

ANEXO - “Metodología para el seguimiento de la calidad y la disponibilidad de la medición y el reporte al CND de las variables meteorológicas asociadas a las plantas solares fotovoltaicas y eólicas en el SDL con potencia nominal o capacidad máxima declarada igual o mayor a 5 MW”

SURER



Revisión	Fecha	Descripción
0	2022-01-14	Presentación Primer borrador en la reunión del SURER
1	2022-01-20	Publicación primer borrador para comentarios
2	2022-02-14	Recomendación de la expedición del acuerdo y anexo.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de control de calidad de las variables meteorológicas detecta errores en los datos telemetrados enviados al CND y, de forma periódica, reporta estadísticas de estos errores a las plantas solares y eólicas, permitiendo la corrección oportuna y apoyando la calidad de la medición en el tiempo. Adicionalmente, el seguimiento a la calidad también detecta errores que pueden producir resultados inválidos en los análisis posteriores.

El control de calidad y disponibilidad se realiza para cada dato mediante la ejecución de diferentes pruebas de validación. Las pruebas son a su vez clasificadas en diferentes niveles de calidad, que posteriormente permiten asignar a cada dato una bandera de calidad general. Finalmente, las estadísticas de estas banderas de calidad se consolidan en un reporte que se envía a las plantas eólicas y solares.

Las pruebas y niveles de validación, los criterios de aceptación de las pruebas, y las banderas de calidad, son definidos de acuerdo con lo establecido principalmente por el National Oceanic and Atmospheric Administration Center (NOAA), en su sistema de asimilación de datos meteorológicos MADIS, así como otras agencias meteorológicas, la Guía de instrumentos meteorológicos y métodos de observación (WMO 2008), y los estándares técnicos IEC61724 e IEC61400.

2. NIVELES DE CALIDAD

La clasificación de las pruebas de validación en diferentes niveles de calidad se realiza de acuerdo con la complejidad de cada prueba. Así, un nivel de calidad 0 indica pruebas de menor complejidad, aumentando la complejidad progresivamente con el aumento del nivel. Las pruebas se clasifican en los siguientes niveles:

Nivel 0 – Registro: Considera el análisis y la validación del registro de los datos de las variables meteorológicas reportadas al CND a través del sistema SCADA. En este nivel se incluye la prueba de bandera de calidad del SCADA y la prueba de datos faltantes, que se describen en la siguiente sección.

Nivel 1 – Validez: Considera el análisis y la validación de los datos de acuerdo con los límites físicos definidos para cada tipo de variable. En este nivel se incluyen la prueba de rango y la prueba de outliers, que se describen en la siguiente sección.

Nivel 2 - Consistencia temporal: Considera el análisis y la validación de los datos de acuerdo con la consistencia temporal en términos de los cambios observados a lo largo del tiempo en la variable. En este nivel se incluyen las pruebas de tasa de cambio máximo y mínimo, que se describen en la siguiente sección. A futuro es posible considerar la inclusión de otros niveles de complejidad, de tal forma que se considere la correlación estadística entre diferentes puntos de chequeo.

3. PRUEBAS DE VALIDACIÓN

Las pruebas de validación consisten en rutinas que permiten identificar las características de consistencia temporal de los datos, validez de los datos, y el registro de los datos reportados,

de acuerdo con los niveles de clasificación definidos anteriormente. Cada prueba debe entregar un resultado binario, indicando si el resultado fue satisfactorio o no.

Para la ejecución de las pruebas, primero se definen las estampas de tiempo, con una resolución de 5 minutos, para el periodo de análisis definido. Las pruebas se ejecutan para cada estampa de tiempo, considerando todos los datos contenidos entre la estampa de tiempo actual y la inmediatamente anterior. Las pruebas son satisfactorias si las mismas son exitosas para la totalidad de los datos contenidos en el intervalo considerado. Esta información es almacenada para cada intervalo de 5 minutos, de tal forma que posteriormente pueda asignarse al mismo una bandera de calidad.

Las pruebas de calidad definidas para la verificación de la calidad y disponibilidad de las variables meteorológicas reportadas al CND se describen a continuación:

- **Prueba de bandera de calidad del SCADA:** El objetivo de esta prueba es identificar cuales datos han sido marcados como incorrectos por parte del sistema SCADA del CND. La prueba de calidad es satisfactoria cuando un dato del sistema tiene asociada la bandera de calidad correspondiente a "vaCurrent" y es insatisfactoria para todas las otras banderas de calidad. La información del SCADA es consultada a través del sistema PI del CND.
- **Prueba de datos faltantes:** El objetivo de esta prueba es verificar si existen datos registrados dentro de la ventana temporal de 5 minutos. La prueba es satisfactoria si existe uno o más datos dentro del intervalo de 5 minutos analizado.
- **Pruebas de Rango:** El objetivo de esta prueba es verificar si los valores reportados se encuentran dentro de un intervalo realista para la variable de análisis. Los rangos aceptables dependen del tipo de variable que se desee analizar. En caso de que el valor se encuentre fuera del rango definido, el dato debe ser marcado con la bandera de calidad que indique que la prueba no fue satisfactoria. La definición de los límites aplicables a cada una de las variables debe ser realizada teniendo en cuenta las características climáticas del área en la que se ubica el proyecto.

En el caso de las variables meteorológicas asociadas a la generación solar, se propone limitar el análisis para los períodos diurnos. De acuerdo con el estándar IEC 61724-3:2016, el control de calidad debe ser aplicado a los datos en períodos diurnos, en los cuales, los valores de irradiación sean iguales o superiores a 20 W/m². Los rangos¹ definidos de acuerdo con estándar IEC 61724-3:2016 para las variables asociadas a la producción de plantas solares son presentadas en la Tabla 1

Variable	Unidad	Límite Inferior	Límite Superior
Temperatura	°C	-30	50
Irradiación solar	W/m ²	-6	1500

Tabla 1 Rango de variación aceptable para las variables meteorológicas asociadas a la producción solar.

¹ Los valores definidos en el estándar IEC61724 son sugeridos para datos con resolución de 15 minutos

Los rangos² definidos de acuerdo con el estándar IEC61400-1:2017 y la WMO para las variables inherentes a la producción de plantas eólicas son presentadas en la Tabla 2

Variable	Unidad	Límite Inferior	Límite Superior
Dirección del viento	°	0	360
Velocidad del viento ³	m/s	0	50
Temperatura del aire	°C	-40	60
Humedad relativa	%	0	100
Presión Atmosférica	Pa	500	1100

Tabla 2 Rango de variación aceptable para las variables meteorológicas asociadas a la producción eólica

- **Prueba de tasa de cambio máximo:** El objetivo de esta prueba es verificar la tasa de cambio de las variables a lo largo del tiempo, identificando cambios abruptos en los valores. El objetivo es calcular la diferencia entre el valor obtenido en el tiempo t y el valor precedente ($t-1$), comparando esta diferencia con un límite máximo de variación. En caso de que la diferencia sea mayor al límite máximo definido, o menor al límite mínimo definido, el dato debe ser marcado con la bandera de calidad que indique que la prueba no fue satisfactoria.

Los límites⁴ definidos de acuerdo con el estándar IEC 61724-3:2016 para la prueba de tasa de cambio máximo en las variables inherentes a la producción de plantas solares son presentadas en la Tabla 3:

Variable	Unidad	Cambio Máximo
Temperatura	°C	4
Irradiación solar	W/m ²	800

Tabla 3 Tasa de cambio máximo aceptable para las variables meteorológicas asociadas a la producción solar

Los límites definidos de acuerdo con el estándar IEC61724-3 para la prueba de tasa de cambio máximo en las variables inherentes a la producción de plantas eólicas son presentadas en la Tabla 4

Variable	Unidad	Cambio Máximo
Dirección del viento	°	N/A
Velocidad del viento	m/s	10

Tabla 4 Tasa de cambio máximo aceptable para las variables meteorológicas asociadas a la producción eólica

- **Prueba de tasa de cambio mínimo:** El objetivo de esta prueba es verificar la tasa de cambio de las variables a lo largo del tiempo, identificando mínimos o nulos entre estampas de tiempo consecutivas. El objetivo es calcular la diferencia entre el valor obtenido en el tiempo t y el valor precedente ($t-1$),

² Los valores definidos en el estándar IEC61400 son sugeridos para datos con resolución de 10 minutos.

³ Valores de velocidad del viento medidos en la torre meteorológica a la altura de la turbina.

⁴ Los valores definidos en el estándar IEC61724 son sugeridos para datos con resolución de 15 minutos.

comparando esta diferencia con un límite mínimo de variación. En caso de que la diferencia sea menor al límite mínimo definido, el dato debe ser marcado con la bandera de calidad que indique que la prueba no fue satisfactoria.

En el caso de las variables meteorológicas asociadas a la generación solar, se propone limitar el análisis para los periodos diurnos. De acuerdo con el estándar IEC 61724-3:2016, el control de calidad debe ser aplicado a los datos en periodos diurnos, en los cuales, los valores de irradiación sean iguales o superiores a 20 W/m²

Los límites⁵ definidos de acuerdo con el estándar IEC 61724-3:2016 para la prueba de tasa de cambio mínimo en las variables inherentes a la producción de plantas solares son presentadas en la Tabla 5:

Variable	Unidad	Cambio Mínimo
Temperatura	°C	0.1 durante 60 min
Irradiación solar	W/m ²	1 ⁶

Tabla 5 Tasa de cambio mínimo aceptable para las variables meteorológicas asociadas a la producción solar

Los límites definidos de acuerdo con el estándar IEC61400 para la prueba de tasa de cambio mínimo en las variables asociadas a la producción de plantas eólicas son presentadas en la Tabla 6

Variable	Unidad	Cambio Máximo	Cambio Máximo
Dirección del viento	°	N/A	10 durante 60 minutos
Velocidad del viento	m/s	10	0.5 durante 60 minutos

Tabla 6 Tasa de cambio mínimo aceptable para las variables meteorológicas asociadas a la producción eólica

- **Prueba de outliers:** El objetivo de esta prueba es identificar los valores anómalos que se encuentren por fuera de la climatología de referencia de la señal. La prueba consiste en comparar cada dato con la climatología de referencia para cada intervalo de 5 minutos del día. Si el dato se encuentra dentro de los rangos mínimos y máximos de la climatología, la prueba es satisfactoria, e insatisfactoria en caso contrario. La climatología de referencia se construye con base en información histórica de por lo menos un año de la señal. Los rangos máximos y mínimos se calculan para la climatología de referencia utilizando el ciclo medio diario y 3 veces su desviación estándar. Adicionalmente, los rangos máximos y mínimos deben respetar los límites físicos de la señal. En caso de que un dato sea identificado como anómalo, el dato debe ser marcado con la bandera de calidad que indique que la prueba no fue satisfactoria.

4. BANDERAS DE CALIDAD

La verificación de los datos meteorológicos conlleva al análisis de los valores y la toma de decisiones de acuerdo con las pruebas realizadas. Los resultados de las pruebas aplicadas por

⁵ Los valores definidos en el estándar IEC61724 son sugeridos para datos con resolución de 15 minutos

⁶ Este límite no corresponde al estándar IEC, pero se especifica para detectar cuando la señal no cambia durante el día.

sí mismas permiten categorizar los datos, de tal forma que el usuario final pueda reconocer los valores como válidos o no válidos, de acuerdo con su juicio, al conocimiento de la de variable y del instrumento.

La clasificación de los datos debe definirse de acuerdo con banderas de calidad, definidas a partir de los resultados de las pruebas de calidad aplicadas a los datos.

El uso de las banderas de calidad debe ser diferenciado de acuerdo con el nivel de complejidad analizado. Considerando esto, se definen 6 banderas de calidad, las cuales se diferencian de acuerdo con los casos de fallo o aprobación de los niveles de calidad definidos anteriormente. Cada uno de los datos revisado dentro del período de análisis definido deberá ser marcado con la bandera de calidad correspondiente, de acuerdo con el nivel de complejidad aprobado o fallido.

A continuación, se proponen algunas banderas de calidad propuestas para la verificación de la calidad y disponibilidad de los datos:

- **Preliminar (P):** Corresponde a la bandera de calidad asignada al dato crudo, es decir, se asigna al dato que no cuenta con ningún tipo de prueba.
- **Gruoso (G):** Corresponde a la bandera de calidad asignada a aquellos datos que obtuvieron resultados satisfactorios en los niveles 0 y 1, es decir, el dato cumplió satisfactoriamente los criterios definidos en la prueba de registro del SCADA y en la prueba de rangos.
- **Verificado (V):** Corresponde a la bandera de calidad asignada a aquellos datos que obtuvieron resultados satisfactorios en los niveles 0, 1 y 2, es decir, el dato analizado cumplió los criterios definidos en la prueba de registro del SCADA, en la prueba de rangos, la prueba de outliers y las pruebas de tasa de cambio máximo y mínimo.
- **Faltante (F):** Corresponde a la bandera de calidad asignada cuando no se cuenta con registro de la medida para una estampa de tiempo definida en el sistema SCADA del CND. Esta bandera aplica cuando se encuentran resultados no satisfactorios en las pruebas de registro del nivel 0.
- **Erróneo (E):** Corresponde a la bandera de calidad asignada cuando el dato analizado fue aprobado en el nivel 0, pero tuvo resultado no satisfactorio en el nivel 1 de complejidad, es decir, cumple con las pruebas del registro del sistema SCADA pero no cumple con las pruebas de rango.
- **Sospechoso (S):** corresponde a la bandera de calidad asignada cuando el dato analizado fue aprobado en los niveles 0 y 1 pero falla para el nivel 2.

5. REPORTE DE CALIDAD DE DATOS

El seguimiento a la calidad y disponibilidad de las variables meteorológicas debe ser realizado de forma periódica, y es prioritario en cuanto permite identificar a tiempo las posibles fallas en las señales meteorológicas recibidas en el CND. Considerando lo anterior, el CND realizará mensualmente un reporte de seguimiento a la calidad y disponibilidad de las variables meteorológicas de todas las plantas solares y eólicas que se encuentren en operación.

El reporte de la calidad y la disponibilidad de la información meteorológica estará definido a partir de un análisis estadístico aplicado a las banderas de calidad de cada dato del mes precedente al análisis. Las estadísticas consisten en determinar la frecuencia de ocurrencia de cada una de las banderas de calidad definidas durante el período de análisis, es decir, el conteo de las ocurrencias de cada una de las banderas con respecto al total de los datos.

El criterio de disponibilidad del sistema estará definido por el porcentaje de ocurrencias de la bandera de calidad “Verificado (V)”. Se considera que una señal meteorológica reportada al CND cumple con los criterios de calidad y disponibilidad siempre que el porcentaje de ocurrencia de la bandera de calidad “Verificado (V)” sea mayor o igual al 95%.

El reporte escrito debe contener la siguiente información:

- Nombre la planta.
- Tipo de tecnología.
- Período de evaluación.
- Fecha del reporte.
- Variables reportadas.
- Estadísticas de las banderas de calidad.
- Alertas generadas.

6. PROCEDIMIENTO DE CORRECCIÓN DE LAS SEÑALES SUPERVISADAS

En caso de que la señal teled medida no cumpla con el criterio de calidad definido, el agente tendrá un plazo de 30 días hábiles, una vez notificado, para realizar las adecuaciones necesarias para garantizar la calidad y disponibilidad de la información. El CND publicará mensualmente el informe de seguimiento a la calidad y la disponibilidad de las señales meteorológicas reportadas, en su página oficial.

Si la problemática persiste, o en el evento que el agente considere que su información cumple con los criterios de calidad, el CND podrá solicitar al CNO evaluar el caso a través del SURER, con el fin de que allí se evalúe técnicamente la situación. Con el agente se definirán las medidas que se deberán implementar para corregir la situación o dificultad, y se establecerá un plan de trabajo y un cronograma, en caso de que el SURER así lo considere.

Finalmente, en caso de que el plazo definido por el Subcomité no sea cumplido por parte del agente, la situación se reportará a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, para lo de su competencia.