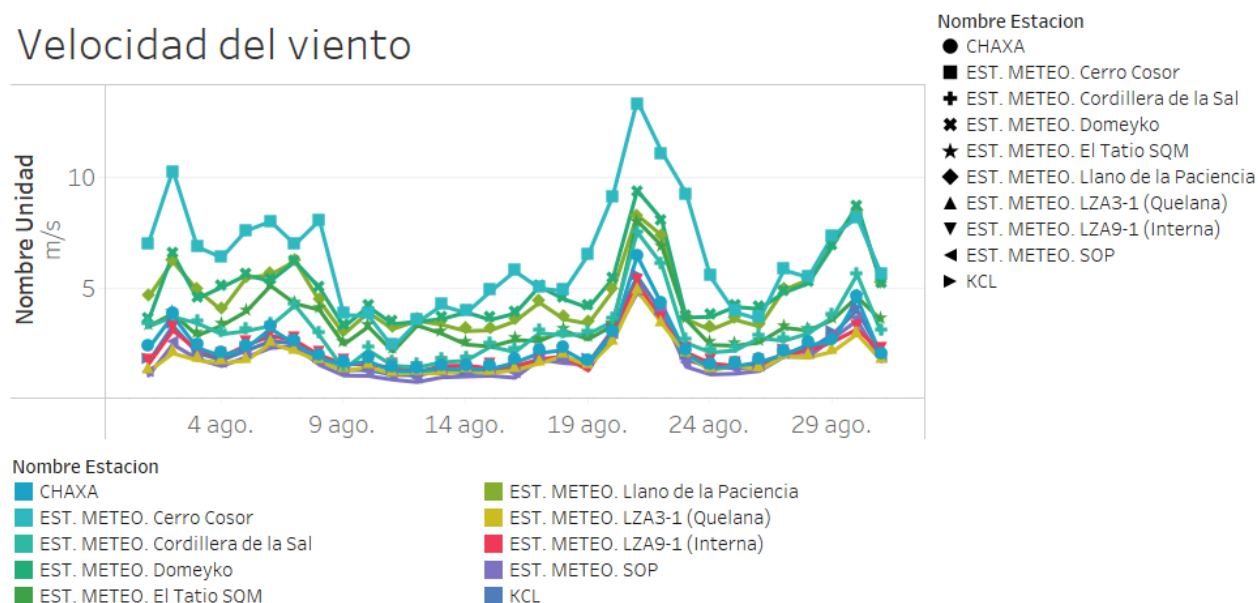


Figura 8: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de agosto.

Dirección del viento

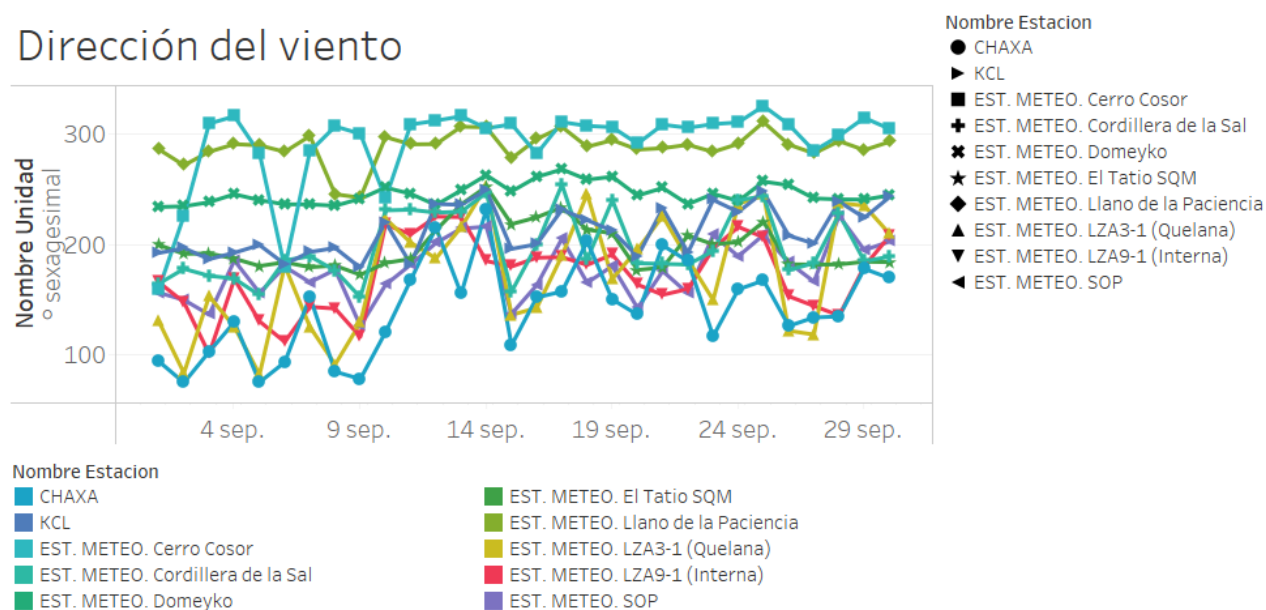


Figura 9: Dirección del viento promedio diario para el mes de agosto.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenos debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. Vale la pena mencionar que el relleno para las estaciones instaladas hasta el 2022 cuentan con registros históricos desde el 2015 - 2017, lo cual mejora el proceso de selección de

que estación y ecuación de la recta debe ser utilizada para el relleno. Para Llano de la Paciencia, Domeyko, Cerro Cosor fueron instaladas en febrero del 2023 y El Tatio durante mayo del mismo año, por lo que el relleno tiene que ser analizado con esta consideración.

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 agosto.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
Chaxa	2 al 25 de agosto	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación y pan de evaporación seco.
LZA9-1 (Interna)	7 al 14 y del 23 al 31 de agosto	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación y pan de evaporación seco.
Cordillera de la Sal	1 al 12 de agosto	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación
LZA3-1 (Quelana)	8 al 13 y el 23 de agosto	Evaporación	Congelamiento del pan de evaporación
Cerro de Cosor	21 de agosto	Velocidad y dirección del viento	Problema con PLC

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.

Evaporación: LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna), Cordillera de la Sal y Chaxa

La matriz de correlación para la evaporación se presenta en la Figura 10. El relleno tomó en consideración la estación con registros validados para el día a evaluar con mayor coeficiente de correlación.

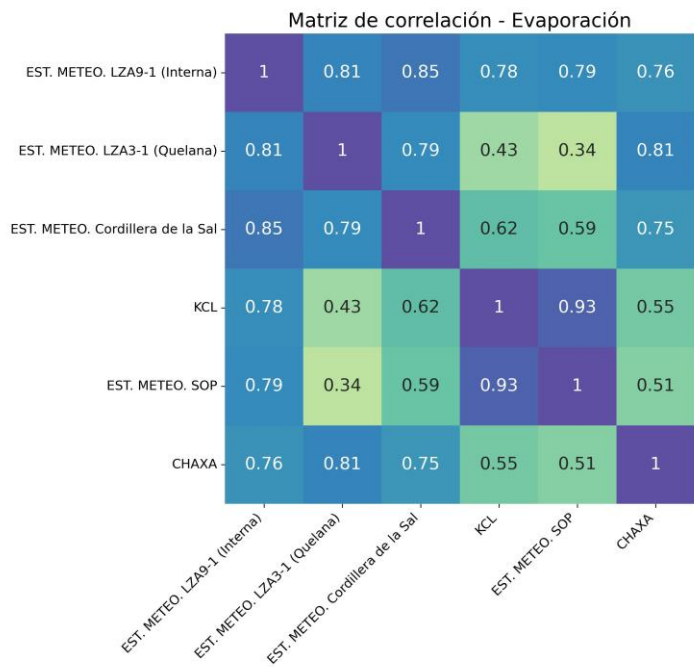


Figura 10: Matriz de correlación para la evaporación.

Para LZA3-1 (Quelana), el relleno se realizó considerando dos estaciones, KCL para el 8 al 12 y Cordillera de la Sal para el 13 y 23 de agosto, con porcentajes de correlación de 43% y 79% respectivamente. En LZA9-1 (Interna) se utilizaron tres estaciones; LZA3-1 (Quelana) para el día 7 (81% de correlación) SOP desde el 8 al 12 (79%) y Cordillera de la Sal desde el 13 al 31 (86%).

En Cordillera de la Sal, también se tomó como referencias dos estaciones, LZA9-1 (Interna) desde el 1 al 7 de agosto (86% de correlación) y KCL para el resto del periodo a rellenar (62%). Finalmente, el relleno de Chaxa consideró múltiples estaciones durante el mes (LZA3-1 (Quelana), 81% de correlación; KCL, 56% de correlación; Cordillera de la Sal, 76% de correlación), dependiendo de la disponibilidad de información.

Cerro Cosor: Velocidad y dirección del viento.

En la Figura 11 y Figura 12 se presentan las matrices de correlación para la velocidad y dirección del viento respectivamente. El relleno de la velocidad consideró la estación de El Tatio, con un porcentaje de correlación de 63% y en el caso de la dirección del viento, se utilizó la estación Domeyko (40% de correlación).

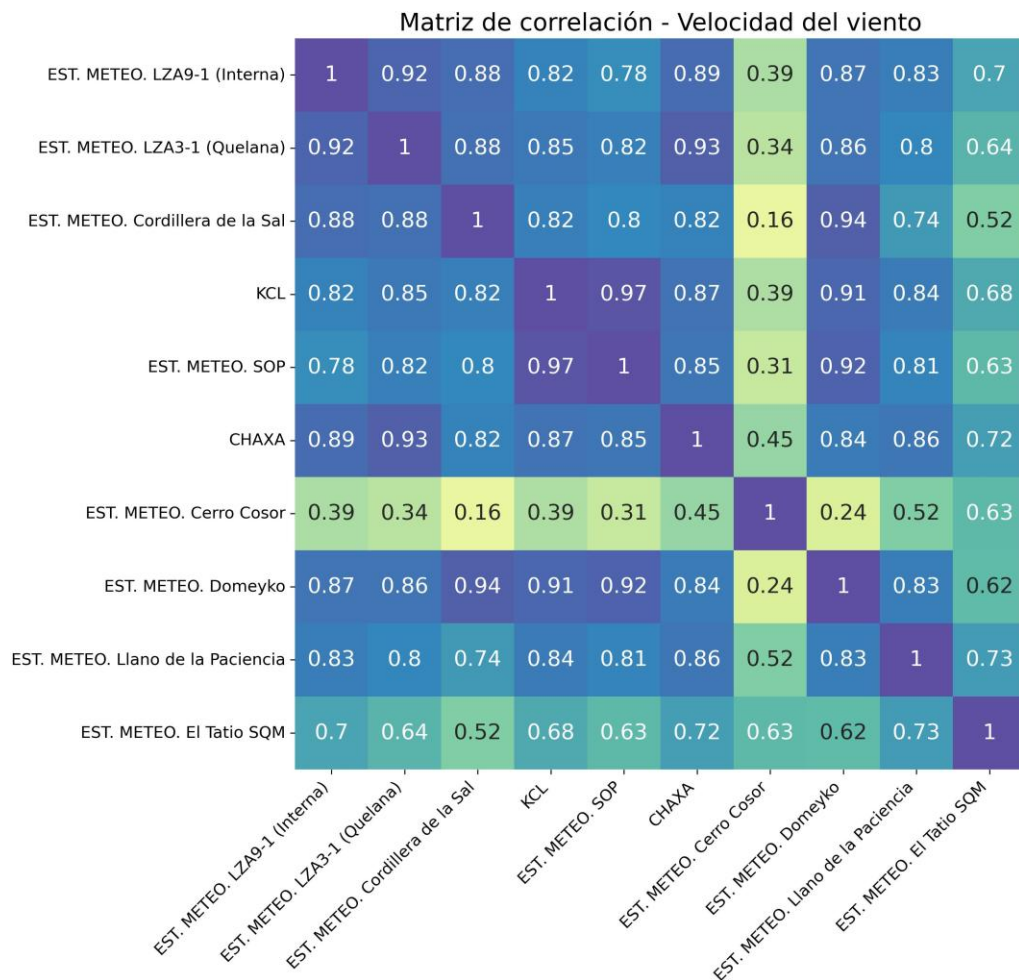


Figura 11: Matriz de correlación para la velocidad del viento.

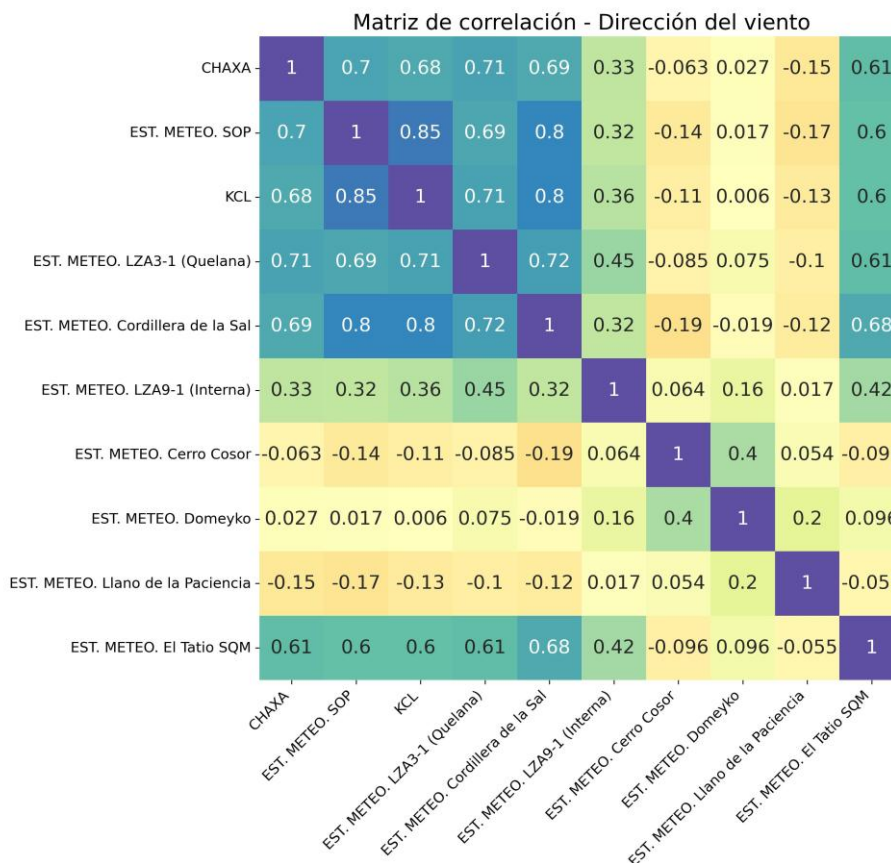


Figura 12: Matriz de correlación para la dirección del viento.

Conclusiones

Las estaciones meteorológicas, a excepción de LZA3-1 (Quelana), Chaxa, LZA9-1 (Interna), Cerro Cosor y Cordillera de la Sal, cuentan con un registro validado diario superior al 95%, permitiendo exitosamente el cálculo de parámetros diarios utilizando la herramienta ValMeteo.

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 SQM. Entre las razones para requerir relleno se encuentran panes de evaporación secos o congelamiento de estos y problemas con el PLC.

Referencias

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

Para:	Edwin Guzmán
De:	Camila Zúñiga
CC:	Daniela Valencia
Fecha:	6 de enero del 2025

Contenido

Introducción.....	2
Validación de parámetros meteorológicos.....	2
Precipitación	2
Humedad relativa	3
Presión atmosférica	3
Temperatura del aire	3
Radiación global.....	5
Evaporación	6
Velocidad del viento	7
Dirección del viento	7
Relleno de parámetros meteorológicos	8
Evaporación: LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y Cordillera de la Sal.....	9
KCL: Radiación global.....	10
Conclusiones	11
Referencias.....	11
 Figura 1: Precipitación diaria para el mes de septiembre.	3
Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de septiembre.....	4
Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de septiembre.	4
Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de septiembre.	5
Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de septiembre.	6
Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 25 al 27 de septiembre en las estaciones Chaxa y KCL....	6
Figura 8: Evaporación diaria para el mes de septiembre.	7
Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de septiembre.....	7
Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de septiembre.	8
Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.	9
Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.	10
 Tabla 1: Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.	2
Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de septiembre.	8

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico para el mes de septiembre 2024 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de SQM en Salar de Atacama en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) y operación continua de SQM. De acuerdo con el PdC, la meteorología validada mensual debe ser entregada a la autoridad el día 10 del mes siguiente.

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 proceso de validación fue realizado con la aplicación ValMeteo y 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 precipitación acumulada diaria se presenta en la Figura 1. En este mes, solo se reconocen dos pulsos aislados de 0.1 mm en el pluviómetro de balancín de estación Cerro Cosor para el 12 y 14 de septiembre. Los eventos de precipitación adicionales en el registro bruto corresponden a pruebas de pluviometría y outliers, los cuales fueron invalidados y justificados con ValMeteo.

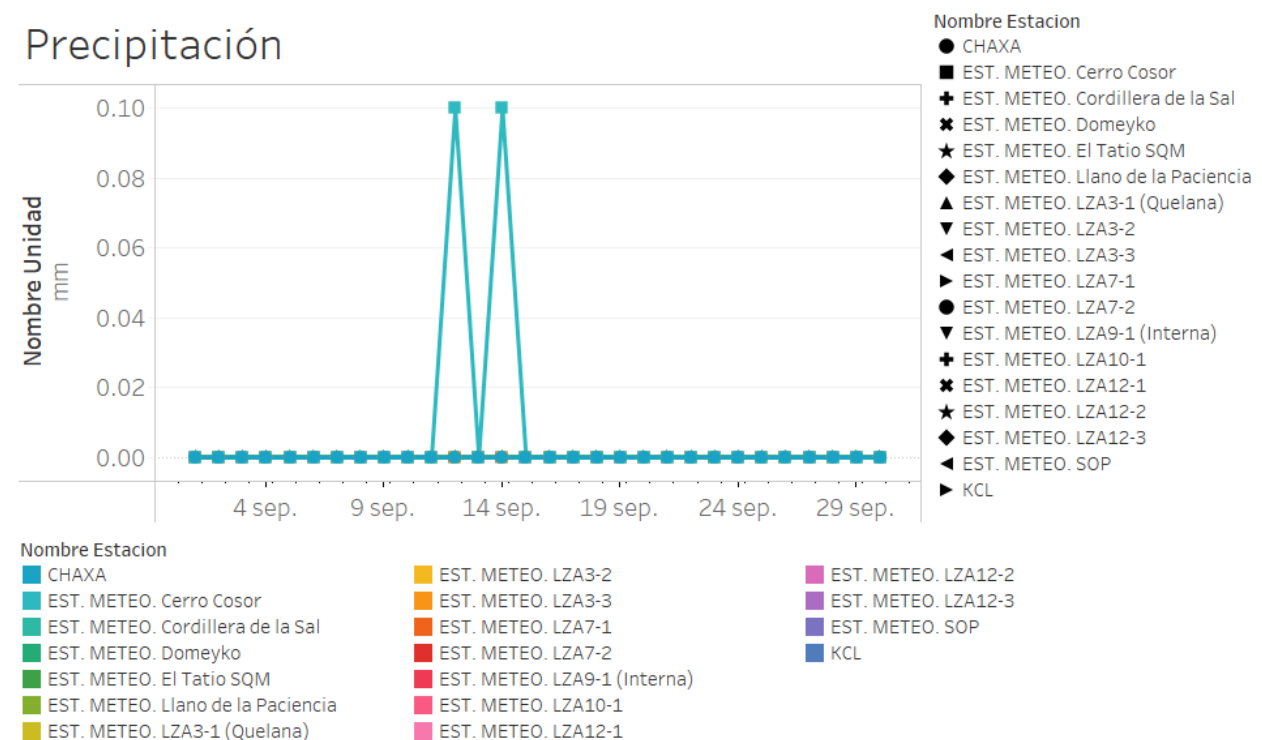


Figura 1: Precipitación diaria para el mes de septiembre.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria para septiembre. Los registros diarios de mayor magnitud fueron capturados por la estación de alta montaña El Tatio, con un máximo de 28.9% para el día 19 de septiembre.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para septiembre se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuentan con los registros de menor magnitud al estar instaladas sobre los 4.000 m.s.n.m.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra la temperatura promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica.

Humedad relativa

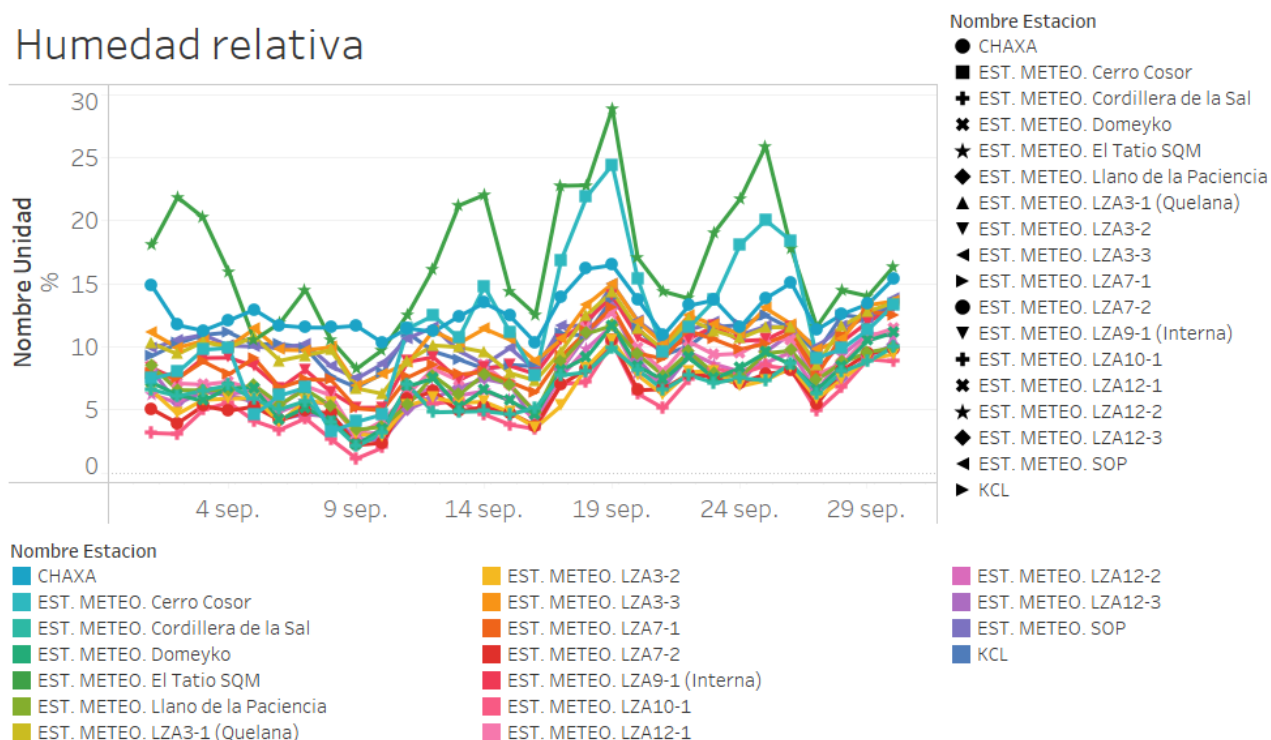


Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de septiembre.

Presión atmosférica

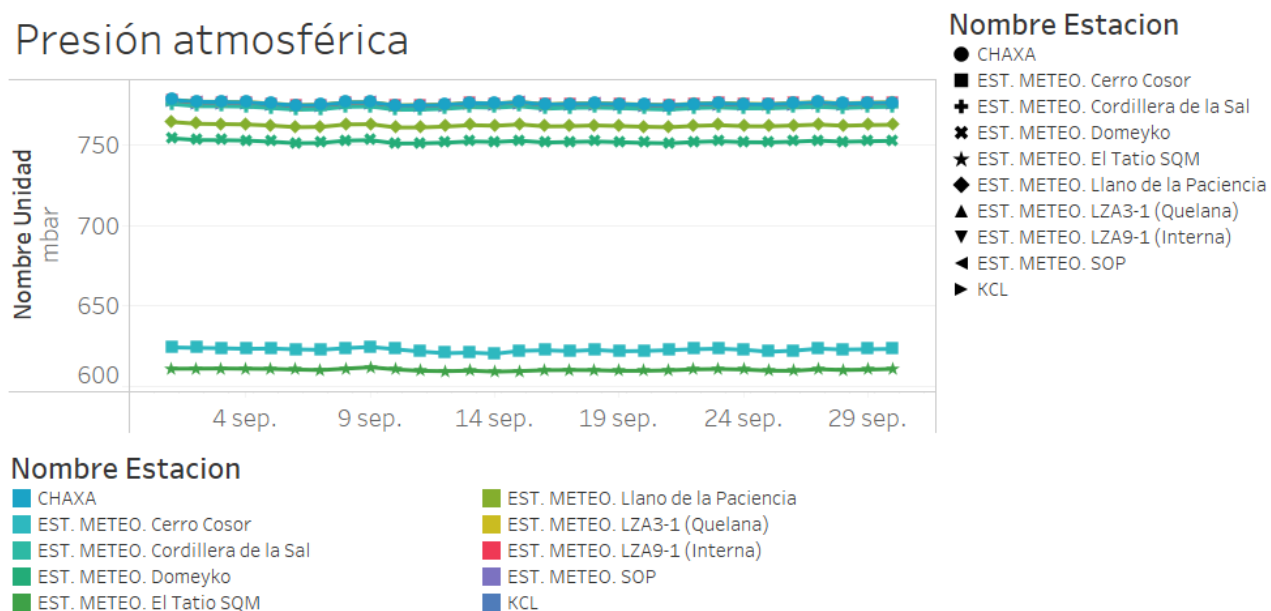


Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de septiembre.

Temperatura del aire

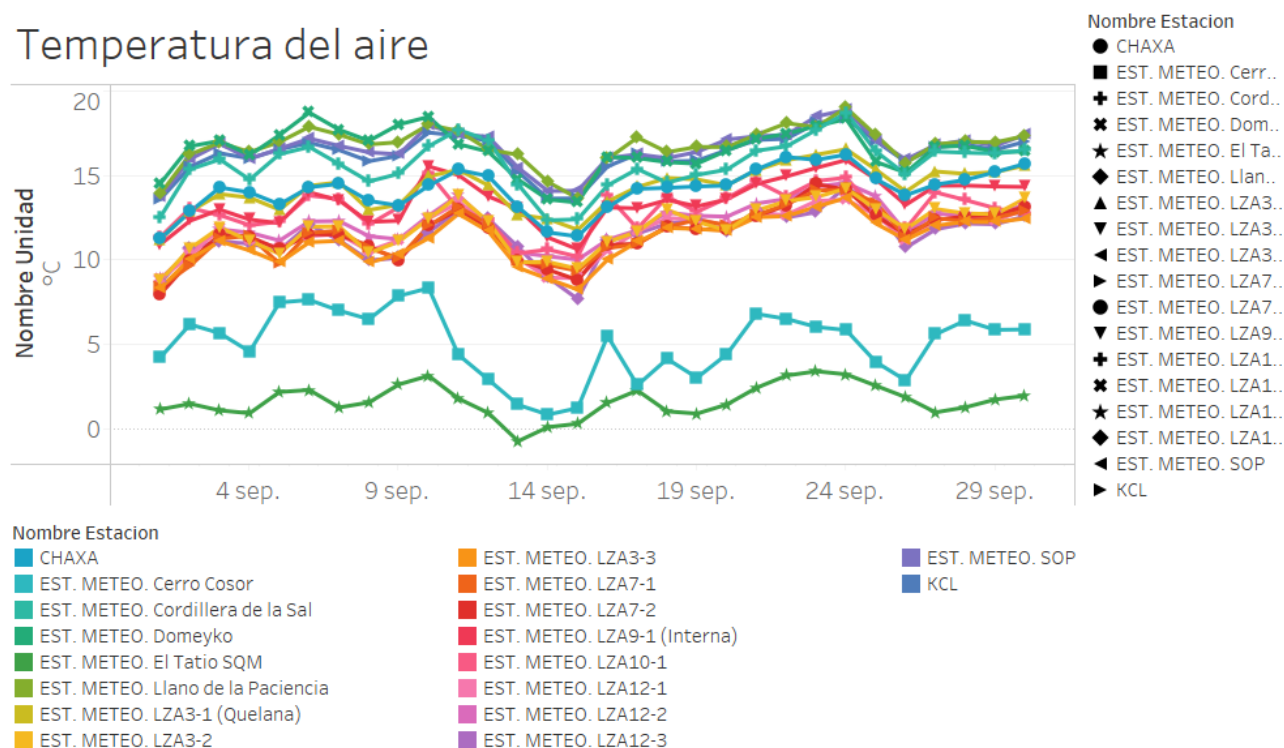


Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de septiembre.

Radiación global

La radiación promedio diaria se grafica en la Figura 5. En las estaciones Chaxa y KCL se identificaron registros anómalos recurrentes puntuales en rangos horarios específicos del día. Debido a la periodicidad de este fenómenos e información registrada durante las visitas de mantención, es consistente con una interferencia en el piranómetro por sombras provocadas por la misma instalación. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figura 6.

Los registros comprometidos fueron invalidados, pero no fue necesario rellenar al contar con más del 95% de la data registrada, a excepción del registro de KCL desde 1 al 13 de septiembre. Se detectó una disminución en la radiación máxima registrada por el piranómetro, posterior a una visita a la estación, se concluyó que esta perturbación fue consecuencia de un exceso de polvo sobre el sensor. Para prevenir este problema en el futuro, se aumentó la frecuencia de visita de mensual al quincenal.

El relleno de KCL se abordará en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Radiación global

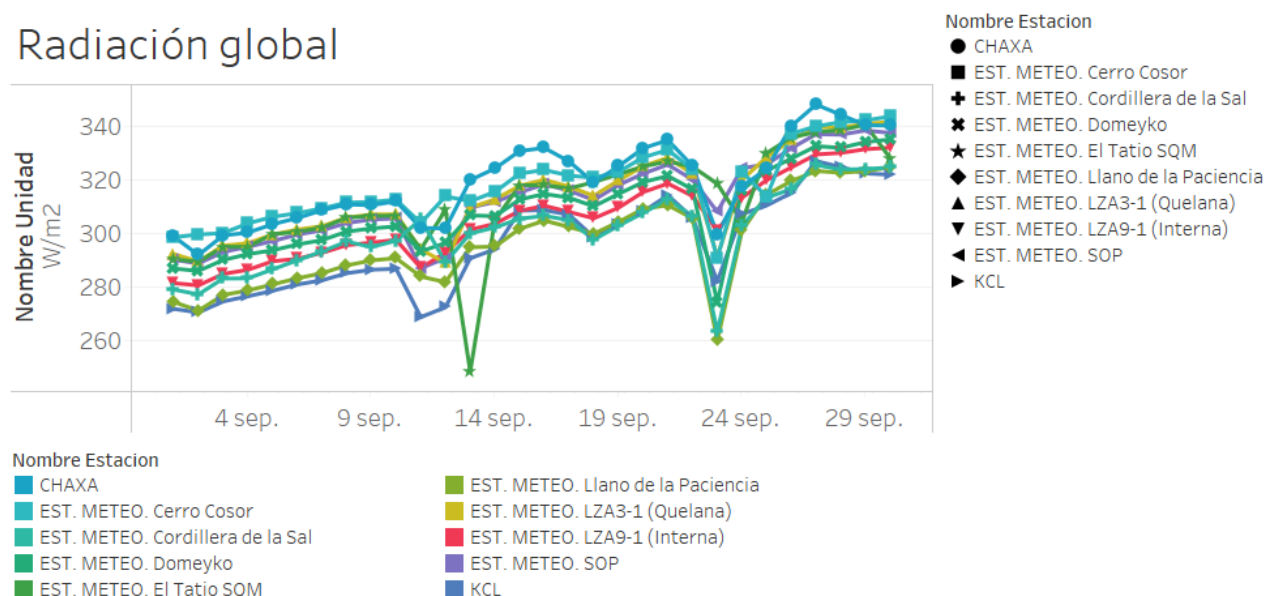


Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de septiembre.

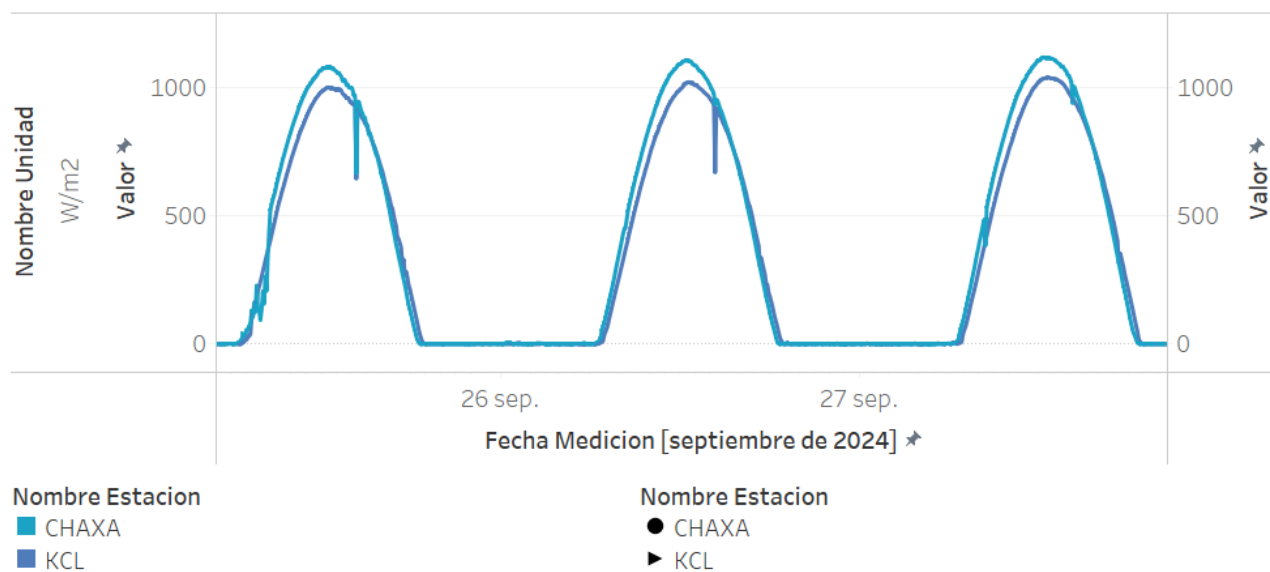


Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 25 al 27 de septiembre en las estaciones Chaxa y KCL.

Evaporación

En la Figura 7 se muestra la evaporación promedio diaria. El pan de evaporación de LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y Chaxa presentaron en periodos específicos del mes una columna de agua inferior al 5% de la altura del estanque. El relleno de esta variable se presenta en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Evaporación

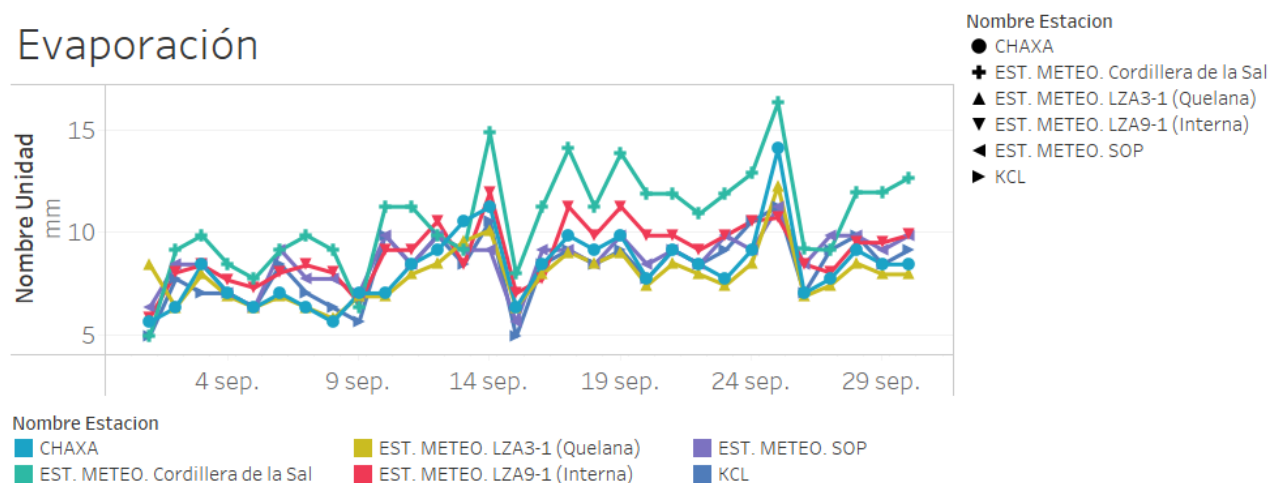


Figura 7: Evaporación diaria para el mes de septiembre.

Velocidad del viento

La velocidad del viento promedio diaria se presenta en la Figura 8.

Velocidad del viento

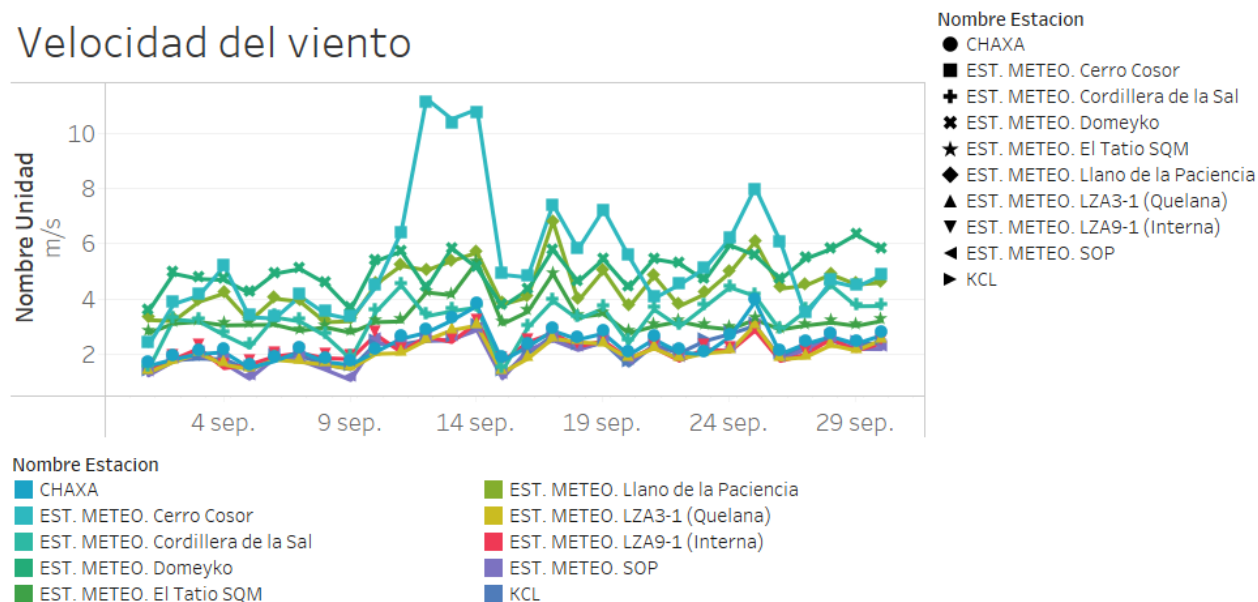


Figura 8: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de septiembre.

Dirección del viento

En la Figura 9 se presenta la mediana de la dirección del viento para el mes de septiembre.

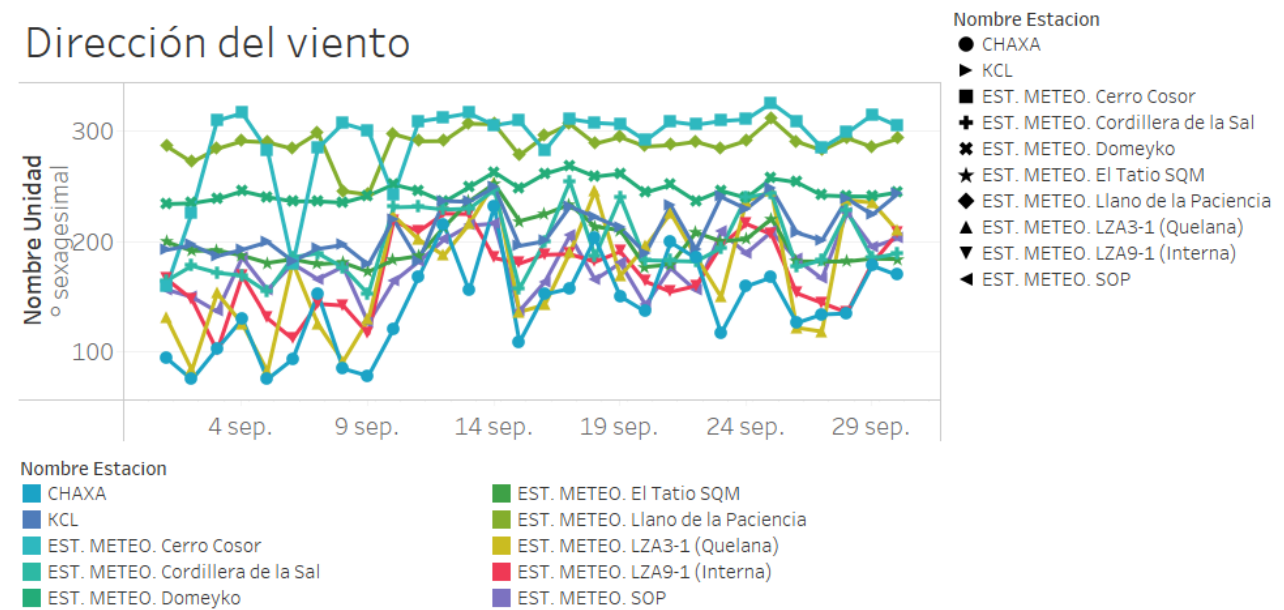


Figura 9: Dirección del viento promedio diario para el mes de septiembre.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenos debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. Vale la pena mencionar que el relleno para las estaciones instaladas hasta el 2022 cuentan con registros históricos desde el 2015 - 2017, lo cual mejora el proceso de selección de que estación y ecuación de la recta debe ser utilizada para el relleno. Para Llano de la Paciencia, Domeyko, Cerro Cosor fueron instaladas en febrero del 2023 y El Tatio durante mayo del mismo año, por lo que el relleno tiene que ser analizado con esta consideración.

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

Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de septiembre.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
LZA3-1 (Quelana)	2 al 30 de septiembre	Evaporación	Pan de evaporación seco.
LZA9-1 (Interna)	1 al 9 y 25 al 30 de septiembre	Evaporación	Pan de evaporación seco.
Cordillera de la Sal	14 al 15 y 19 al 26 de septiembre	Evaporación	Problema con sensor de presión y/o válvula de apertura automática.
KCL	1 al 13 de septiembre	Radiación global	Piranómetro cubierto por polvo

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.

Evaporación: LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y Cordillera de la Sal

La matriz de correlación para la evaporación se presenta en la Figura 10. El relleno de la estación LZA3-1 (Quelana) se realizó considerando la Chaxa con un porcentaje de correlación de 81%.

Para LZA9-1 (Interna) se tomó como referencia dos estaciones, Cordillera de la Sal y SOP, la última siendo utilizada para aquellos días en los que Cordillera de la Sal no contaba con el registro validado superior al 95%. El porcentaje de correlación para con ambas estaciones fue de 85% y 79% respectivamente.

Finalmente, el relleno de Cordillera de la Sal utilizó dos estaciones, LZA9-1 (Interna) y Chaxa con porcentajes de correlación de 85% y 75% respectivamente.

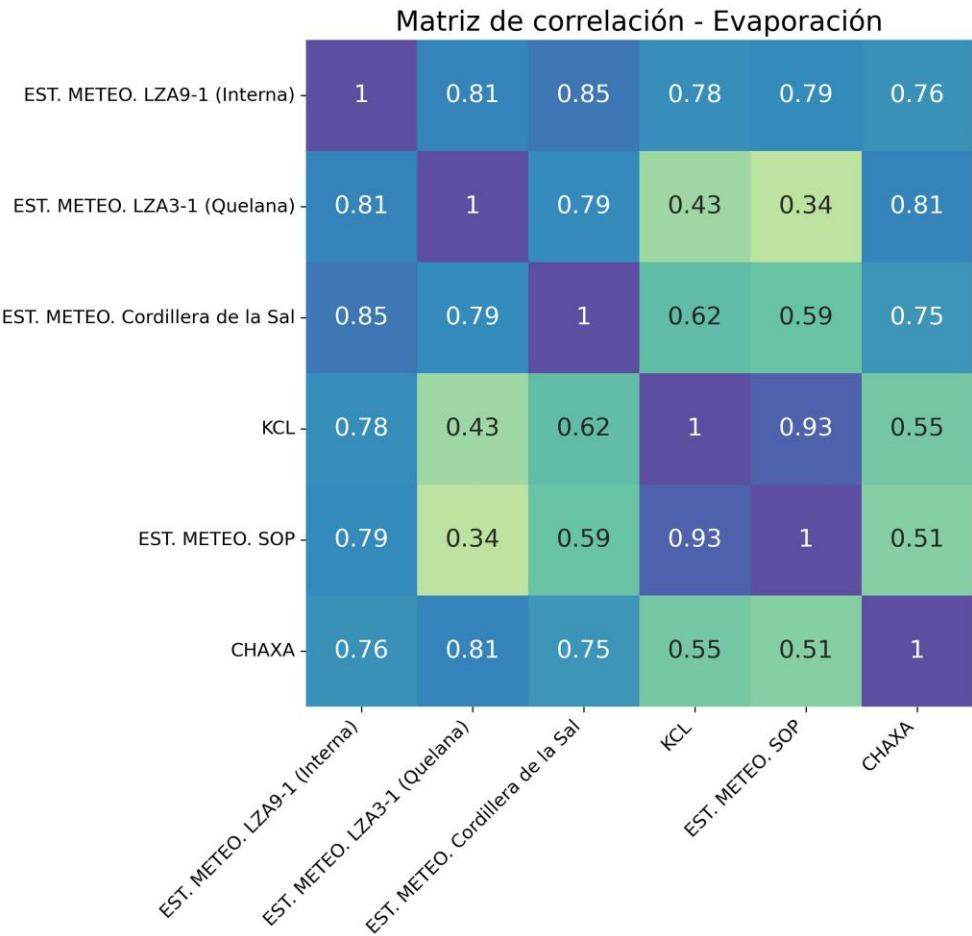


Figura 10: Matriz de correlación para la evaporación.

KCL: Radiación global

Tal como fue mencionado en la sección de radiación global, se observaron disminuciones bruscas en las mediciones de esta variable de manera reiterativa consistente con sombras sobre el piranómetro, resultado en un registro validado menor al 95%. El relleno de esta variable se hizo considerando como referencia la estación meteorológica SOP con un coeficiente de correlación de 0.98 (Figura 11).

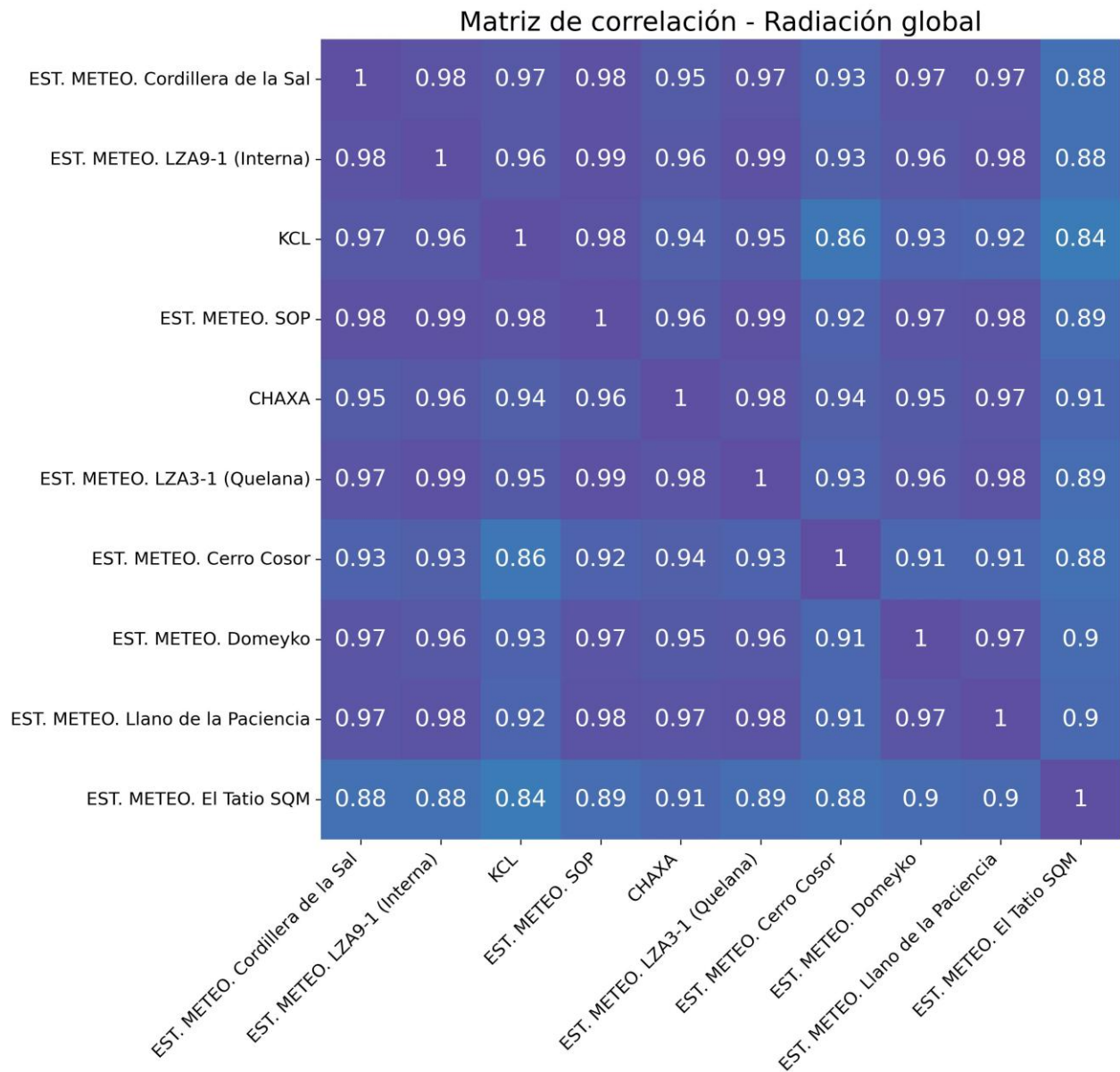



Figura 11: Matriz de correlación para la radiación global.

	Validación y relleno de variables meteorológicas septiembre 2024	MEMO SIRAYSH_24016 Versión 0 Página 11 de 11
--	---	---

Conclusiones

Las estaciones meteorológicas, a excepción de LZA3-1 (Quelana), KCL, LZA9-1 (Interna) y Cordillera de la Sal, cuentan con un registro validado diario superior al 95%, permitiendo exitosamente el cálculo de parámetros diarios utilizando la herramienta ValMeteo.

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 SQM. Entre las razones para requerir relleno se encuentran panes de evaporación secos, polvo sobre el piranómetro, problemas con el sensor de presión y/o válvula de relleno automático en bandeja de evaporación.

Referencias

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

.Para:	Edwin Guzmán
De:	Camila Zúñiga
CC:	Daniela Valencia
Fecha:	6 de enero del 2025

Contenido

Introducción.....	2
Validación de parámetros meteorológicos.....	3
Precipitación	3
Humedad relativa	3
Presión atmosférica	4
Temperatura del aire	4
Radiación global.....	4
Evaporación	8
Velocidad del viento	8
Dirección del viento	9
Relleno de parámetros meteorológicos	10
Evaporación: LZA3-1 (Quelana)	10
KCL: Radiación global.....	10
Cerro Cosor: Velocidad y dirección del viento.....	10
Domeyko.....	11
Conclusiones	17
Referencias.....	18
 Figura 1: Precipitación diaria para el mes de octubre.	3
Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de octubre.....	5
Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de octubre.	6
Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de octubre.	6
Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de octubre.	7
Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 8 al 10 de octubre en las estaciones Chaxa, SOP y KCL. ..	7
Figura 7: Registro bruto de radiación global en KCL para el día 9 de octubre.....	8
Figura 8: Evaporación diaria para el mes de octubre.	8
Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de octubre.....	9
Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de octubre.	9
Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.	11
Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.	12

Figura 13: Matriz de correlación para la velocidad del viento.....13
 Figura 14: Matriz de correlación para la dirección del viento.14
 Figura 15: Matriz de correlación para la presión atmosférica.....15
 Figura 16: Matriz de correlación para la temperatura del aire.16
 Figura 17: Matriz de correlación para la humedad relativa.....17

 Tabla 1: Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.2
 Tabla 2: Precipitación acumulada4
 Tabla 3: Parámetros rellenos para el mes de octubre.....10

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico para el mes de octubre 2024 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de SQM en Salar de Atacama en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) y operación continua de SQM. De acuerdo con el PdC, la meteorología validada mensual debe ser entregada a la autoridad el día 10 del mes siguiente.

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 Tatío	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA3-2	◊	◊		◊	◊			
LAZA3-3	◊	◊		◊	◊			
LZA7-1	◊	◊		◊	◊			
LZA7-2	◊	◊		◊	◊			
LZA10-1	◊	◊		◊	◊			
LZA12-1	◊	◊		◊	◊			
LAZ12-2	◊	◊		◊	◊			
LZA12-3	◊	◊		◊	◊			

El proceso de validación fue realizado con la aplicación ValMeteo y 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 precipitación acumulada diaria se presenta en la Figura 1. Durante este mes se registraron precipitaciones y el detalle de la lluvia capturada según estación se presenta en la Tabla 1.

El 7 de octubre, 12 de las 18 estaciones meteorológicas registraron precipitaciones, cuyo máximo fue capturado en KCL con 4 mm/día. En los días 8 y 10 de octubre, las lluvias se restringieron a la alta montaña, en particular, al sector monitoreado con la estación Cerro Cosor.

Los eventos de precipitación adicionales en el registro bruto corresponden a pruebas de pluviometría y outliers, los cuales fueron invalidados y justificados con ValMeteo.

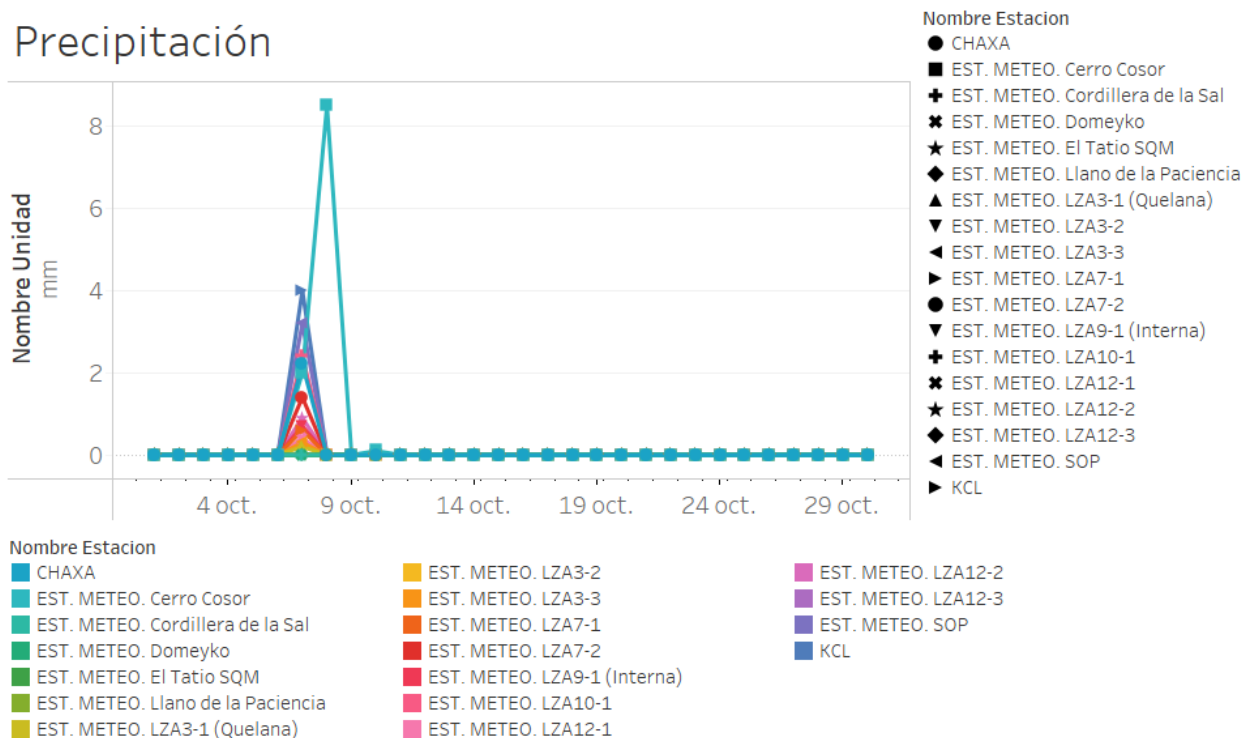


Figura 1: Precipitación diaria para el mes de octubre.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria para octubre. Se observa un ascenso en ese parámetro coincidente con el periodo de precipitaciones registrados por los pluviómetros. El aumento de la humedad relativa diaria comienza aproximadamente 3 días previo al evento.

Tabla 2: Precipitación acumulada

Precipitación Tabla

Año de F echa Me dicion	Mes de F echa Me dicion	Día de F echa Me dicion	Nombre Unidad / Nombre Estacion mm																
			CHAXA	EST. METEO. Cerro Cosor	EST. METEO. Cordillera de la Sal	EST. METEO. Domeyko	EST. METEO. El Tatio SQM	EST. METEO. Llano de la Paciencia	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	EST. METEO. LZA3-2	EST. METEO. LZA3-3	EST. METEO. LZA7-1	EST. METEO. LZA7-2	EST. METEO. LZA9-1 (Interna)	EST. METEO. LZA10-1	EST. METEO. LZA12-1	EST. METEO. LZA12-2	EST. METEO. LZA12-3	EST. METEO. SOP
2024	octubre	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		7	2.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.6	1.4	0.7	2.4	0.4	0.9	0.0	3.2	4.0
		8	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		10	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Valor

0.0

0.1

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para octubre se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuentan con los registros de menor magnitud al estar instaladas sobre los 4.000 m.s.n.m.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra la temperatura promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica.

Se observa un descenso en la temperatura del aire hacia el 7 de octubre, coincidente con las precipitaciones registradas durante este mes. Las mínimas temperaturas diarias del mes se registran el 10 de octubre, destacando la temperatura de Cerro Cosor, con -4.7 °C promedio diario.

Radiación global

La radiación promedio diaria se grafica en la Figura 5. En todas las estaciones se observa un descenso durante el periodo lluvioso.

En las estaciones Chaxa, KCL y SOP se identificaron registros anómalos recurrentes puntuales en rangos horarios específicos del día. Debido a la periodicidad de este fenómenos e información registrada durante las visitas de mantención, es consistente con una interferencia en el piranómetro por sombras provocadas por la misma instalación. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figura 6

Los registros comprometidos fueron invalidados, pero no fue necesario rellenar al contar con más del 95% de la data registrada. Una excepción a lo anterior ocurre en KCL, tal como se muestra en la Figura 7, se observa una marcada y repetitiva disminución en la radiación a partir de las 16:30 hrs. con una duración de una a dos horas alcanzando valores cercanos a los 60 W/m2. El fenómeno comenzó el 20 de este mes, pero solo el 28 de octubre fue necesario realizar un relleno, lo que será abordado en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

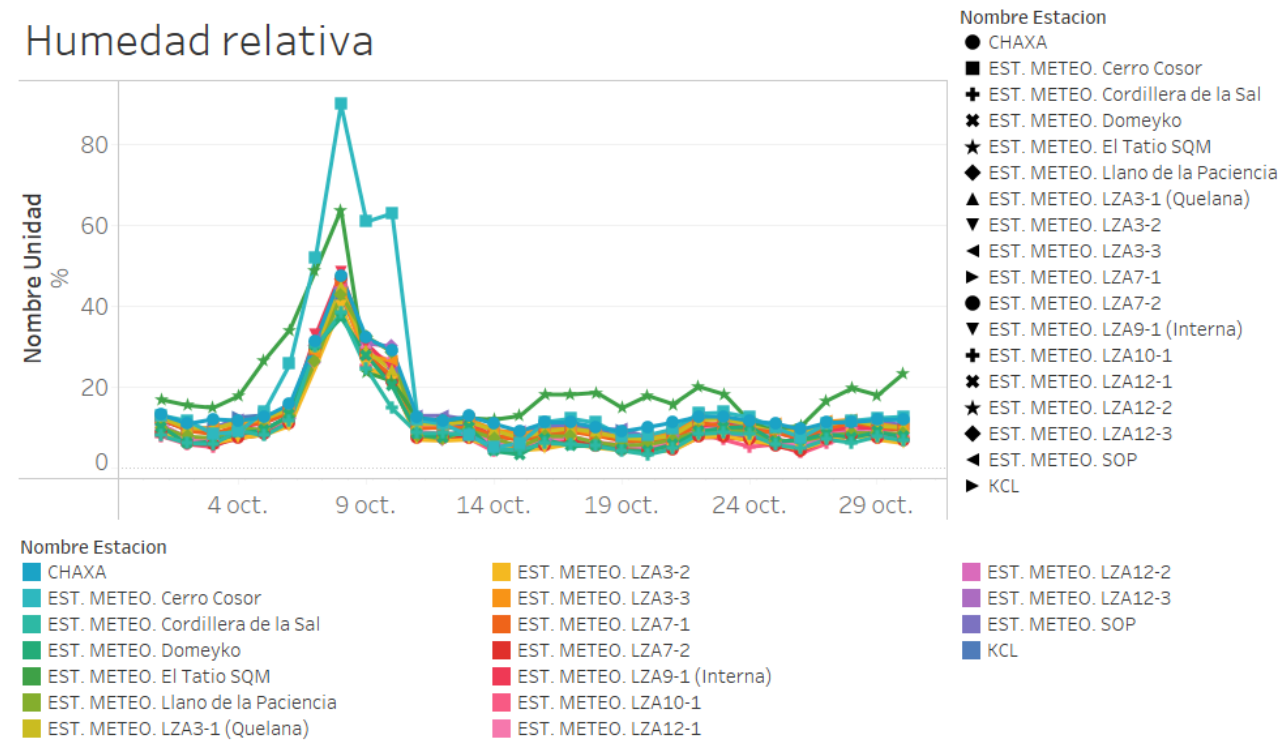
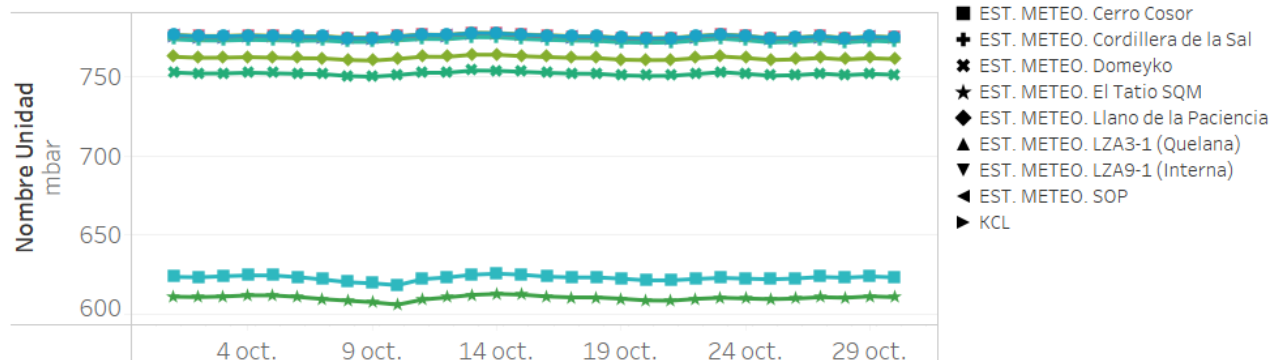


Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de octubre.

Presión atmosférica



Nombre Estacion



Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de octubre.

Temperatura del aire

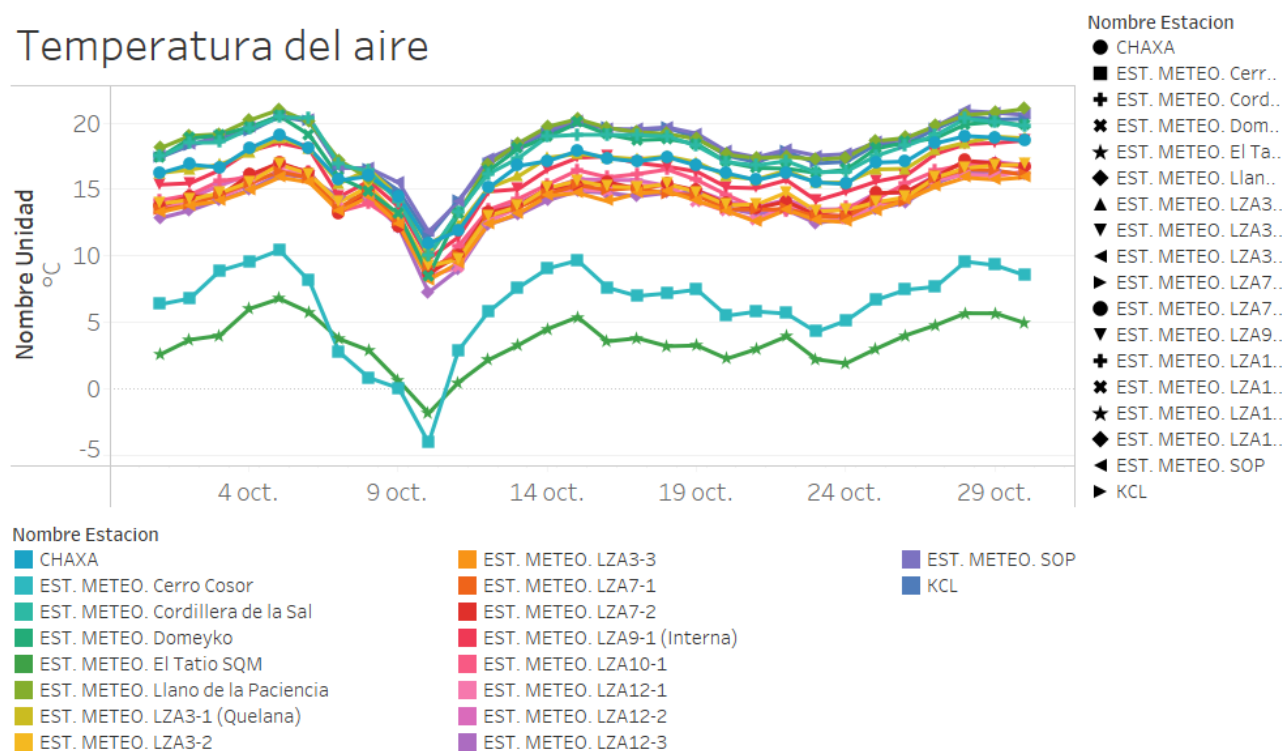


Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de octubre.

Radiación global

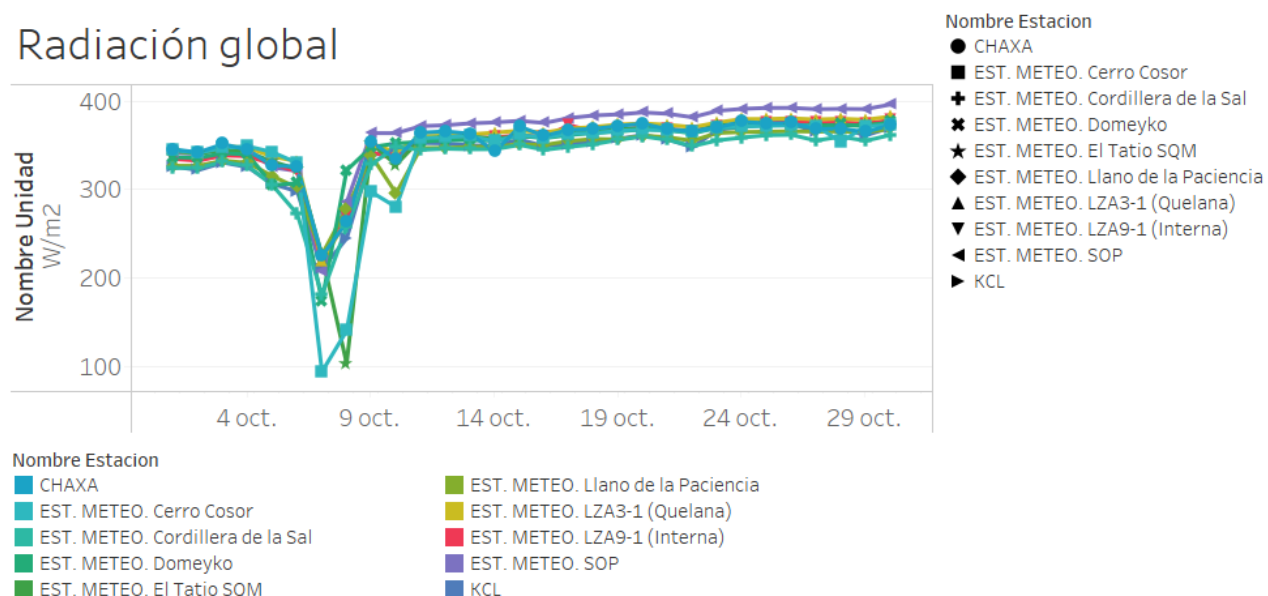


Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de octubre.

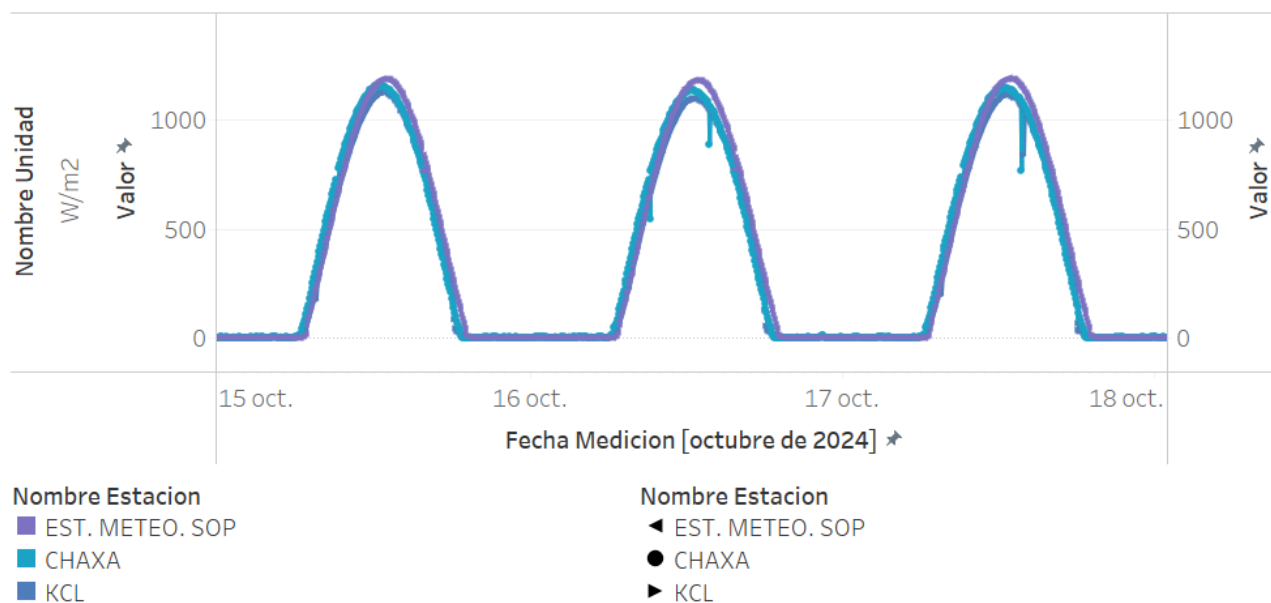


Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 15 al 17 de octubre en las estaciones Chaxa, SOP y KCL.

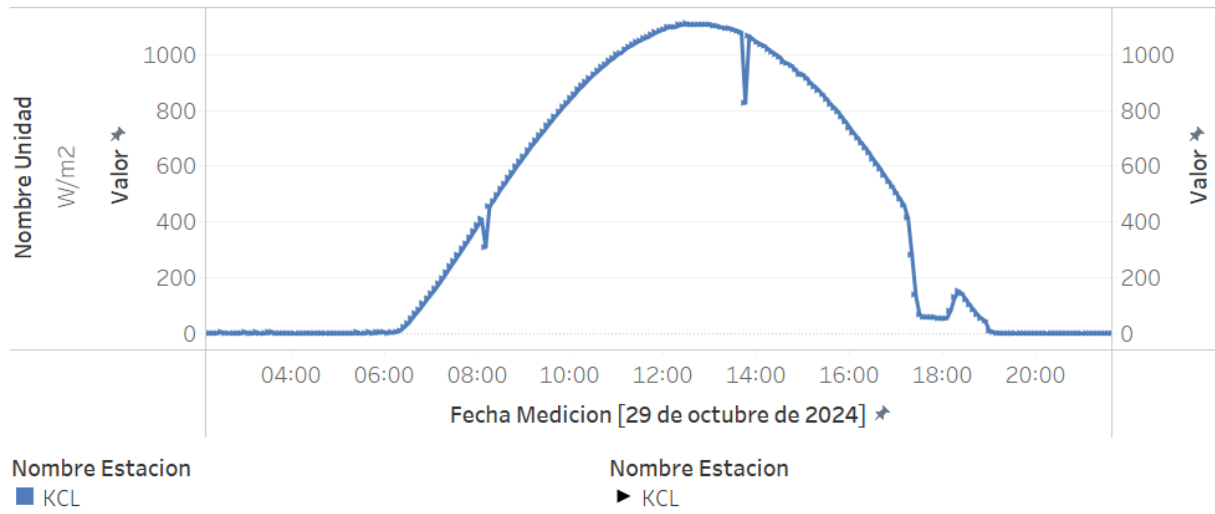


Figura 7: Registro bruto de radiación global en KCL para el día 29 de octubre.

Evaporación

En la Figura 8 se muestra la evaporación promedio diaria. Al igual que con el resto de las variables, se observa una disminución en la tasa de evaporación debido a las precipitaciones.

El pan de evaporación de LZA3-1 (Quelana) presentó una columna de agua inferior al 5% de la altura del estanque entre el 1 y 8 de octubre. El relleno de esta variable se presenta en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Evaporación

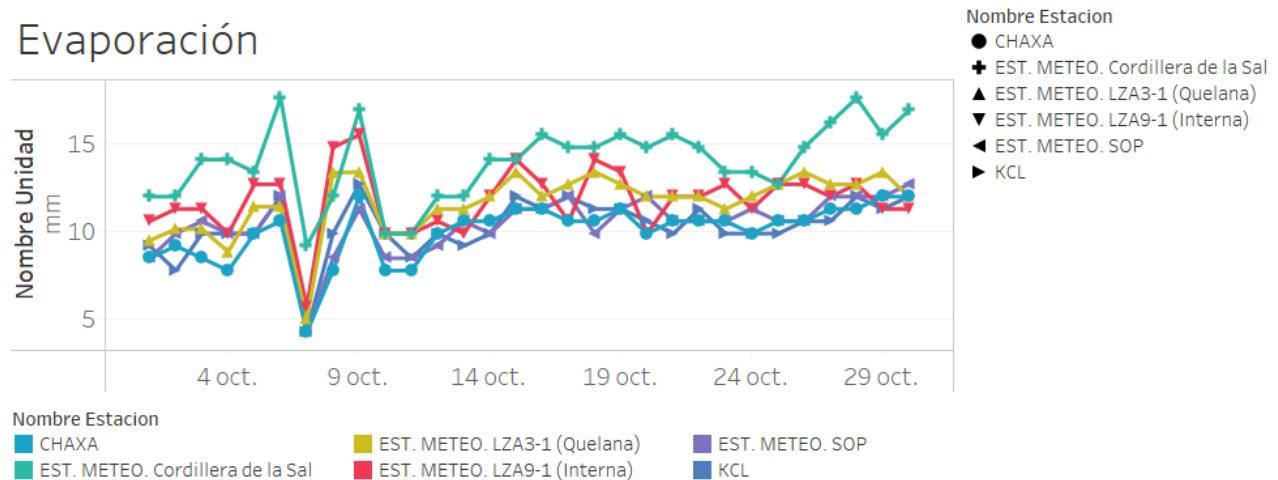


Figura 8: Evaporación diaria para el mes de octubre.

Velocidad del viento

La velocidad del viento promedio diaria se presenta en la Figura 9. En los días 7, 8 y 10 de octubre se registraron outliers en la estación Cerro Cosor para esta variable, lo cual implicó que el registro validado fuera inferior al 70%. El relleno para la velocidad del viento será abordado en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Velocidad del viento

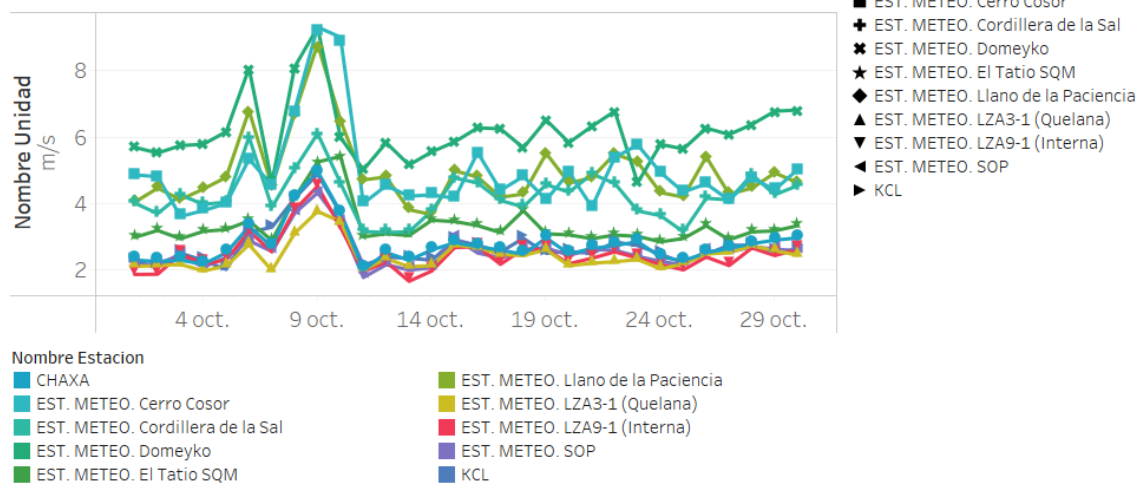


Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de octubre.

Dirección del viento

En la Figura 10 se presenta la mediana de la dirección del viento para el mes de octubre. En los días 7, 8 y 10 de octubre también se registraron outliers en la estación Cerro Cosor para esta variable, lo cual implicó que el registro validado fuera inferior al 70%. El relleno para la dirección del viento será abordado en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Dirección del viento

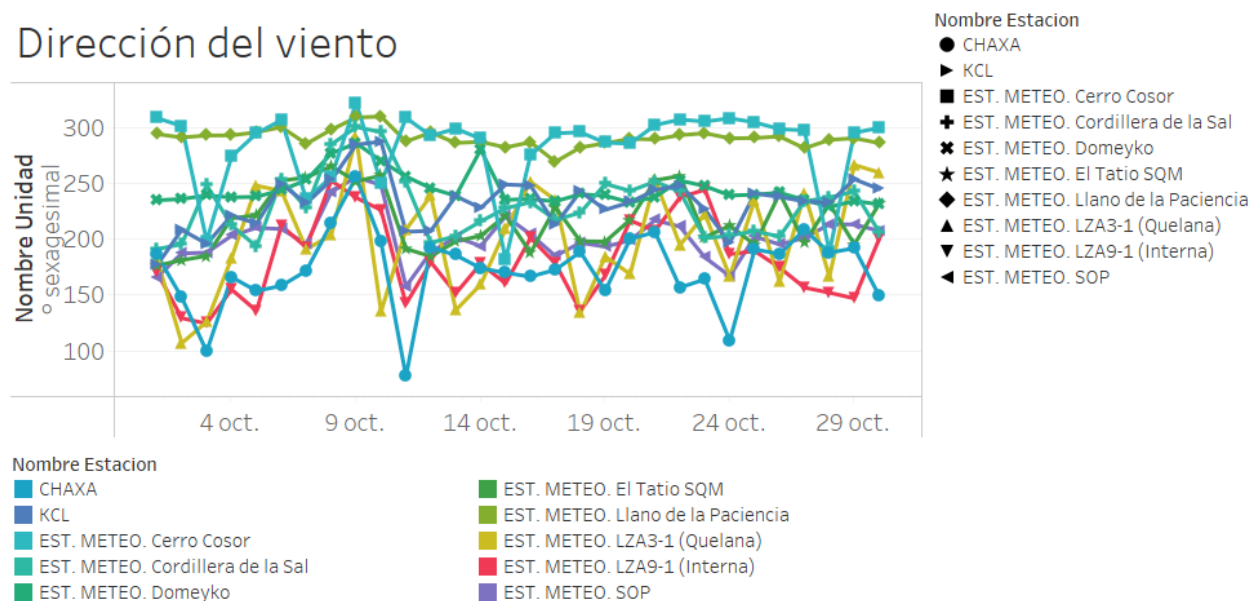


Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de octubre.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 3 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenos debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. Vale la pena mencionar que el relleno para las estaciones instaladas hasta el 2022 cuentan con registros históricos desde el 2015 - 2017, lo cual mejora el proceso de selección de que estación y ecuación de la recta debe ser utilizada para el relleno. Para Llano de la Paciencia, Domeyko, Cerro Cosor fueron instaladas en febrero del 2023 y El Tatio durante mayo del mismo año, por lo que el relleno tiene que ser analizado con esta consideración.

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

Tabla 3: Parámetros rellenos para el mes de octubre.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
LZA3-1 (Quelana)	1 al 8 de octubre	Evaporación	Pan de evaporación seco.
KCL	28 de octubre	Radiación global	Sombra por estructura sobre el piranómetro.
Cerro Cosor	7, 8 y 10 de octubre	Velocidad y dirección del viento	Problema en PLC.
Domeyko	14 de octubre	Humedad relativa, radiación global, presión atmosférica, temperatura del aire, precipitación, velocidad y dirección del viento.	Degradación de la comunicación satelital

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.

Evaporación: LZA3-1 (Quelana)

La matriz de correlación para la evaporación se presenta en la Figura 11. El relleno de la estación LZA3-1 (Quelana) se realizó considerando la estación LZA9-1 (Interna) con un porcentaje de correlación de 82%.

KCL: Radiación global

Tal como fue mencionado en la sección de radiación global, se observaron disminuciones bruscas en las mediciones de esta variable de manera reiterativa consistente con sombras sobre el piranómetro, resultado en un registro validado menor al 95%. El relleno de esta variable se hizo considerando como referencia la estación meteorológica SOP con un coeficiente de correlación de 0.98 (Figura 12).

Cerro Cosor: Velocidad y dirección del viento

En las Figura 13 y Figura 14 se muestran las matrices de correlación para la velocidad y dirección del viento respectivamente. El relleno para la velocidad tomó en consideración la estación El Tatio, con un porcentaje de correlación del 64%. En cuanto a la dirección del viento, el relleno se realizó con la estación Domeyko, con el 28% de correlación.

Domeyko

El relleno de esta estación para el día 14 de octubre tomó en consideración 3 estaciones meteorológicas. Llano de la Paciencia fue utilizada como referencia para la presión atmosférica y temperatura del aire, con coeficientes de correlación de 0.99 (Figura 15) y 0.98 (Figura 16) respectivamente. Para las variables velocidad del viento, humedad relativa y radiación global, se consideró la estación Cordillera de la Sal, con coeficientes de 0.94 (Figura 13), 0.98 (Figura 17) y 0.97 (Figura 12). Finalmente, la dirección del viento se relleno tomando como referencia a Cerro Cosor, con un coeficiente de 0.28.

La precipitación fue rellena con 0 mm ya que no se registraron precipitaciones es estaciones vecinas de la red meteorológica SQM

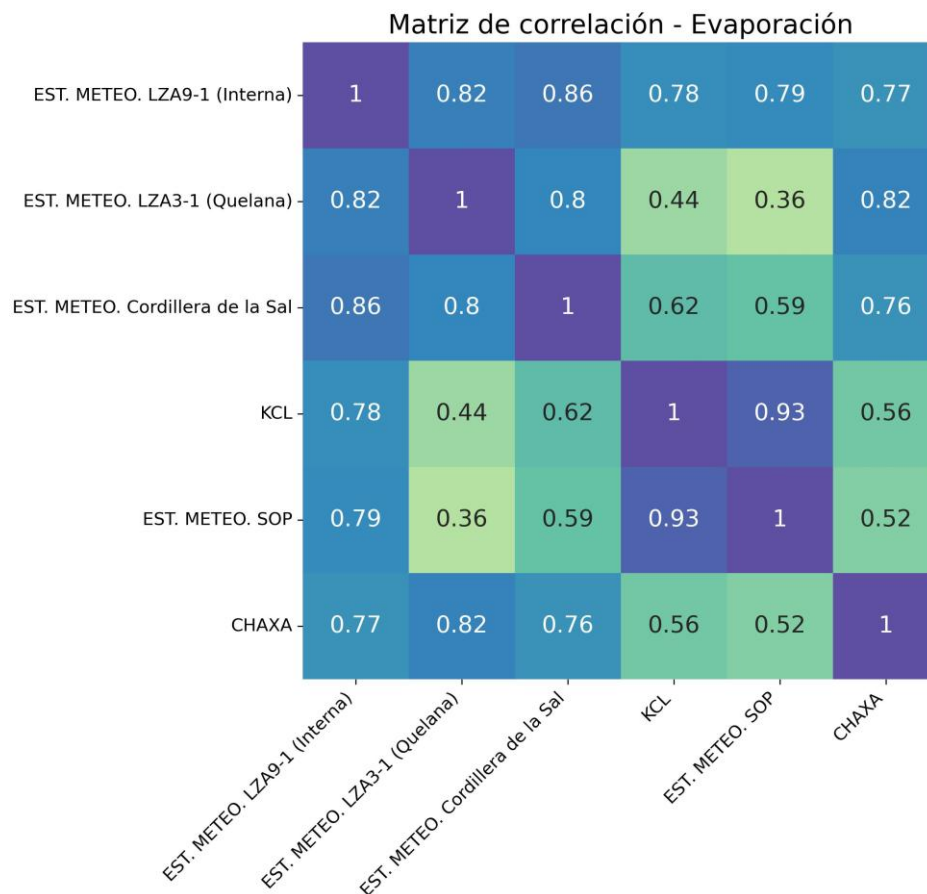


Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.

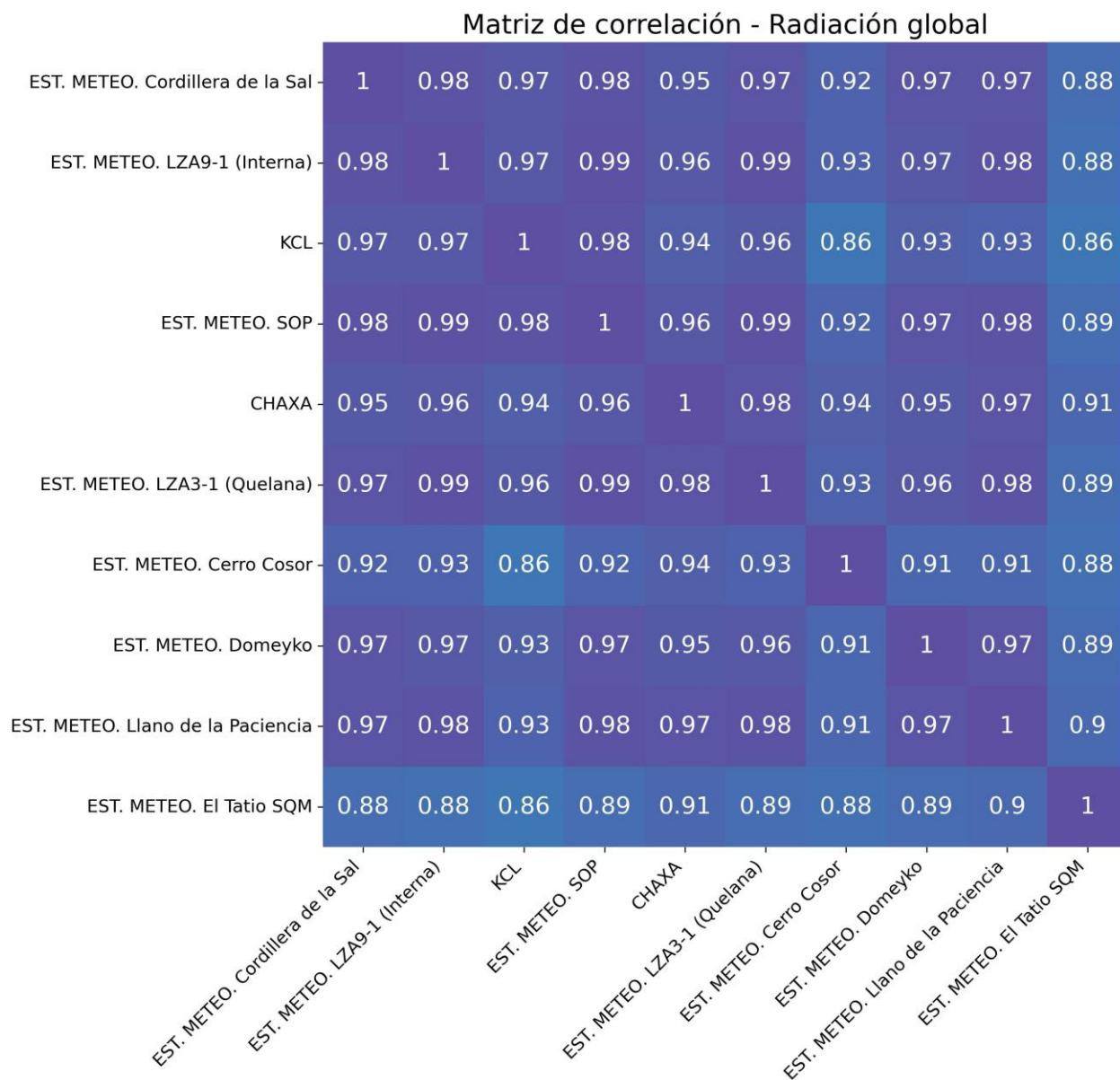


Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.

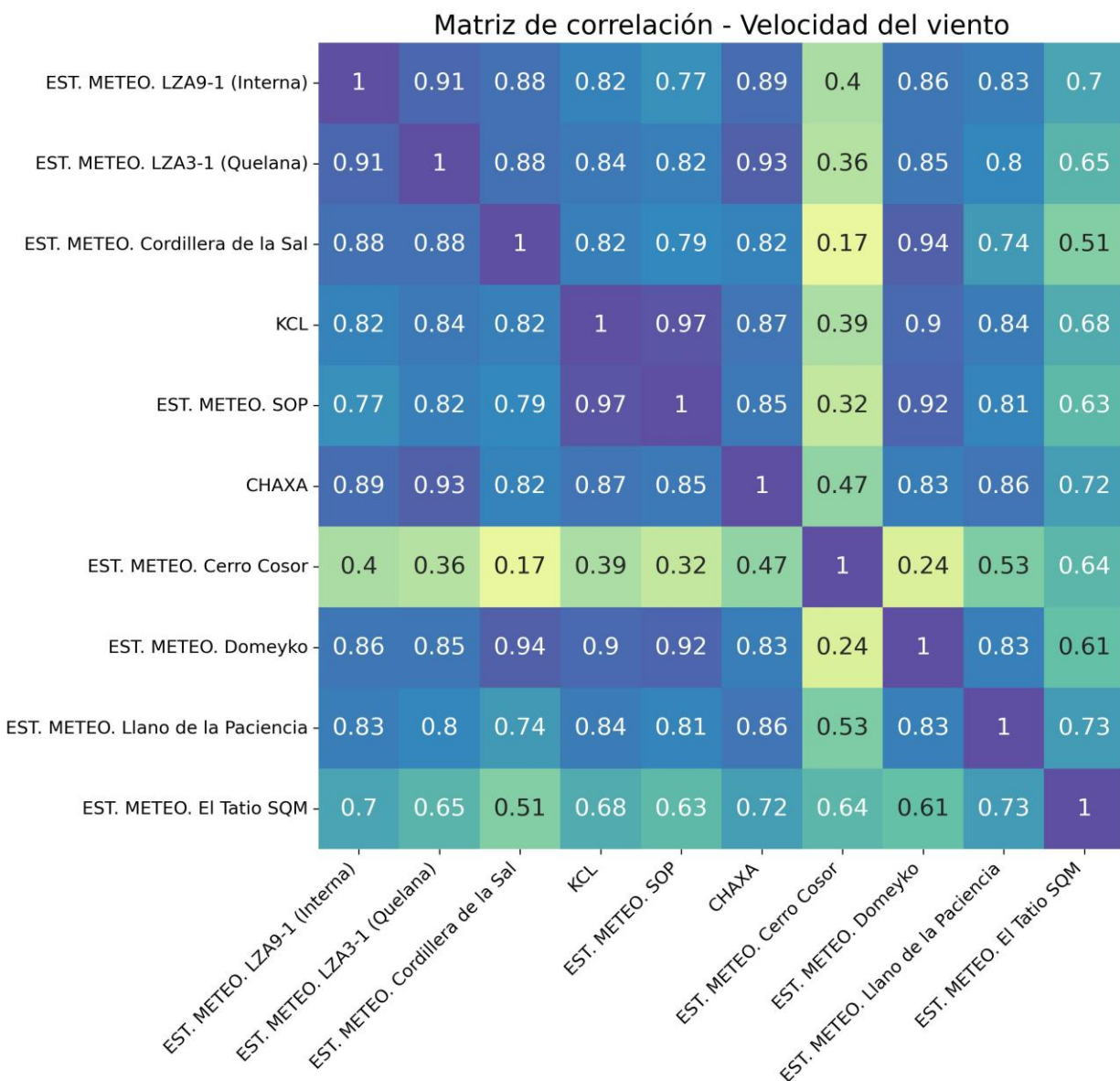


Figura 13: Matriz de correlación para la velocidad del viento.



Figura 14: Matriz de correlación para la dirección del viento.

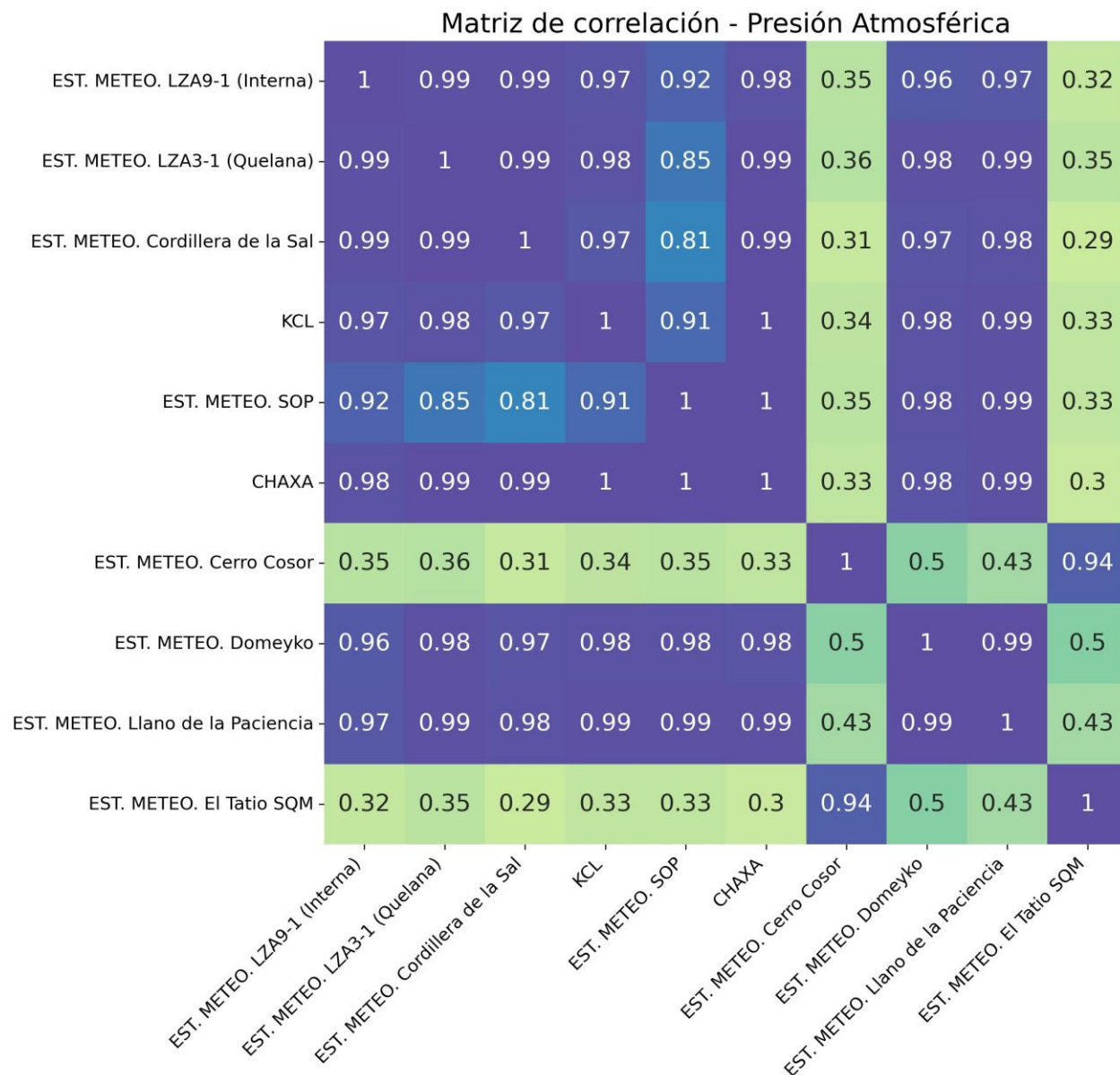


Figura 15: Matriz de correlación para la presión atmosférica.

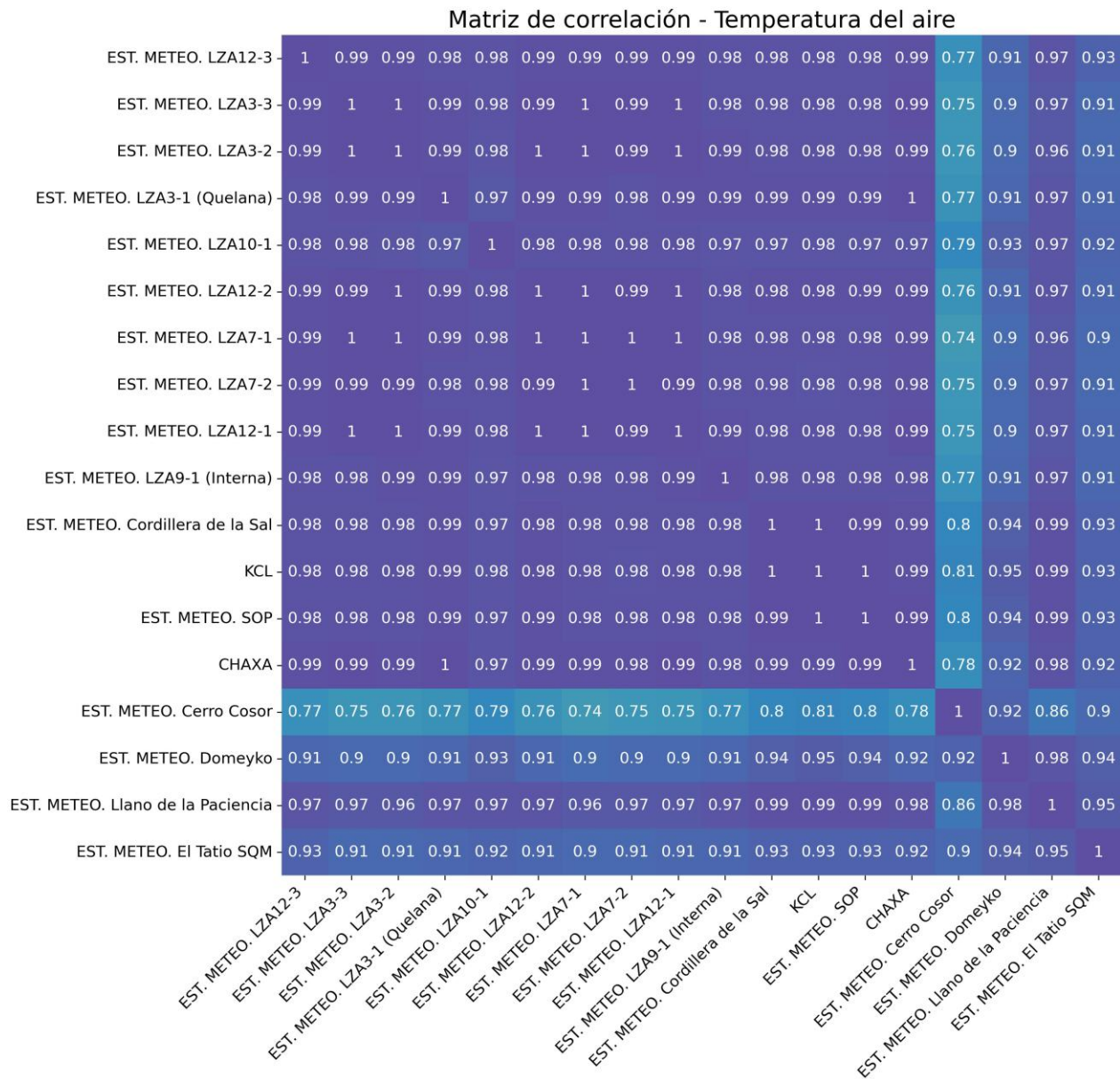


Figura 16: Matriz de correlación para la temperatura del aire.

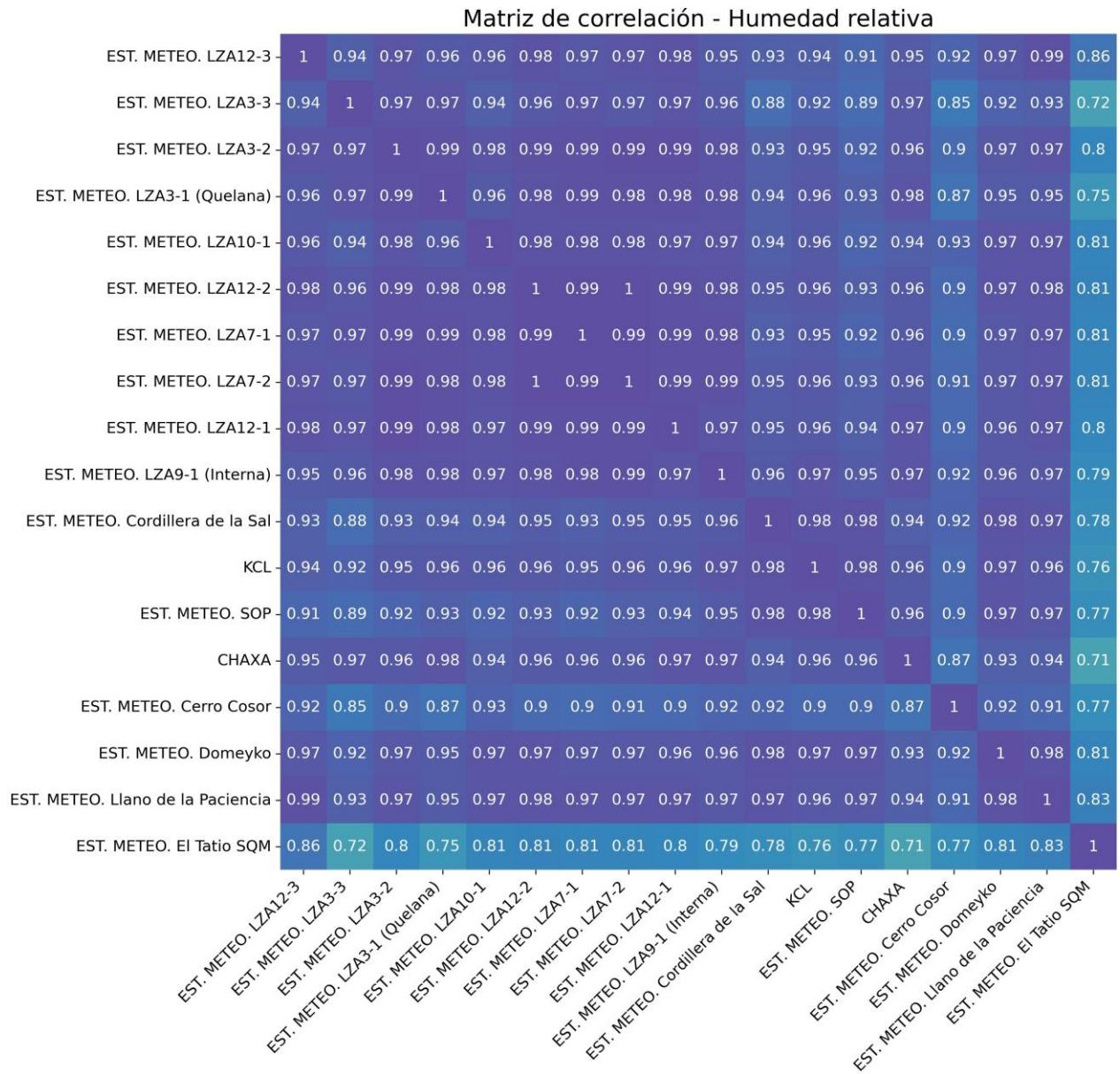



Figura 17: Matriz de correlación para la humedad relativa.

Conclusiones

Las estaciones meteorológicas, a excepción de LZA3-1 (Quelana), KCL, Cerro Cosor y Domeyko, cuentan con un registro validado diario superior al 95%, permitiendo exitosamente el cálculo de parámetros diarios utilizando la herramienta ValMeteo.

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

	Validación y relleno de variables meteorológicas octubre 2024	MEMO SIRAYSH_24017 Versión 0 Página 18 de 18
--	--	---

otras estaciones de la red de monitoreo meteorológico SQM. Entre las razones para requerir relleno se encuentran paneles de evaporación secos, sombra sobre el piranómetro, problemas con el PLC y degradación de la señal satelital.

Referencias

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

Para:	Edwin Guzmán
De:	Camila Zúñiga
CC:	Daniela Valencia
Fecha:	3 de enero del 2025

Contenido

Introducción.....	2
Validación de parámetros meteorológicos.....	2
Precipitación	2
Humedad relativa	3
Presión atmosférica	3
Temperatura del aire	3
Radiación global.....	5
Evaporación	7
Velocidad del viento	7
Dirección del viento	8
Relleno de parámetros meteorológicos	9
Evaporación: LZA3-1 (Quelana) y LZA9-1 (Interna).....	9
KCL: Radiación global.....	9
Conclusiones	11
Referencias.....	12
 Figura 1: Precipitación diaria para el mes de noviembre.	3
Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de noviembre.	4
Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de noviembre.	4
Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de noviembre.	5
Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de noviembre.	6
Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 8 al 10 de noviembre en las estaciones Chaxa, SOP y KCL.	6
Figura 7: Registro bruto de radiación global en KCL para el día 9 de noviembre.....	7
Figura 8: Evaporación diaria para el mes de noviembre.	7
Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de noviembre.....	8
Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de noviembre.	8
Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.	10
Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.	11
 Tabla 1: Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.	2

Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de noviembre.9

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico para el mes de noviembre 2024 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de SQM en Salar de Atacama en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) y operación continua de SQM. De acuerdo con el PdC, la meteorología validada mensual debe ser entregada a la autoridad el día 10 del mes siguiente.

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 proceso de validación fue realizado con la aplicación ValMeteo y 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 precipitación acumulada diaria se presenta en la Figura 1. Los eventos de precipitación en el registro bruto corresponden a pruebas de pluviometría y outliers, los cuales fueron invalidados y justificados con ValMeteo.

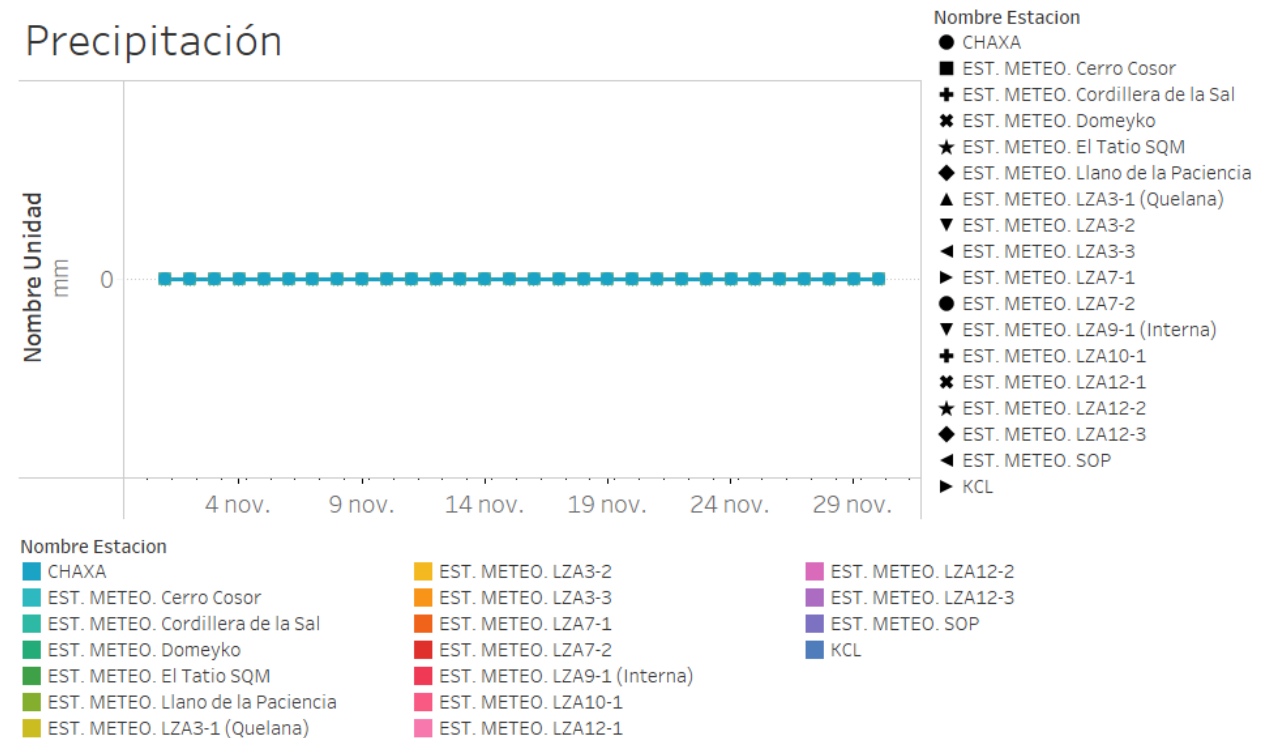


Figura 1: Precipitación diaria para el mes de noviembre.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria para noviembre. Las estaciones de alta montaña destacan con los registros más altos de esta variable.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para noviembre se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuentan con los registros de menor magnitud al estar instaladas sobre los 4.000 m.s.n.m.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra la temperatura promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica, el resto de las estaciones registran temperaturas promedio por sobre los 13°C.

Humedad relativa

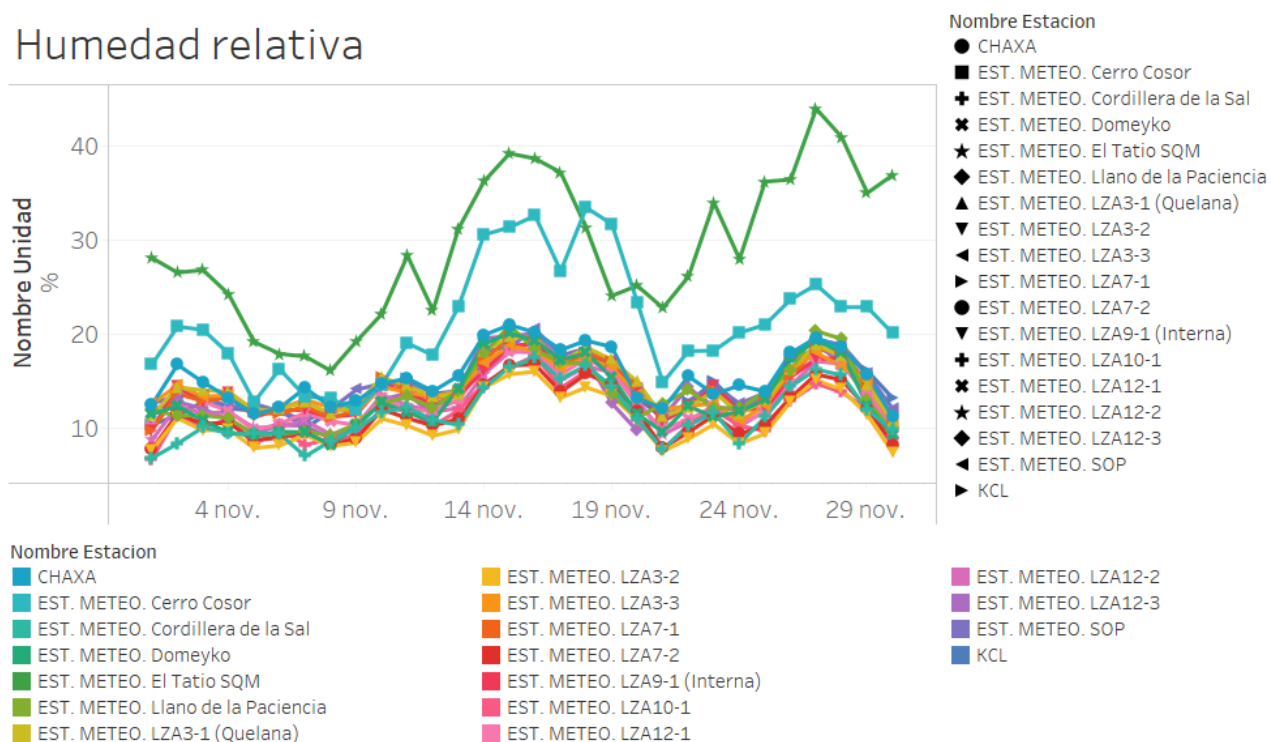


Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de noviembre.

Presión atmosférica

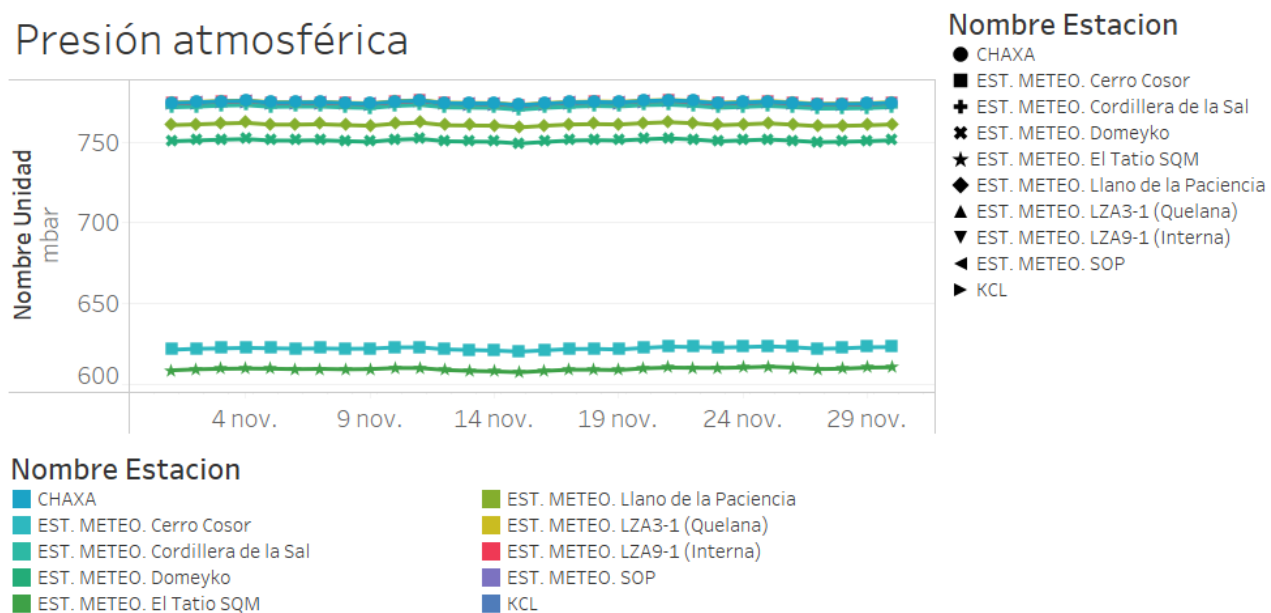


Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de noviembre.

Temperatura del aire

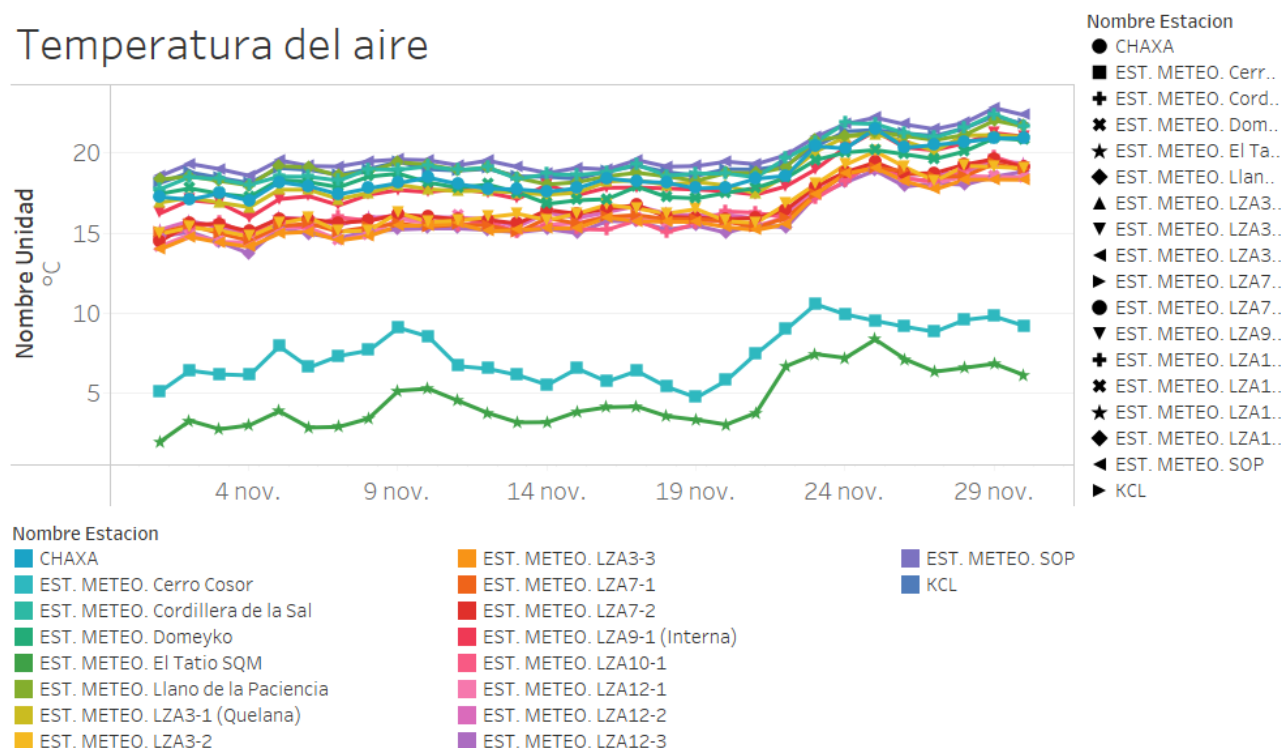


Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de noviembre.

Radiación global

La radiación promedio diaria se grafica en la Figura 5. En todas las estaciones se observa un descenso el día 18 de noviembre.

En las estaciones Chaxa, KCL y SOP se identificaron registros anómalos recurrentes puntuales en rangos horarios específicos del día. Debido a la periodicidad de este fenómeno e información registrada durante las visitas de mantención, es consistente con una interferencia en el piranómetro por sombras provocadas por la misma instalación. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figura 6

Los registros comprometidos fueron invalidados, pero no fue necesario rellenar al contar con más del 95% de la data registrada. Una excepción a lo anterior ocurre en KCL, tal como se muestra en la Figura 7, se observa una marcada y repetitiva disminución en la radiación a partir de las 16:30 con una duración de una a dos horas alcanzando valores cercanos a los 60 W/m². La invalidación de estos registros si implicó un relleno de la información, la cual será abordada en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Radiación global

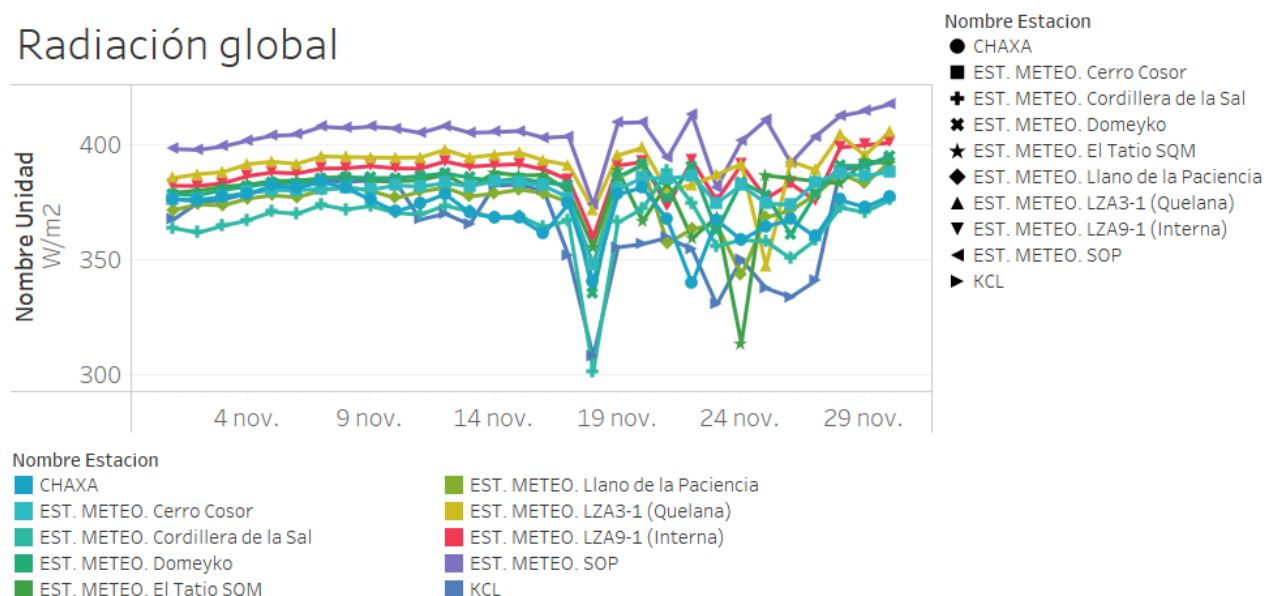


Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de noviembre.

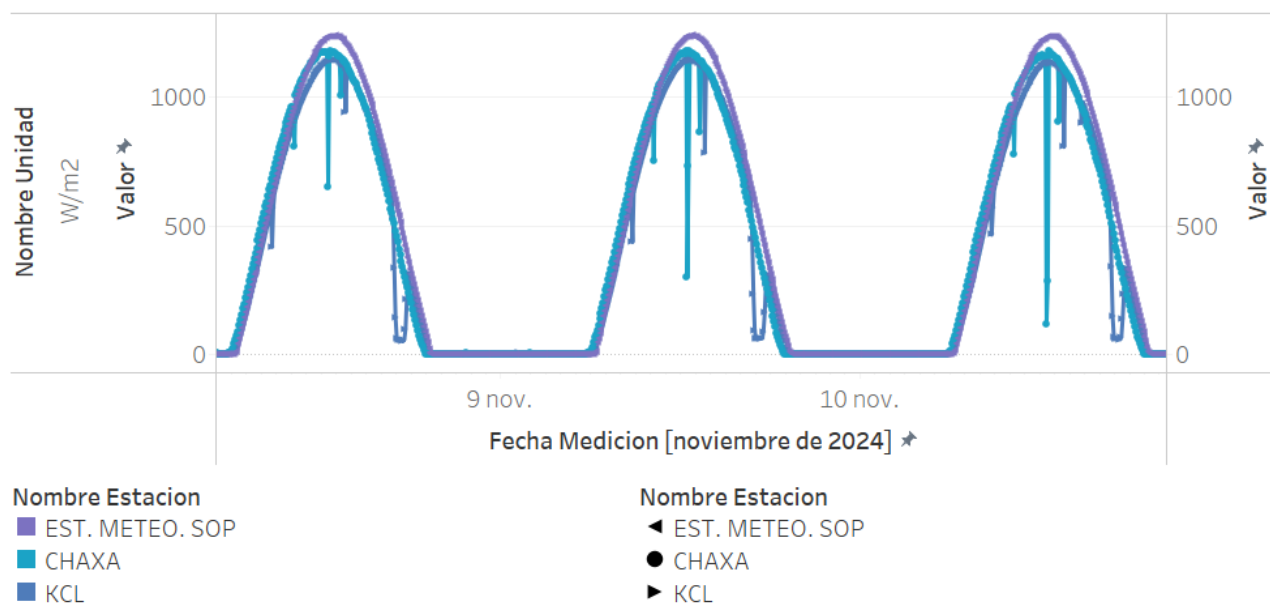


Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 8 al 10 de noviembre en las estaciones Chaxa, SOP y KCL.

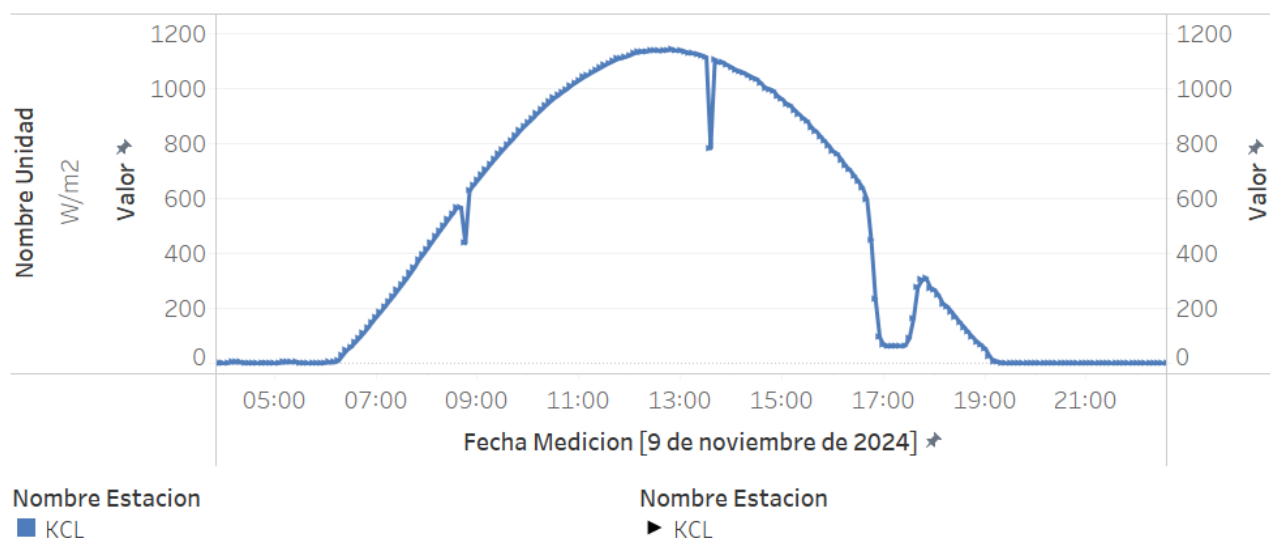


Figura 7: Registro bruto de radiación global en KCL para el día 9 de noviembre.

Evaporación

En la Figura 8 se muestra la evaporación promedio diaria. El pan de evaporación de las estaciones LZA3-1 (Quelana) e LZA9-1 (Interna) presentaron una columna de agua inferior al 5% de la altura del estanque en los periodos del 29 a 30 y 17 al 21 de noviembre respectivamente.

El relleno de esta variable se presenta en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Evaporación

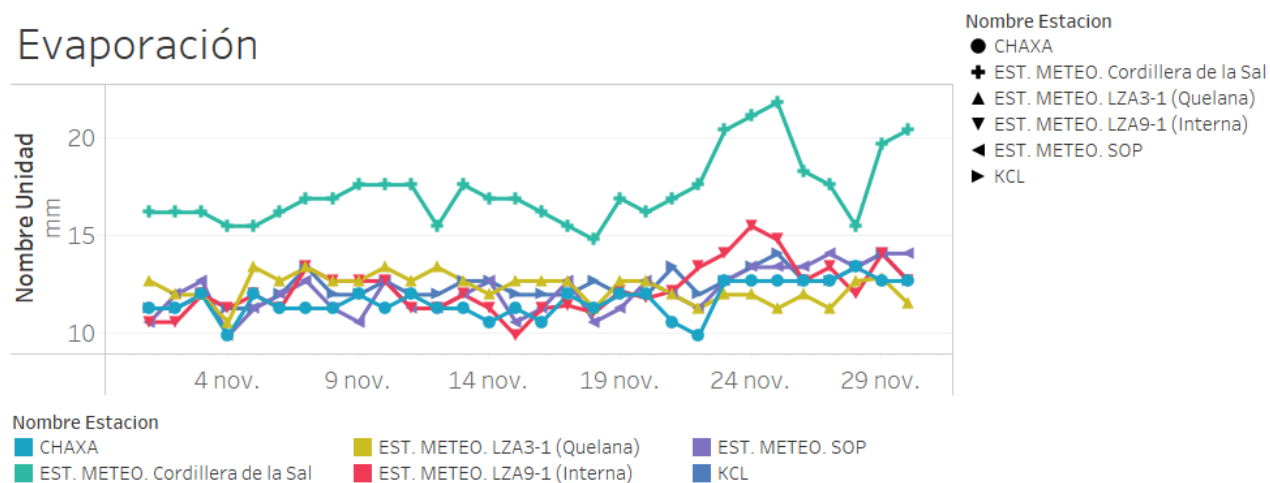


Figura 8: Evaporación diaria para el mes de noviembre.

Velocidad del viento

La velocidad del viento promedio diaria se presenta en la Figura 9. De manera general, se observa que los máximos de esta variable son registrados por la estación Domeyko.

Velocidad del viento

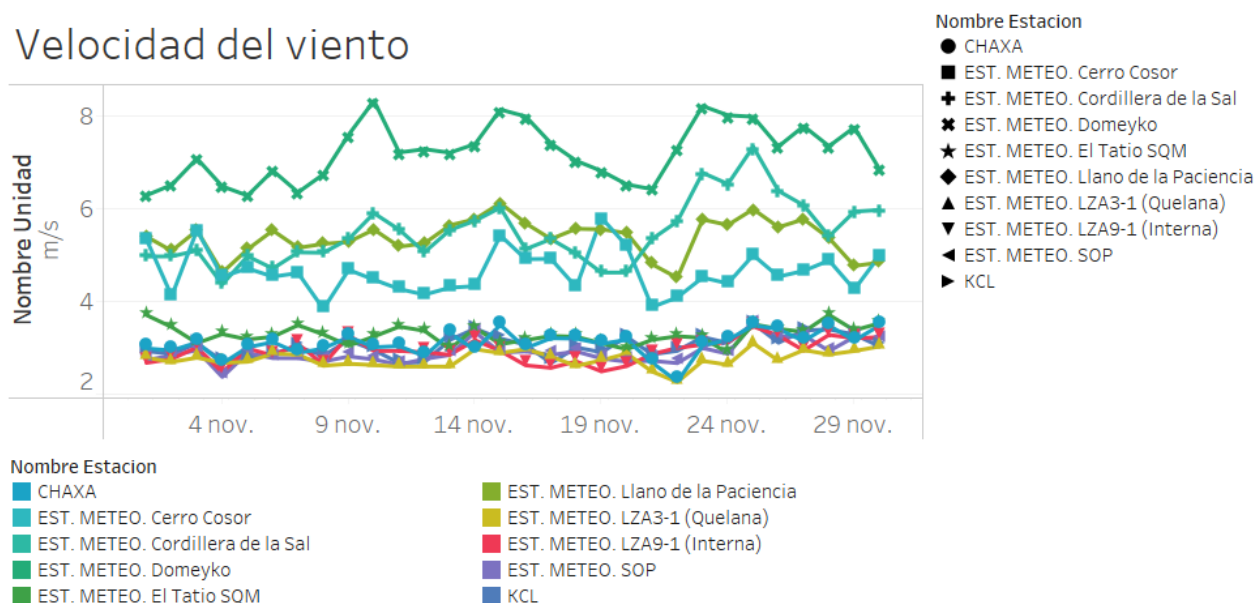


Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de noviembre.

Dirección del viento

En la Figura 10 se presenta la mediana de la dirección del viento para el mes de noviembre.

Dirección del viento

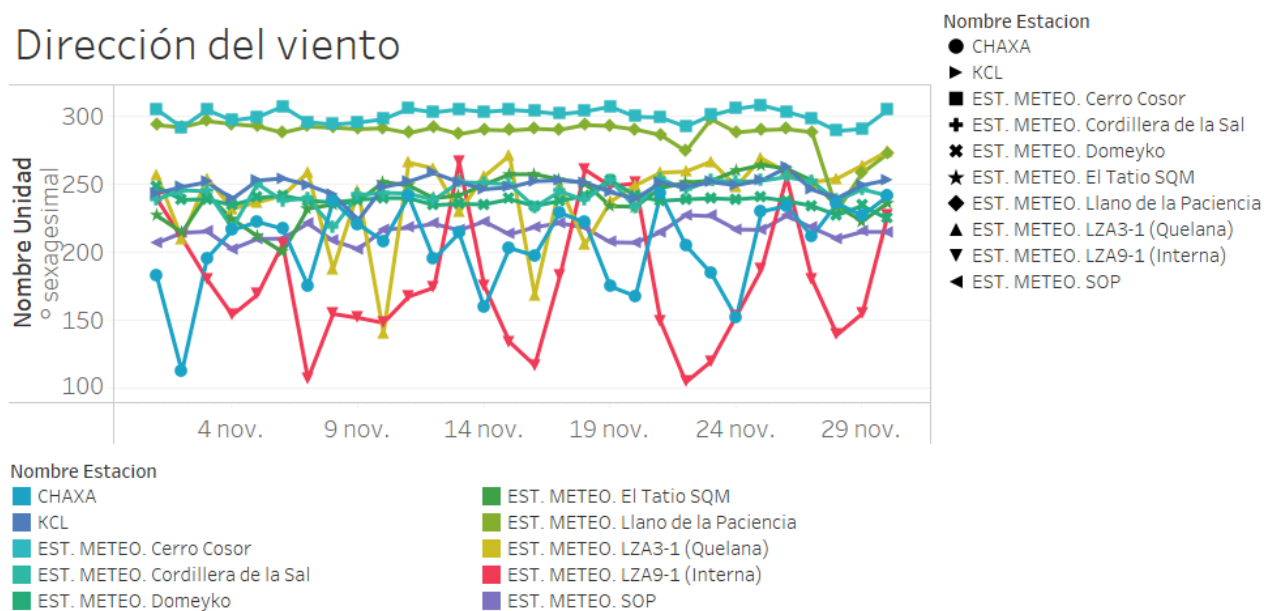


Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de noviembre.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenos debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. Vale la pena mencionar que el relleno para las estaciones instaladas hasta el 2022 cuentan con registros históricos desde el 2015 - 2017, lo cual mejora el proceso de selección de que estación y ecuación de la recta debe ser utilizada para el relleno. Para Llano de la Paciencia, Domeyko, Cerro Cosor fueron instaladas en febrero del 2023 y El Tatio durante mayo del mismo año, por lo que el relleno tiene que ser analizado con esta consideración.

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

Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de noviembre.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
LZA3-1 (Quelana)	29 al 30 de noviembre	Evaporación	Pan de evaporación seco.
LZA9-1 (Interna)	17 al 21 de noviembre	Evaporación	Pan de evaporación seco.
KCL	2 al 10, 14 al 16 y 28 al 30 de noviembre	Radiación global	Sombra por estructura sobre el piranómetro.

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.

Evaporación: LZA3-1 (Quelana) y LZA9-1 (Interna)

La matriz de correlación para la evaporación se presenta en la Figura 11. El relleno de la estación LZA3-1 (Quelana) se realizó considerando la estación LZA9-1 (Interna) con un porcentaje de correlación de 83%. En cuanto a LZA9-1 (Interna), el relleno tomó en consideración la estación Cordillera de la Sal con un 86%.

KCL: Radiación global

Tal como fue mencionado en la sección de radiación global, se observaron disminuciones bruscas en las mediciones de esta variable de manera reiterativa consistente con sombras sobre el piranómetro, resultado en un registro validado menor al 95%. El relleno de esta variable se hizo considerando como referencia la estación meteorológica SOP con un coeficiente de correlación de 0.97 (Figura 12).

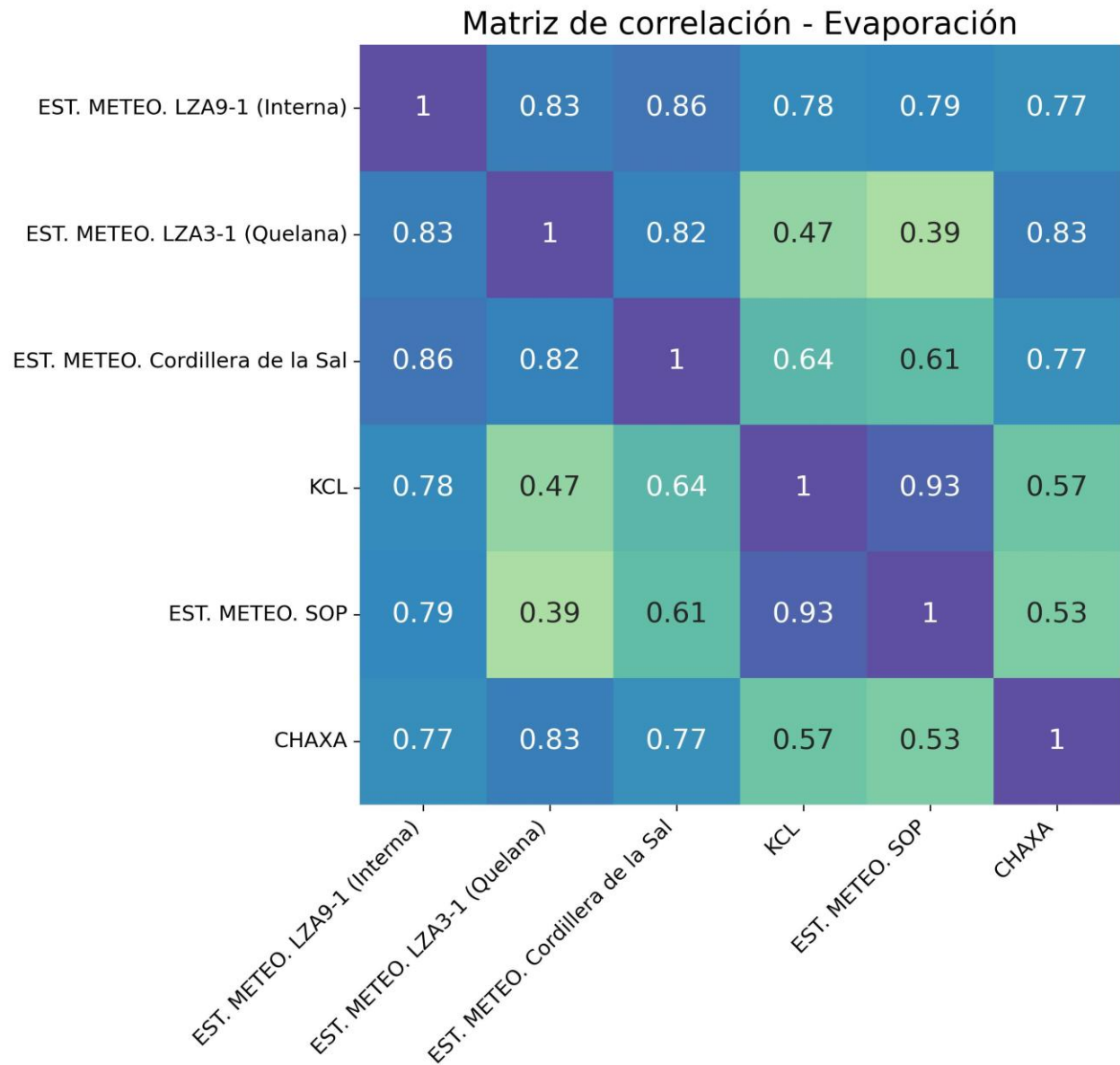


Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.

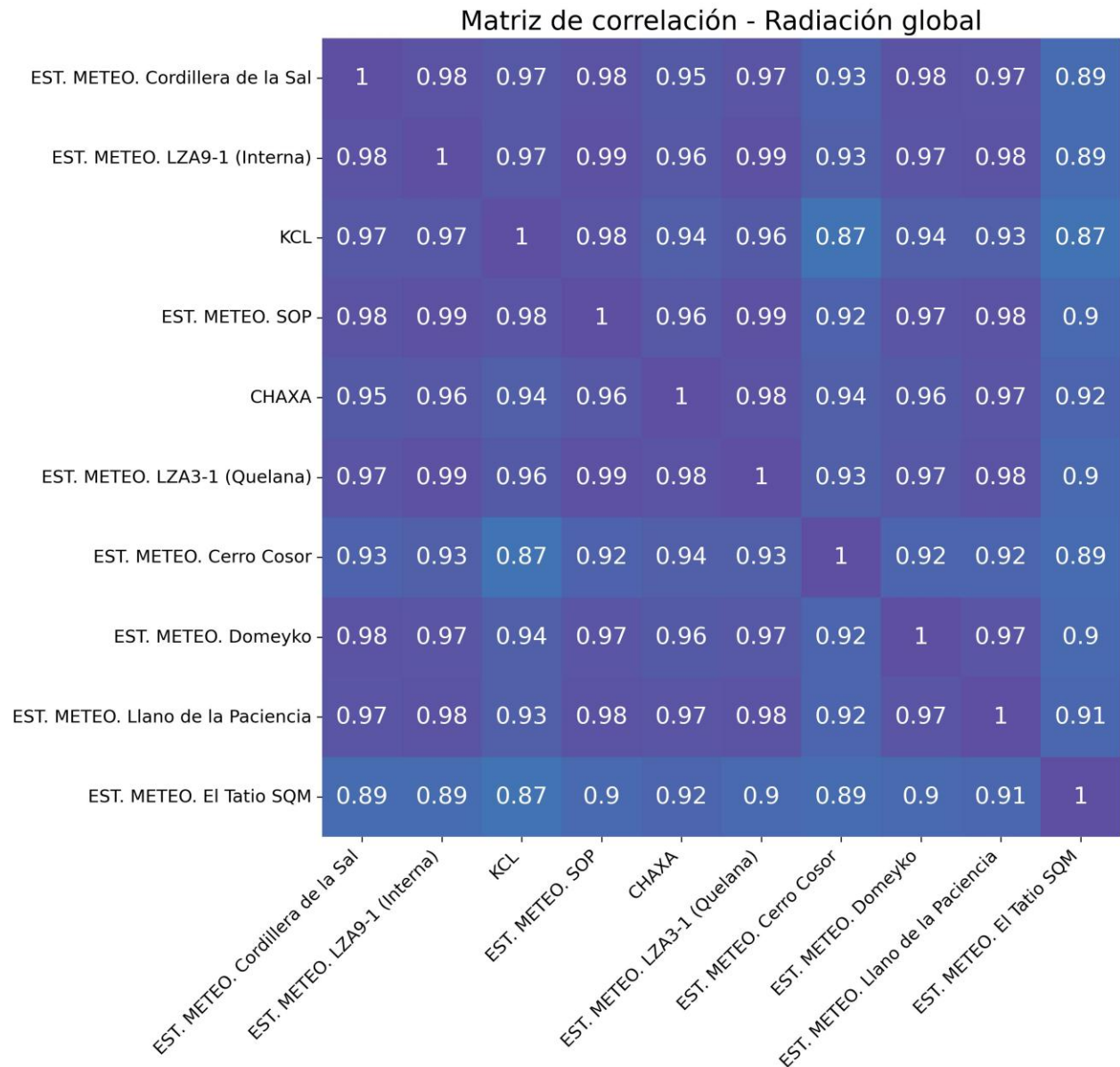



Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.

Conclusiones

Las estaciones meteorológicas, a excepción de LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y KCL, cuentan con un registro validado diario superior al 95%, permitiendo exitosamente el cálculo de parámetros diarios utilizando la herramienta ValMeteo.

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

	Validación y relleno de variables meteorológicas noviembre 2024	MEMO SIRAYSH_24018 Versión 0 Página 12 de 12
--	--	---

otras estaciones de la red de monitoreo meteorológico SQM. Entre las razones para requerir relleno se encuentran panes de evaporación secos y sombra sobre el piranómetro.

Referencias

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

Para:	Edwin Guzmán
De:	Camila Zúñiga
CC:	Daniela Valencia
Fecha:	3 de enero del 2025

Contenido

Introducción.....	2
Validación de parámetros meteorológicos.....	2
Precipitación	2
Humedad relativa	3
Presión atmosférica	3
Temperatura del aire	3
Radiación global.....	5
Evaporación	7
Velocidad del viento	7
Dirección del viento	8
Relleno de parámetros meteorológicos	9
Evaporación: LZA3-1 (Quelana) y LZA9-1 (Interna).....	9
KCL: Radiación global y temperatura del aire.....	9
Conclusiones	12
Referencias.....	13
 Figura 1: Precipitación diaria para el mes de diciembre.....	 3
Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de diciembre.	4
Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de diciembre.....	4
Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de diciembre.....	5
Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de diciembre.	6
Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 1 al 2 de diciembre en las estaciones Chaxa, SOP y KCL..	6
Figura 7: Registro bruto de radiación global en KCL para el día 1 de diciembre.	7
Figura 8: Evaporación diaria para el mes de diciembre.....	7
Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de diciembre.	8
Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de diciembre.	8
Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.	10
Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.	11
Figura 13: Matriz de correlación para la temperatura del aire.	12
 Tabla 1: Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.	 2

Tabla 2: Parámetros rellenados para el mes de diciembre.9

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico para el mes de diciembre 2024 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de SQM en Salar de Atacama en el marco del Programa de Cumplimiento (PdC) y operación continua de SQM. De acuerdo con el PdC, la meteorología validada mensual debe ser entregada a la autoridad el día 10 del mes siguiente.

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 proceso de validación fue realizado con la aplicación ValMeteo y 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 precipitación acumulada diaria se presenta en la Figura 1. Los eventos de precipitación en el registro bruto corresponden a pruebas de pluviometría y outliers, los cuales fueron invalidados y justificados con ValMeteo.

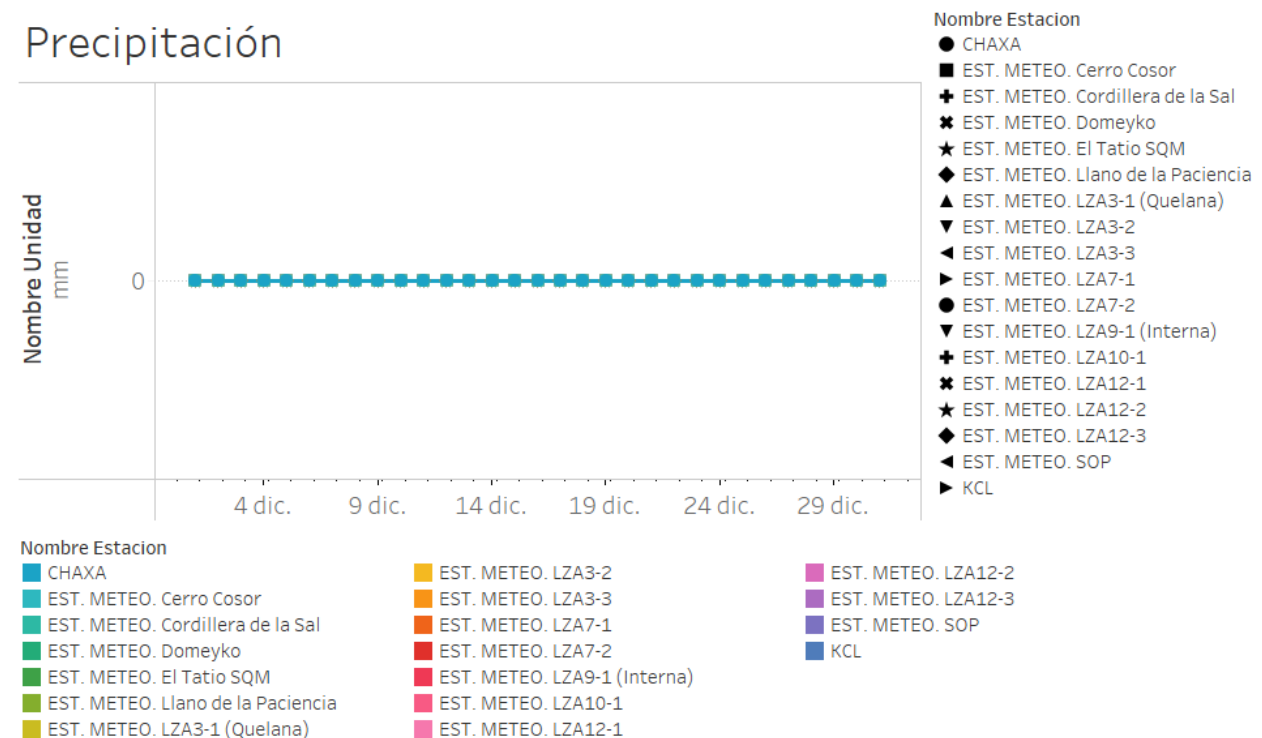


Figura 1: Precipitación diaria para el mes de diciembre.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria para diciembre. La estación El Tatio destaca con los registros más altos de esta variable.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para diciembre se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuentan con los registros de menor magnitud al estar instaladas sobre los 4.000 m.s.n.m.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra la temperatura promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica, el resto de las estaciones registran temperaturas promedio por sobre los 14°C.

El 22 de diciembre se realizaron cambios en la estación compacta que mide la temperatura del aire en KCL implicando un registro validado inferior al 95%. El relleno será abordado en la sección de relleno de parámetros meteorológicos

Humedad relativa

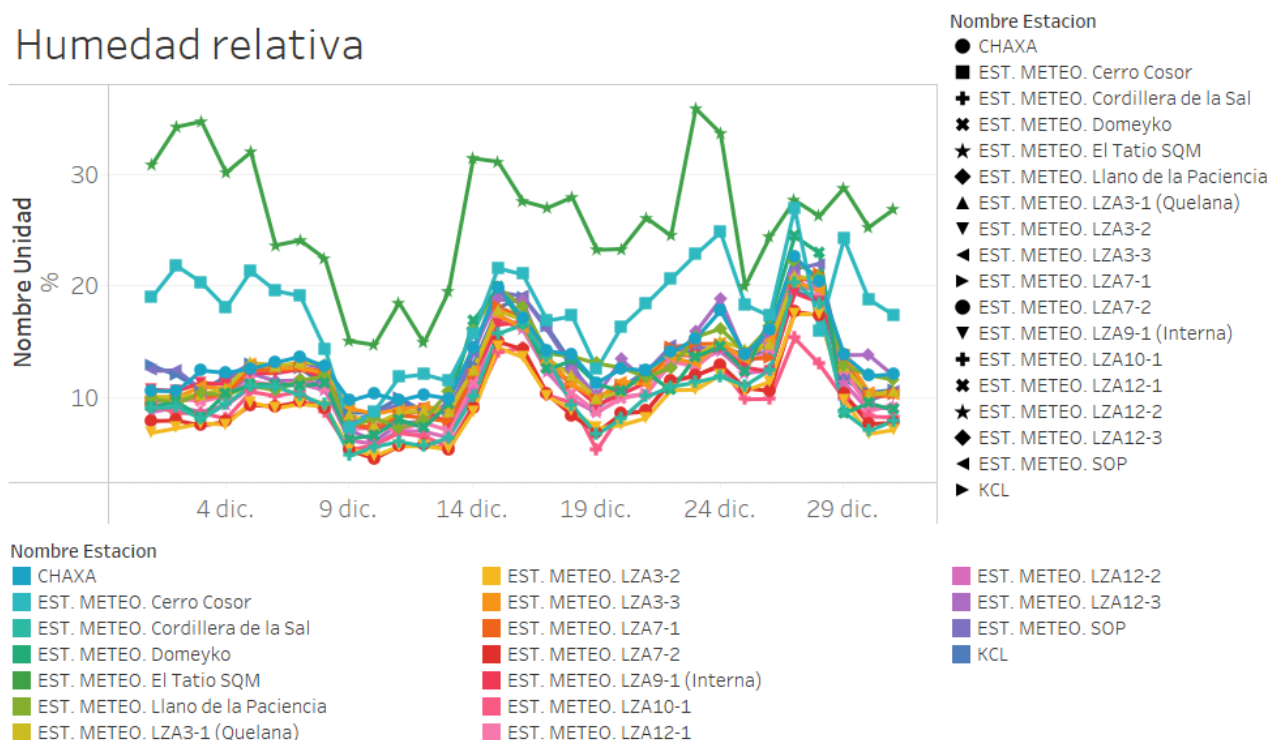


Figura 2: Humedad relativa promedio diaria para el mes de diciembre.

Presión atmosférica

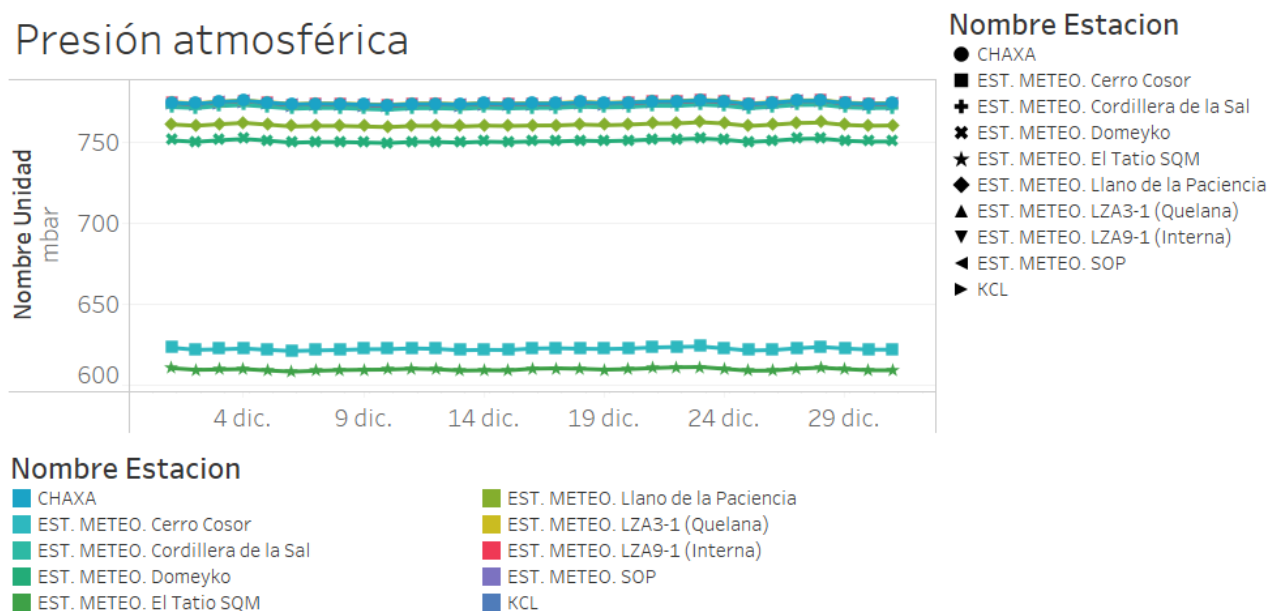


Figura 3: Presión atmosférica promedio diaria para el mes de diciembre.

Temperatura del aire

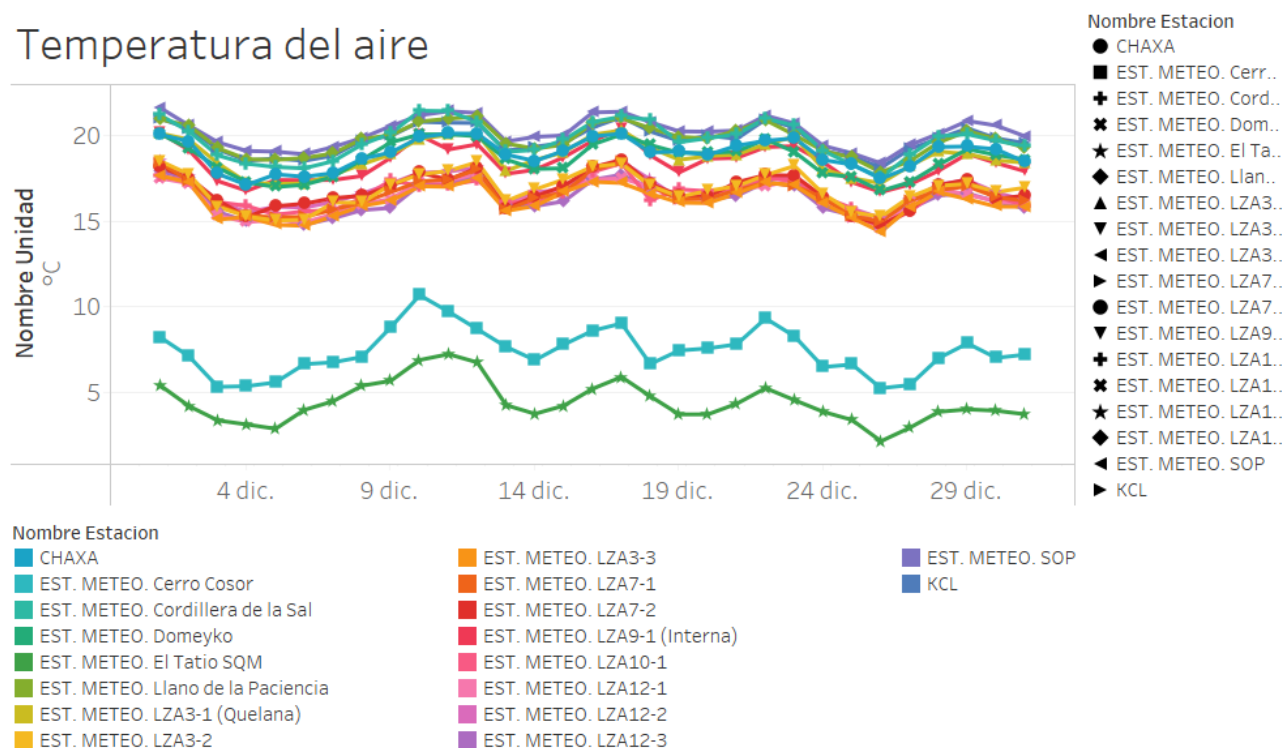


Figura 4: Temperatura del aire promedio diaria para el mes de diciembre.

Radiación global

La radiación promedio diaria se grafica en la Figura 5. En las estaciones Chaxa, KCL y SOP se identificaron registros anómalos recurrentes puntuales en rangos horarios específicos del día. Debido a la periodicidad de este fenómeno e información registrada durante las visitas de mantención, es consistente con una interferencia en el piranómetro por sombras provocadas por la misma instalación. Un ejemplo de lo anterior se presenta en la Figura 6.

Los registros comprometidos fueron invalidados, pero no fue necesario rellenar al contar con más del 95% de la data registrada. Excepciones a lo anterior ocurre en KCL, tal como se muestra en la Figura 7, se observa una marcada y repetitiva disminución en la radiación a partir de las 16:30 con una duración de una a dos horas alcanzando valores cercanos a los 60 W/m². En Chaxa se rellenó la radiación para los días 25 y 27 ya que el porcentaje de validación fue 93 y 94% respectivamente.

La estación compacta que mide la radiación en KCL fue cambiada de lugar el 22 de diciembre dentro de la misma estación para minimizar la sombra producto del mástil, luego de esta fecha, solo se observa uno a dos pulsos por sombra entre las 17:00 y 18:00 hrs.

La invalidación de estos registros si implicó un relleno de la información, la cual será abordada en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Radiación global

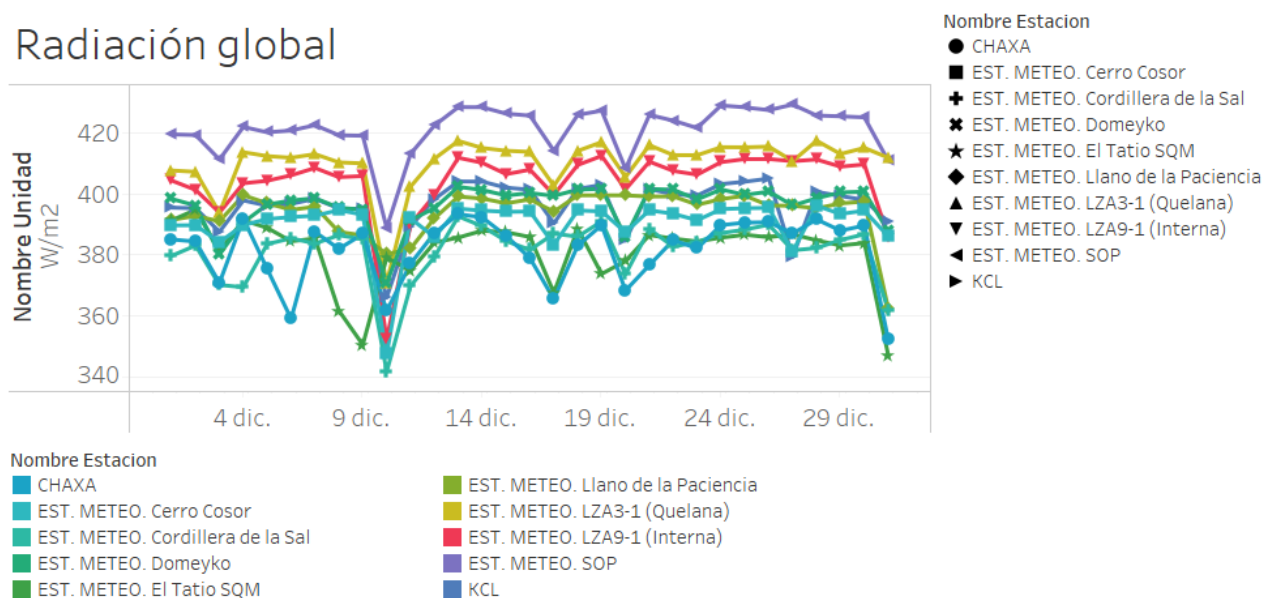


Figura 5: Radiación global promedio diaria para el mes de diciembre.

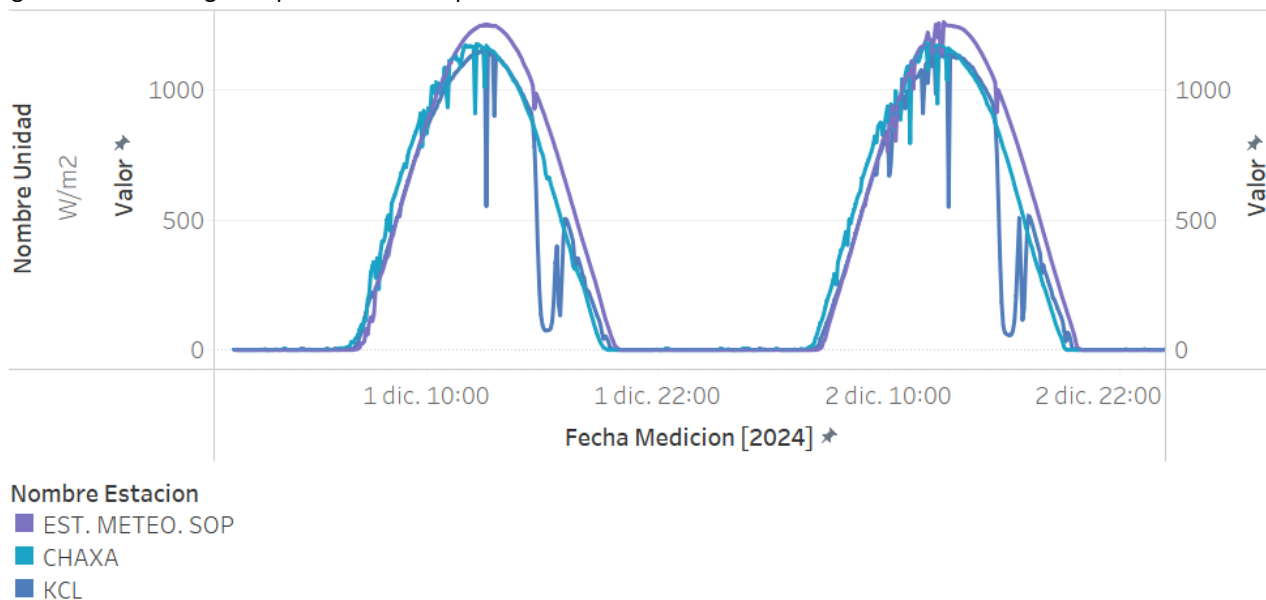


Figura 6: Registro bruto de radiación global desde el 1 al 2 de diciembre en las estaciones Chaxa, SOP y KCL.

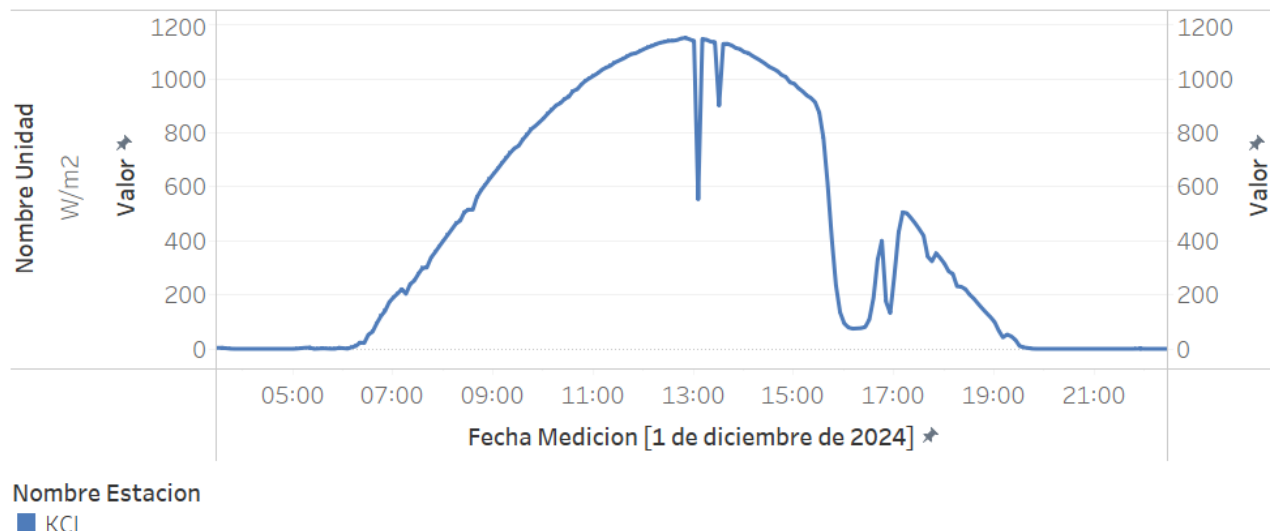


Figura 7: Registro bruto de radiación global en KCL para el día 1 de diciembre.

Evaporación

En la Figura 8 se muestra la evaporación promedio diaria. El pan de evaporación de las estaciones LZA3-1 (Quelana) e LZA9-1 (Interna) presentaron una columna de agua inferior al 5% de la altura del estanque en periodos específicos del mes. El relleno de esta variable se presenta en la sección de relleno de parámetros meteorológicos.

Evaporación

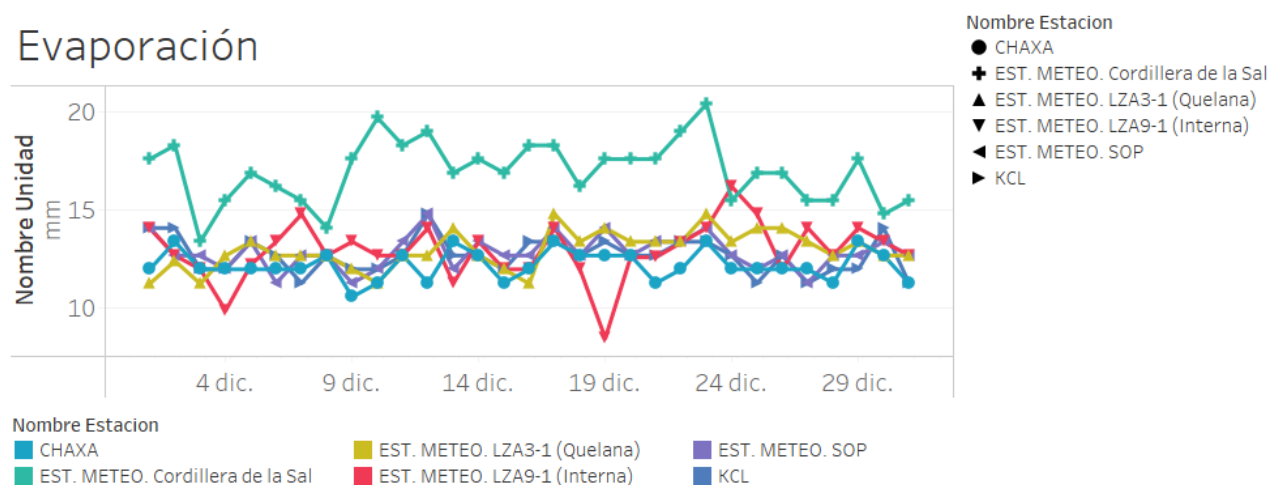


Figura 8: Evaporación diaria para el mes de diciembre.

Velocidad del viento

La velocidad del viento promedio diaria se presenta en la Figura 9. De manera general, se observa que los máximos de esta variable son registrados por la estación Domeyko.

Velocidad del viento

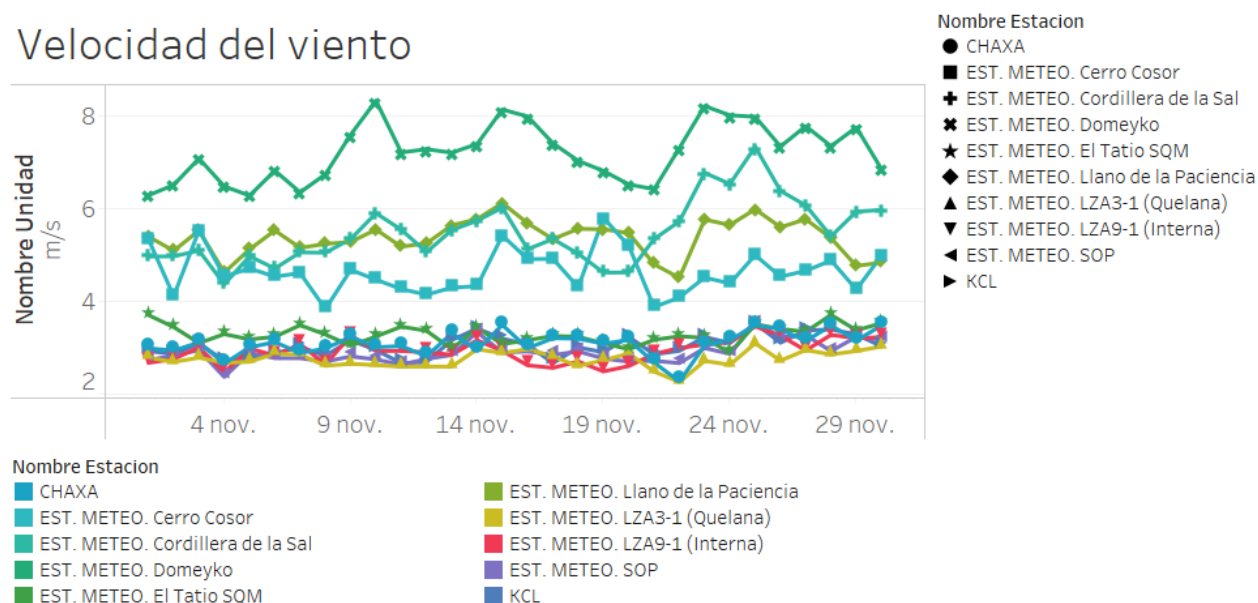


Figura 9: Velocidad del viento promedio diaria para el mes de diciembre.

Dirección del viento

En la Figura 10 se presenta la mediana de la dirección del viento para el mes de diciembre.

Dirección del viento

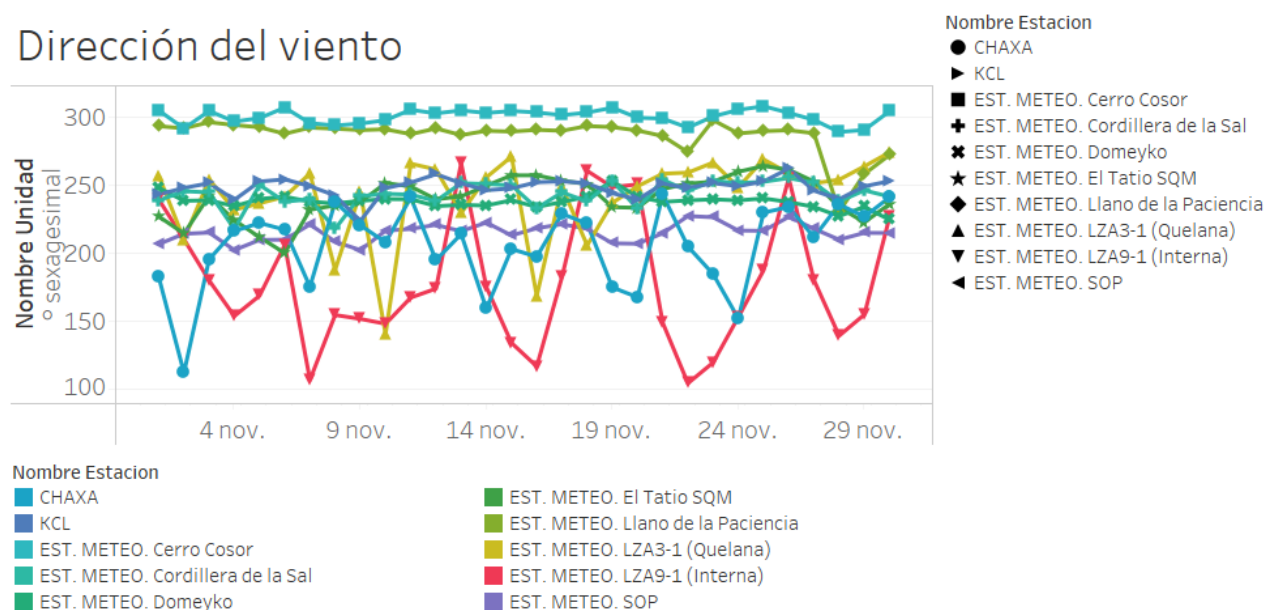


Figura 10: Dirección del viento promedio diario para el mes de diciembre.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenos debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. Vale la pena mencionar que el relleno para las estaciones instaladas hasta el 2022 cuentan con registros históricos desde el 2015 - 2017, lo cual mejora el proceso de selección de que estación y ecuación de la recta debe ser utilizada para el relleno. Para Llano de la Paciencia, Domeyko, Cerro Cosor fueron instaladas en febrero del 2023 y El Tatio durante mayo del mismo año, por lo que el relleno tiene que ser analizado con esta consideración.

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

Tabla 2: Parámetros rellenos para el mes de diciembre.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
LZA3-1 (Quelana)	1 al 3 y 16 de diciembre	Evaporación.	Pan de evaporación seco.
LZA9-1 (Interna)	5, 20 al 23 de diciembre	Evaporación.	Pan de evaporación seco.
KCL	1 al 22 (radiación) y 22 (temperatura del aire)	Radiación global, temperatura del aire.	Sombra por estructura sobre el piranómetro. Cambio de sensor.
Chaxa	25 y 27 de diciembre	Radiación global.	Sombra por estructura sobre el piranómetro.

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.

Evaporación: LZA3-1 (Quelana) y LZA9-1 (Interna)

La matriz de correlación para la evaporación se presenta en la Figura 11. El relleno de la estación LZA3-1 (Quelana) se realizó considerando la estación Chaxa con un porcentaje de correlación de 84%. En cuanto a LZA9-1 (Interna), el relleno tomó en consideración la estación Cordillera de la Sal con un 86%.

KCL: Radiación global y temperatura del aire.

Tal como fue mencionado en la sección de radiación global, se observaron disminuciones bruscas en las mediciones de esta variable de manera reiterativa consistente con sombras sobre el piranómetro, resultado en un registro validado menor al 95%. El relleno de esta variable se hizo considerando como referencia la estación meteorológica SOP con un porcentaje de correlación del 98% (Figura 12).

En cuanto a la temperatura del aire, el relleno también se hizo en base a los registros de SOP, con un coeficiente de correlación de 1 (Figura 13).

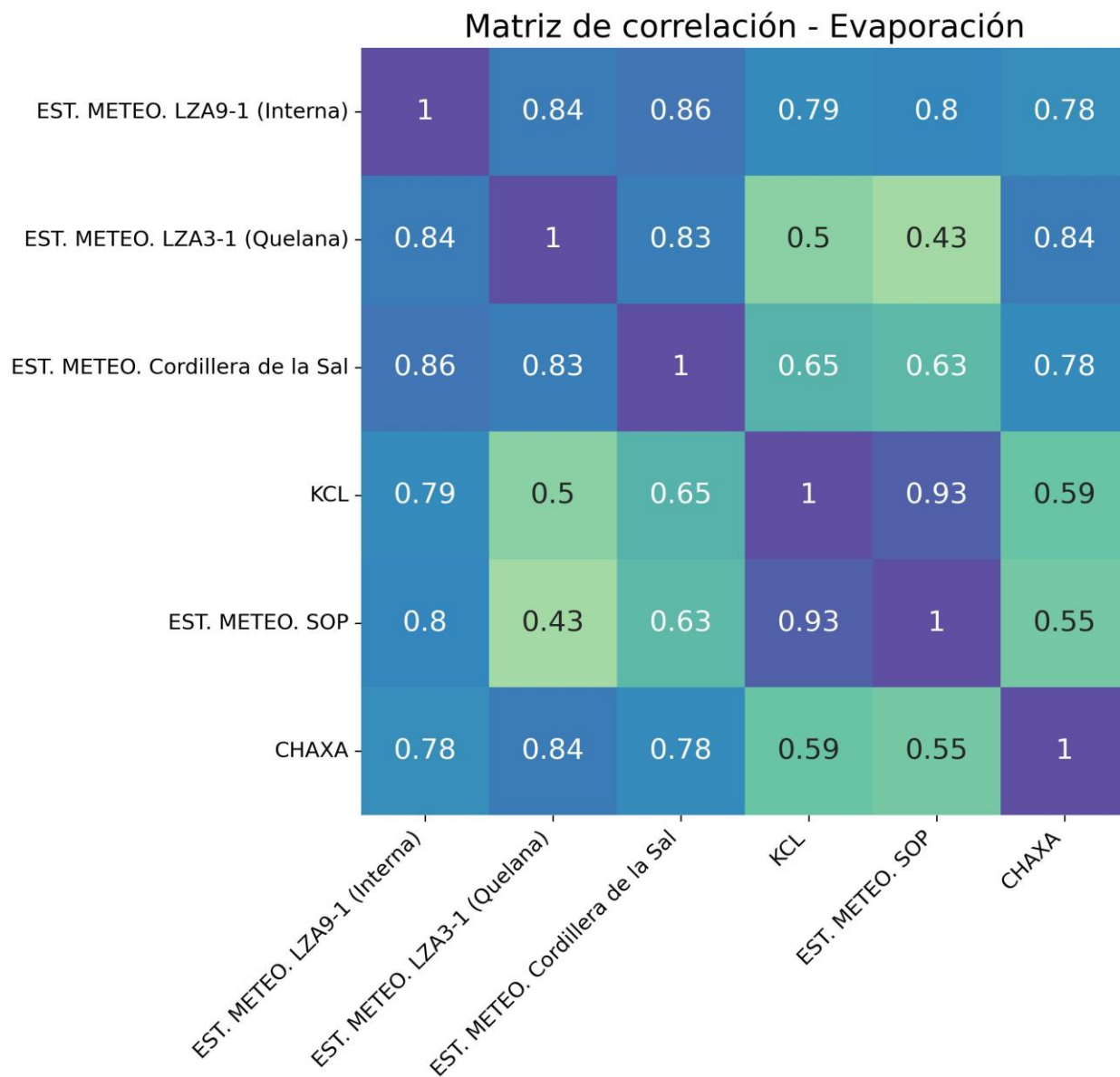


Figura 11: Matriz de correlación para la evaporación.

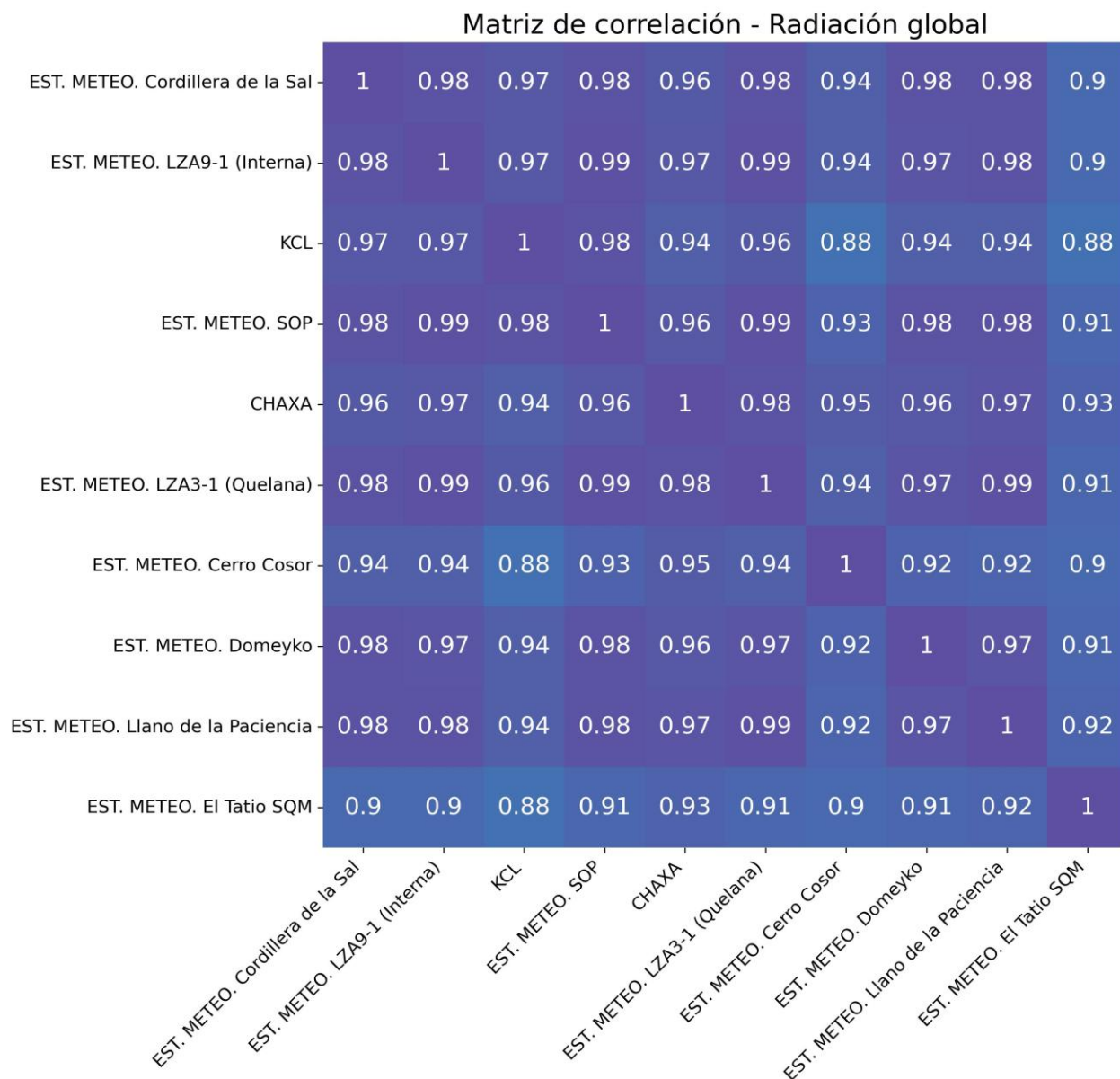


Figura 12: Matriz de correlación para la radiación global.

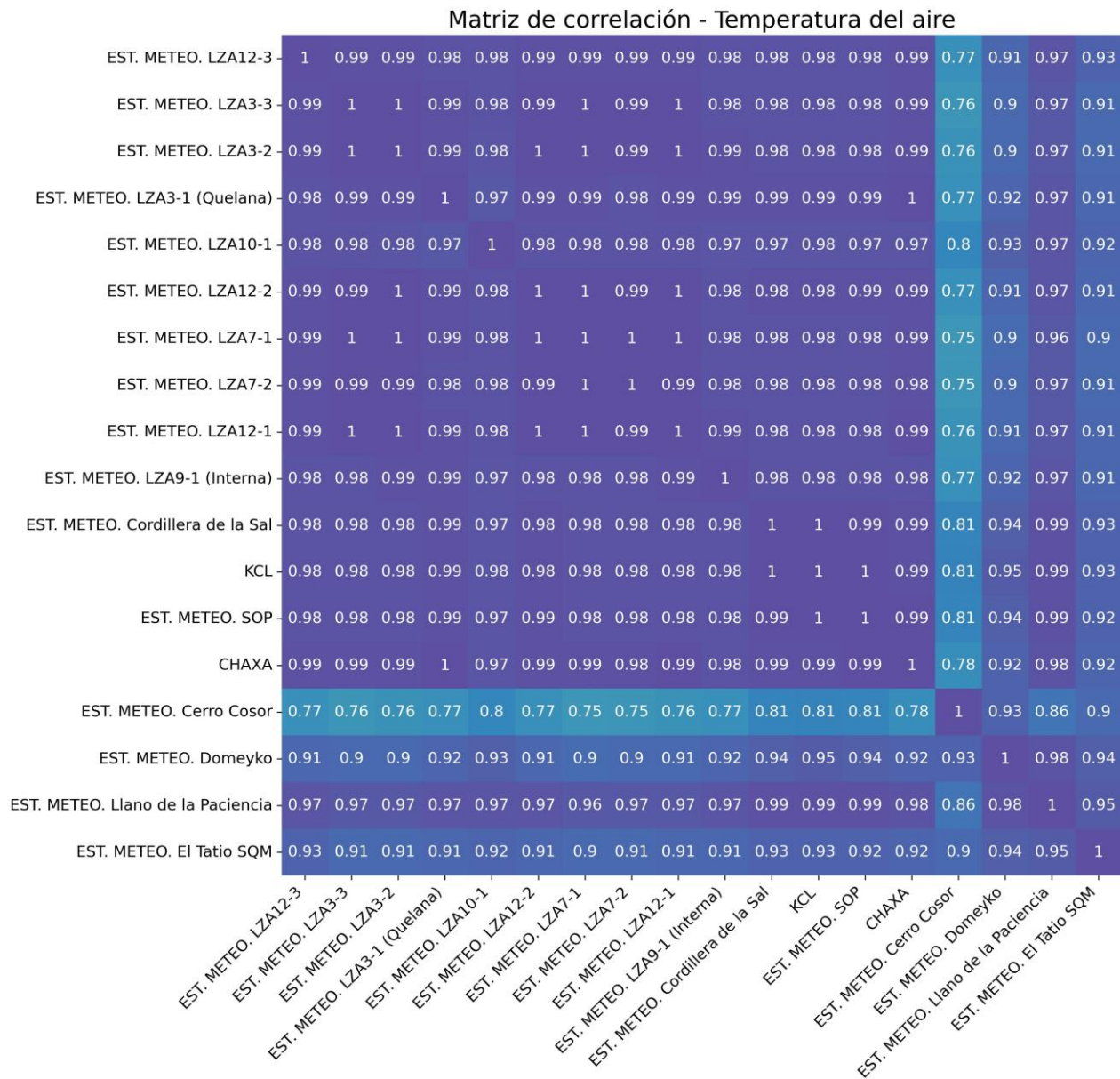



Figura 13: Matriz de correlación para la temperatura del aire.

Conclusiones

Las estaciones meteorológicas, a excepción de LZA3-1 (Quelana), LZA9-1 (Interna) y KCL, cuentan con un registro validado diario superior al 95%, permitiendo exitosamente el cálculo de parámetros diarios utilizando la herramienta ValMeteo.

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

	Validación y relleno de variables meteorológicas diciembre 2024	MEMO SIRAYSH_24019 Versión 0 Página 13 de 13
--	--	---

otras estaciones de la red de monitoreo meteorológico SQM. Entre las razones para requerir relleno se encuentran panes de evaporación secos, sombra sobre el piranómetro y cambio de sensor.

Referencias

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