

Informe Técnico de Verificación de la unidad generadora de CT Nehuenco I para participar en el Servicio Complementario de Control Secundario de Frecuencia

enero 2023

| Versión | Fecha | Comentarios | Realizó | Revisó | Aprobó |
|----------------|---------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|
| 1 | 05 enero 2023 | Para presentar | AOG | JVC | JVC |

Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Objetivo del Ensayo | 4 |
| 2. Descripción Técnica de los equipos principales | 4 |
| 3. Documentos y normas aplicadas | 4 |
| 4. Responsables del ensayo | 4 |
| 5. Descripción del ensayo | 4 |
| 6. Resultados obtenidos | 6 |
| 7. Conclusiones | 16 |
| 8. Anexos | 17 |

1. OBJETIVO DEL ENSAYO

Este informe describe la certificación, preparación, ejecución y evaluación de las pruebas para verificar el cumplimiento según el “Anexo Técnico: Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC” de las exigencias técnicas de acuerdo con el TITULO 3-4 de la NT SSCC para la prestación del servicio de CSF.

2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

La CT Nehueno I, entró en funcionamiento el año 1998, tiene una potencia instalada de 380 MW y consta de dos turbinas, una a gas (TG) y otra a vapor (TV), ambas suministradas por el proveedor SIEMENS. Tiene la flexibilidad de operar en Ciclo Abierto (CA) o en Ciclo Combinado (CC). Su combustible principal es GNL o GN, y su combustible de respaldo es el petróleo Diesel.

3. DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS

- Norma Técnica de SyCS.
- NT SSCC, en lo que respecta a la prestación del servicio de CSF.
- Anexo Técnico: Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC.
- Instructivos de Verificación de SSCC: Protocolo de pruebas de Sintonización y Guía de Verificación de Control de Frecuencia.

4. RESPONSABLES DEL ENSAYO

De acuerdo con lo establecido en el Título 2 del Anexo Técnico “Verificación de Instalaciones para la Prestación de SSCC”, el Coordinador podrá realizar los ensayos relativos al AGC y emitir el informe de verificación de las instalaciones para la prestación del servicio de CSF. De esta forma, de acuerdo con la naturaleza de los ensayos, se asignan dos expertos técnicos, para verificar los requisitos relacionados con las telecomunicaciones necesarias y el desempeño de la unidad generadora para prestar el SSCC de CSF.

- Experto técnico de Comunicaciones: Gerardo Cardenas
- Experto técnico sintonización: Jorge Silva - Arturo Olavarría
- Representante de la planta generadora:

5. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El desempeño del AGC está estrechamente ligado a la calidad y disponibilidad de las señales telemedidas y al desempeño de las instalaciones en control del AGC. Para efectos de lo anterior, se ejecutan los siguientes ensayos:

- a. Pruebas de Comunicaciones de las señales análogas y digitales utilizadas por el AGC.

b. Pruebas de Sintonización en el AGC.

De esta forma las pruebas de comunicaciones y sintonización buscan verificar según corresponda, los siguientes requisitos:

- Para distintos valores de reserva para CSF verificar que la instalación y su recurso técnico cumple con los tiempos establecidos en la Resolución SSCC. Para efectos de verificar la edad del dato y cambio en las señales de estado.
- Dispone del equipamiento que permita recibir una consigna externa proveniente del AGC del Coordinador y modificar su generación de potencia activa de acuerdo con esta consigna. Para efectos de verificar el recibo de la consigna desde el AGC al DCS de la unidad generadora, y su confirmación de recibo a través del feedback de la consigna hacia el AGC.
- Dispone de canales de comunicación dedicados requeridos por el Coordinador para realizar el CSF a través del AGC. Para efectos de verificar la disponibilidad del dato mayor o igual al 99.95% mensual.
- Dispone del envío de las señales de medidas y estados requeridos por el Coordinador para realizar el CSF a través del AGC. Para efectos de verificar el estado y calidad de las señales solicitadas para el control de la unidad generadora en el AGC.
- Las instalaciones disponen de los equipos y medios requeridos por el Coordinador para efectuar un adecuado monitoreo de la disponibilidad y desempeño del servicio CSF, de acuerdo con lo establecido en los establecido en los Artículos 4-17 y 4-27 de la NTSyCS.
- Verifica la respuesta de la instalación bajo el comando del controlador de CSF y se identifican sus parámetros de sintonización al AGC. Para efectos de realizar pruebas en lazo abierto y cerrado.
- Medición del gradiente de reducción de potencia de la instalación [MW/min]. Para efectos de contrastar su valor con el teórico entregado, y su linealidad en todo el rango de operación definidos por límites de regulación.
- Medición del gradiente de toma de carga de la instalación [MW/min]. Para efectos de contrastar su valor con el teórico entregado, y su linealidad en todo el rango de operación definidos por límites de regulación.
- Medición de la estabilidad operativa de las diferentes instalaciones comandadas por un AGC, ante la incorporación de la instalación ensayada. Para efectos de verificar la consistencia y coherencia de la respuesta de la unidad ensayada, en comparación con el resto de las unidades en control del AGC.
- Definición y medición de los límites de regulación telemedidos superior e inferior, entre los cuales la instalación participará en el CSF a través de AGC. Para efectos de verificar una respuesta lo más lineal posible ante el envío de consignas.
- Tiempo de entrega en que la instalación es capaz de mantener el recurso teórico. Para efectos de verificar sobre o sub-amortiguamientos en la respuesta de la unidad generadora.
- Medición de las bandas de operación prohibidas, dentro de las cuales la instalación no participará en el CSF a través del AGC. Para efectos de parametrizar las zonas de operación de la unidad generadora donde el AGC no realizará envío de consignas.

- Medición de tiempos de retardo ante el envío de una consigna de potencia activa. Para efectos de parametrizar en el AGC los tiempos de atraso de la unidad generadora considerados en el lazo de control.
- Verificación del estado final de la potencia activa con respecto a su potencia solicitada. Para efectos de parametrizar en el AGC, la banda muerta del Error de Control de la unidad generadora.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las exigencias técnicas solicitadas, junto con el nivel de cumplimiento obtenido en los ensayos de comunicaciones y sintonización en el AGC para las configuraciones de Ciclo Combinado (CC) y Ciclo Abierto (CA):

Cuadro Resumen

| Ítem | Requisito | Cumplimiento |
|------|---|--------------|
| 1 | Layout del diseño implementado para el AGC | 100% |
| 2 | Documento que certifique el cumplimiento del 99.95% de disponibilidad | 100% |
| 3 | Listado de señales solicitadas por el Coordinador con direccionamiento según protocolo de comunicaciones | 100% |
| 4 | Pruebas de señales punto a punto completadas | 100% |
| 5 | Cumplimiento de la edad del dato de las señales comprometidas | 100% |
| 6 | Cumplimiento de la estampa de tiempo de las señales comprometidas | 100% |
| 7 | Pruebas de redundancia de enlaces de comunicación | 100% |
| 8 | Prueba de conectividad con los servidores del Coordinador Eléctrico Nacional | 100% |
| 9 | Pruebas de verificación de señales utilizadas por los despliegues de AGC | 100% |
| 10 | Verificación del desempeño y disponibilidad de las señales (15 días contados desde la ejecución de las pruebas de sintonización). | 100% |
| 11 | Pruebas de respuesta de la señal de control de la instalación de generación | 100% |
| 12 | Medición del gradiente de reducción de potencia de la instalación [MW/min]. | 100% |
| 13 | Medición del gradiente de toma de carga de la instalación [MW/min]. | 100% |
| 14 | Medición de la estabilidad operativa de las diferentes instalaciones comandadas por un AGC, en caso de que éste último se encuentre implementado. | 100% |
| 15 | Medición de los límites de regulación superior e inferior, entre los cuales las instalaciones participarán en el CSF a través del AGC. | 100% |
| 16 | Tiempo de entrega en que la instalación es capaz de mantener el recurso técnico. | 100% |
| 17 | Medición de las bandas de operación prohibidas, dentro de las cuales las instalaciones no participan en el CSF a través del AGC | 100% |
| 18 | Medición de tiempos de retardo ante el envío de una consigna de potencia activa | 100% |
| 19 | Verificación del estado final de la potencia activa con respecto a su potencia solicitada. | 100% |
| 20 | Verificación de sub o sobre amortiguamiento de la potencia activa con respecto al valor de consigna. | 100% |
| 21 | Verificación de la estabilidad de la potencia activa, considerando el estatismo y banda muerta de la frecuencia parametrizados en el controlador potencia - frecuencia de la instalación. | 100% |

Pruebas de Comunicaciones

Layout del diseño implementado para el AGC

Colbún S.A (en adelante Coordinado), certifica, mediante la presentación de un Layout (Anexo 1) que la arquitectura de comunicaciones utilizada por la empresa para la transmisión de las señales requeridas por el AGC, y en particular las utilizadas por la CT Nehuenco I, posee la redundancia necesaria del equipamiento, para el cumplimiento de la disponibilidad mensual requerida del 99.95%. El Coordinador Eléctrico Nacional no tiene comentarios sobre el diseño y está de acuerdo con lo presentado, pero se debe recordar que la responsabilidad del diseño y cumplimiento sigue siendo del Coordinado.

Documento que certifique el cumplimiento del 99.95% de disponibilidad de los enlaces de comunicación

El Coordinado, mediante declaración de disponibilidad de sus enlaces de telecomunicaciones (Anexo 2), certifica que mediante la redundancia de dos enlaces provistos por las empresas de telecomunicaciones Entel S.A y Telefónica S.A, cada uno de 99,5%, logra dar cumplimiento de la disponibilidad mensual requerida del 99.95%.

Listado de Señales y Pruebas Punto a Punto:

Para operación de la CT Nehuenco I en las configuraciones de CC y CA en el AGC, se solicitaron adicionalmente señales digitales, analógicas y setpoint, las que son transmitidas mediante el protocolo de comunicación ICCP. Las señales hacen referencia a la subestación "NEHUENC" en la base de datos del Scada ABB del Coordinador. Durante las pruebas se verificó que las señales se reportaban sin problemas tanto en su magnitud y sentido para el caso de las medidas, estado para las digitales y en el caso del setpoint se verificó que llegaba sin problemas al equipamiento del Coordinado. Las imágenes presentan su visualización en el Scada del Coordinador.

| Indication | RTU | Current State | CTRL | MEO | Calc | R-ICCP | Description |
|-------------------------------------|-----|---------------|------|-----|------|--------|-------------|
| *TGTV1† | | | | | | | |
| NEHUENC 15. TGTV1 CC INT | | CERRADO | | | | X | COLBUN AGC |
| NEHUENC 15. TGTV1 CC LOCAL-REMOTO | | ABIERTO | | | | X | COLBUN AGC |
| NEHUENC 15. TGTV1 CC MODO CICLO AGC | | CERRADO | | | | X | COLBUN AGC |
| NEHUENC 15. TGTV1 TG INT | | CERRADO | | | | X | COLBUN AGC |
| NEHUENC 15. TGTV1 TG LOCAL-REMOTO | | ABIERTO | | | | X | COLBUN AGC |
| NEHUENC 15. TGTV1 TG MODO CICLO AGC | | CERRADO | | | | X | COLBUN AGC |

| Indications | Measurands | Accumulators | Setpoints | Subnets | Bays | Status Check | RTU Comm Points | | | |
|-------------------|------------|-----------------|-----------|---------|---------------|--------------|-----------------|-----|------|-------------|
| Measurand | | | | RTU | Current Value | Stale Data | EU | MEO | Calc | Description |
| COLBUN AGC | | | | | | | | | | |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC F | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC ILIM | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC MSP | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC P PROGRAM | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC PBRUT | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC RAMPA BAJADA | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC RAMPA SUBIDA | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | CC SLIM | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | QNET TG | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG F | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG ILIM | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG MSP | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG P PROGRAM | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG PBRUT | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG RAMPA BAJADA | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG RAMPA SUBIDA | | | | | | | | COLBUN AGC |
| NEHUENC | 15. TGTV1 | TG SLIM | | | | | | | | COLBUN AGC |

| Setpoint | RTU | Current Value | EU | Control Type | Last Command Value |
|----------------------------|-----|---------------|----|--------------|--------------------|
| ▼ | | | | | |
| NEHUENC/15.75/TGTV1/TG SPV | | 181.42 | MW | Setpoint | 0.00 |
| NEHUENC/15.75/TGTV1/CC SPV | | 275.00 | MW | Setpoint | 0.00 |

Estampa de Tiempo:

Las maniobras de los equipos se recibieron correctamente en el Scada del Coordinador, y además se verificó que:

- a) Se envían correctamente las estampas de tiempo:
- b) No se obtienen edades del dato negativas.
- c) La edad del dato de las señales está dentro del rango de 5 segundos requerido por norma técnica.

De esta forma se da por aprobado la estampa de tiempo y edad del dato de la CT Nehuenco I.

Pruebas de redundancia y Conectividad de enlaces de comunicación

Se comprobó la comunicación efectiva a través del protocolo de comunicación ICCP, está operativa en los Data Center de ENEA, Lídice y Apoquindo. Para el sitio Principal comunicación por COLBUN_IP1 a IP8, y para el sitio de respaldo COLBUN_IP9 a IP16.

| Connections | | | | | | | | | | Associations | | |
|---------------|-------------------------------|--------|------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------------|----|--|--------------|----------------|--------|
| Site | Name | Status | Persistent Alarm | Unack. Alarm | Blocked Alarm | Secure Connection | Traffic Encrypted | AI | | Site | Remote AR Name | Status |
| COLBUN | ICCP Connection COLBUN | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP3 | Down |
| COLLAHUASI | ICCP Connection COLLAHUASI | Up | No | Yes | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP4 | Down |
| COLMITO | ICCP Connection COLMITO | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP5 | Down |
| CONEJO | ICCP Connection CONEJO | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP6 | Down |
| CPOTENCIA | ICCP Connection CPOTENCIA | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP7 | Up |
| DUKE | ICCP Connection DUKE | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP8 | Down |
| ELPASO | ICCP Connection ELPASO | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP9 | Down |
| ELPROS | ICCP Connection ELPROS | Up | No | Yes | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP10 | Down |
| EMR | ICCP Connection EMR | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP11 | Down |
| ENAPACONCAGUA | ICCP Connection ENAPACONCAGUA | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP12 | Down |
| ENEL | ICCP Connection ENEL | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP13 | Down |
| ENEL_DX | ICCP Connection ENEL_DX | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP14 | Down |
| ENEL_GX | ICCP Connection ENEL_GX | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP15 | Down |
| ENGIE_RET | ICCP Connection ENGIE_RET | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP16 | Down |
| ENGIENORTE | ICCP Connection ENGIENORTE | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP17 | Down |
| ENLASA | ICCP Connection ENLASA | Up | No | No | No | No | No | No | | COLBUN | COLBUN_IP18 | Down |

Pruebas de verificación de señales utilizadas por los despliegues de AGC

Se verificó durante las pruebas la correcta visualización de las señales requeridas, para el control de parte del AGC.

| Generating Unit Name | Control Mode | Breaker 1 Status | Breaker 2 Status | Control Status | Primary Generation | Alternate Generation | De-rate Limit | Reg Limit High |
|----------------------|--------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------------|
| *TGTV1* | | | | | | | | |
| NEHUENC 15.TG1 | AGC | Manual | NEHUENC 15.TGTV1 TG INT | | NEHUENC 15.TGTV1 TG LOCAL-REMOTO | NEHUENC 15.TGTV1 TG PNET | | NEHUENC 15.TGTV1 TG SLIM |
| NEHUENC 1.AGG_CC.AGC | Avail | | NEHUENC 15.TGTV1 CC INT | | NEHUENC 15.TGTV1 CC LOCAL-REMOTO | NEHUENC 15.TGTV1 CC PNET | | NEHUENC 15.TGTV1 CC SLIM |
| Unit Telemetry | Tie Line | Frequency | Non-Conforming Load | XPR Data | | | | Reg Limit |
| Generating Unit Name | | | | | | | | |
| | | Reg Limit Low | Ramp Rate Up | Ramp Rate Down | Auxiliary Load | Reactive Power | Limit Change Switch | Desired Generation |
| NEHUENC 15.TG1 | AGC | NEHUENC 15.TGTV1 TG ILM | NEHUENC 15.TGTV1 TG RAMPA SUBIDA | NEHUENC 15.TGTV1 TG RAMPA BAJADA | | | | NEHUENC 15.TGTV1 TG MSP |
| NEHUENC 1.AGG_CC.AGC | | NEHUENC 15.TGTV1 CC ILM | NEHUENC 15.TGTV1 CC RAMPA SUBIDA | NEHUENC 15.TGTV1 CC RAMPA BAJADA | | | | NEHUENC 15.TGTV1 CC MSP |
| | | | | | | | | NEHUENC/15.75/TGTV1/TG SPV |
| | | | | | | | | NEHUENC/15.75/TGTV1/CC SPV |

Verificación del desempeño y disponibilidad de las señales

Durante el periodo del 01 de julio al de 30 de julio de 2022, (Anexo 3), se verificó el desempeño de las señales del Sistema de Información de Tiempo Real que fue de un 99,8%, superior al requerimiento mínimo de un 99.5% exigido por norma.

Pruebas de respuesta de la señal de control de la instalación de generación

Se realizaron pruebas complementarias a las pruebas punto a punto, durante la sintonización de la unidad (Anexo 4). Durante su ejecución, la respuesta de las señales fue satisfactoria.

Pruebas de Sintonización en el AGC

Medición del gradiente de reducción y toma de carga de la instalación [MW/min]

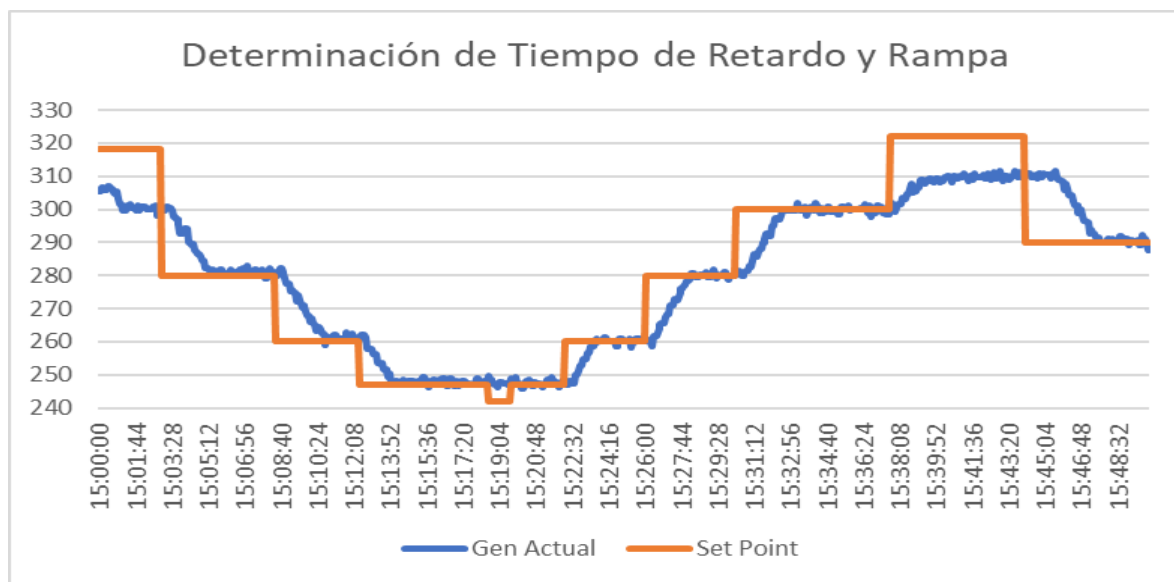
La CT Nehuenco I fue sometida a envío de escalones de potencia activa desde el AGC para determinar la rampa efectiva dentro de la zona de operación definida por los límites informados por el coordinado.

Ciclo Combinado (CC)

Se verifica una rampa lineal y sostenida hasta un valor de potencia cercanos al valor de la consigna enviada. Los valores de rampa promedio obtenidos para subir y bajar fueron 7.2 y 7.9 MW/minuto, respectivamente. Se parametriza en el AGC un valor de rampa para subir y bajar de **7.5 MW/minuto**.

Rampas estimadas (MW/min)

| Test | Setpoint | Hora inicial | Hora final | Potencia Inicial | Potencia final | rampa (MW/min) |
|------|----------|--------------|------------|------------------|----------------|----------------|
| 1 | 260 | 15:22:36 | 15:24:16 | 247.5 | 260 | 7.5 |
| 2 | 280 | 15:26:32 | 15:28:36 | 261.8 | 280.4 | 9 |
| 3 | 300 | 15:30:52 | 15:33:20 | 281.6 | 300.5 | 7.7 |
| 4 | 322 | 15:38:12 | 15:39:40 | 301.6 | 308.4 | 4.6 |
| 5 | 280 | 15:03:28 | 15:05:56 | 299.5 | 280.5 | -7.7 |
| 6 | 260 | 15:08:52 | 15:11:04 | 279 | 260.4 | -8.8 |
| 7 | 247 | 15:12:40 | 15:14:32 | 261.3 | 247.1 | -7.6 |
| 8 | 290 | 15:45:32 | 15:48:12 | 311.5 | 290.5 | -7.8 |

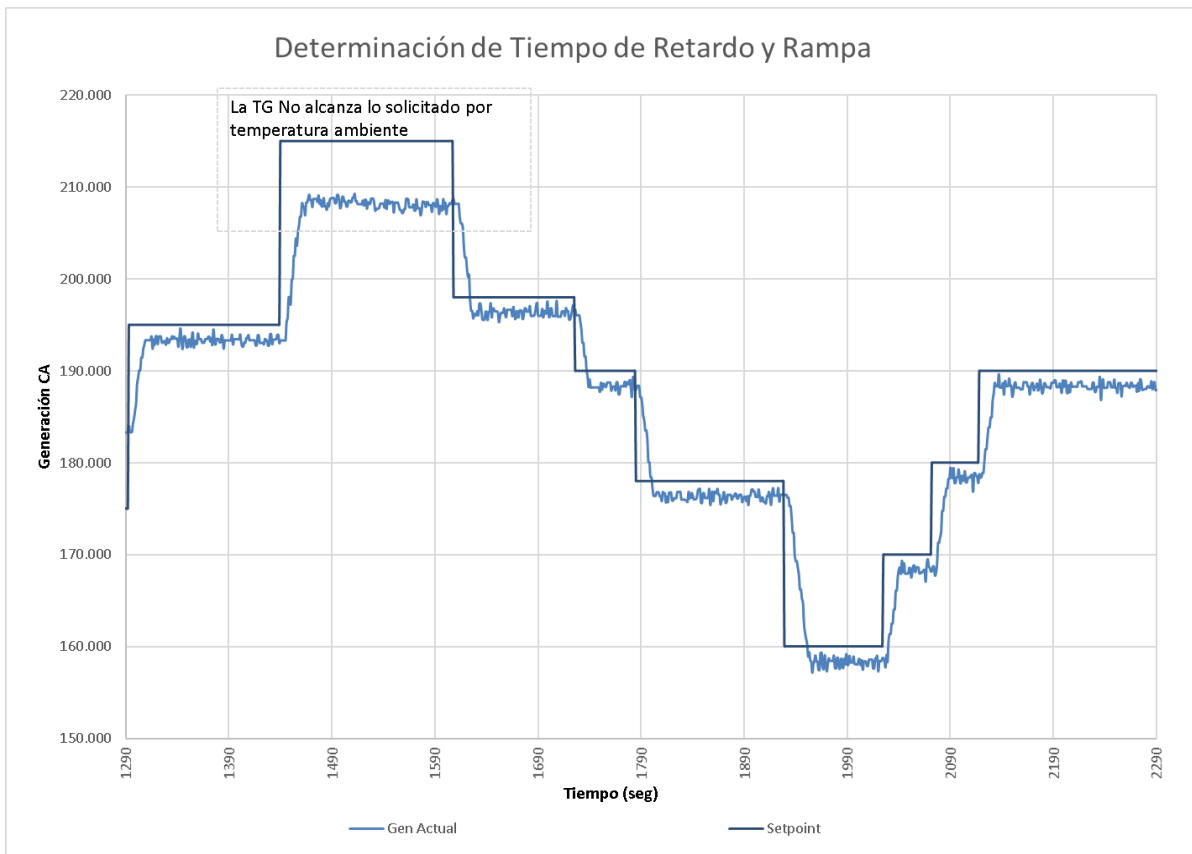


Ciclo Abierto (CA)

Se verifica una rampa lineal y sostenida hasta un valor de potencia cercanos al valor de la consigna enviada, superior al valor informado de rampa para bajar y subir. Los valores de rampa promedio para subir y bajar son 12.6 y 13.1 MW/minuto, respectivamente. Se parametriza en el AGC un valor de rampa para subir y bajar de **12 MW/minuto**.

Rampas estimadas (MW/min)

| Test | Setpoint | Hora inicial | Hora final | Potencia Inicial | Potencia final | rampa (MW/min) |
|------|----------|--------------|------------|------------------|----------------|----------------|
| 1 | 170 | 10:15:16 | 10:16:00 | 158.336 | 168.367 | 13.7 |
| 2 | 180 | 10:18:20 | 10:19:20 | 167.731 | 179.487 | 11.8 |
| 3 | 190 | 10:21:28 | 10:22:12 | 178.91 | 188.701 | 13.4 |
| 4 | 195 | 9:26:24 | 9:27:16 | 183.355 | 193.352 | 11.5 |
| 5 | 210 | 9:36:20 | 9:37:24 | 193.321 | 208.263 | 14.0 |
| 6 | 195 | 9:47:32 | 9:48:28 | 208.191 | 195.721 | -13.4 |
| 7 | 190 | 9:55:20 | 9:55:40 | 196.066 | 191.583 | -13.4 |
| 8 | 180 | 9:59:12 | 9:59:56 | 188.38 | 178.433 | -13.6 |
| 9 | 160 | 10:08:44 | 10:10:04 | 176.52 | 160.278 | -12.2 |



Límites de regulación superior e inferior, entre los cuales el CC y CA participarán en el CSF a través del AGC.

Durante las pruebas de sintonización para la operación en CC y CA. De esta forma, el rango de operación para prestar el servicio complementario de CSF corresponde a la **potencia neta**, y estará delimitado por los siguientes límites de regulación:

| Límite Superior de Regulación (MW) | Límite inferior de Regulación (MW) | Configuración | Combustible |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------|-----------------|
| 322* | 247 | CC | GN y GNL |
| 212* | 154 | CA | GN y GNL |
| 309* | 220 | CC | Petróleo Diesel |
| 200* | 140 | CA | Petróleo Diesel |

(*) Valor del límite depende de la Tº ambiente que afecta a la TG del Ciclo Combinado. El coordinado habilitó una lógica de control que actualiza el límite de regulación superior de la unidad, de manera dinámica, una vez que esta se encuentra limitada por control de temperatura. En caso contrario se envía el valor de potencia máxima declarado.

Tiempo de entrega en que la instalación es capaz de mantener el recurso técnico

El tiempo de entrega de la potencia exigida por el CSF es de 5 minutos y puede ser mantenido hasta 15 minutos. En el caso de los CC y CA, estos tiempos fueron consistentes con las rampas programadas.

Medición de las bandas de operación prohibidas, dentro de las cuales las instalaciones no participan en el CSF a través del AGC

La banda inferior de operación prohibida está delimitada por la zona comprendida entre su mínimo técnico declarado y el límite inferior de regulación (Anexo 6). A su vez, la banda superior de operación está delimitada por restricciones técnicas o emisiones ambientales.

Medición de tiempos de retardo ante el envío de una consigna de potencia activa

El tiempo de retardo está definido como el tiempo transcurrido entre el envío de la consigna de potencia y la respuesta efectiva de la unidad, considerando los tiempos de retardo asociados a los canales de comunicación.

Ciclo Combinado (CC)

Se midieron los tiempos de retardo de subida y bajada. Se determinó un tiempo de retardo promedio de 26 segundos (no considerando el intento que demoró 84 segundos).

| Test | Setpoint | Hora inicial | Hora final | Tiempo retardo (s) |
|------|----------|--------------|------------|--------------------|
| 1 | 330 | 15:22:12 | 15:22:36 | 24 |
| 2 | 320 | 15:26:04 | 15:26:32 | 28 |
| 3 | 310 | 15:30:20 | 15:30:52 | 32 |
| 4 | 300 | 15:37:44 | 15:38:12 | 28 |
| 5 | 290 | 15:03:00 | 15:03:28 | 28 |
| 6 | 280 | 15:08:24 | 15:08:52 | 28 |
| 7 | 270 | 15:12:24 | 15:12:40 | 16 |
| 8 | 260 | 15:44:08 | 15:45:32 | 84 |

Ciclo Abierto (CA)

Se determino un tiempo de retardo promedio de 18 segundos, el cual es inferior a los 20 segundos admisibles para este tipo de tecnología.

| Test | Setpoint | Hora inicial | Hora final | Tiempo retardo (s) |
|------|----------|--------------|------------|--------------------|
| 1 | 170 | 9:26:12 | 9:26:24 | 12 |
| 2 | 180 | 9:35:56 | 9:36:20 | 24 |
| 3 | 190 | 10:14:56 | 10:15:16 | 20 |
| 4 | 195 | 10:18:04 | 10:18:20 | 16 |
| 5 | 210 | 10:21:08 | 10:21:28 | 20 |
| 6 | 195 | 9:47:08 | 9:47:32 | 24 |
| 7 | 190 | 9:55:00 | 9:55:20 | 20 |
| 8 | 180 | 9:58:56 | 9:59:12 | 16 |
| 9 | 160 | 10:08:32 | 10:08:44 | 12 |

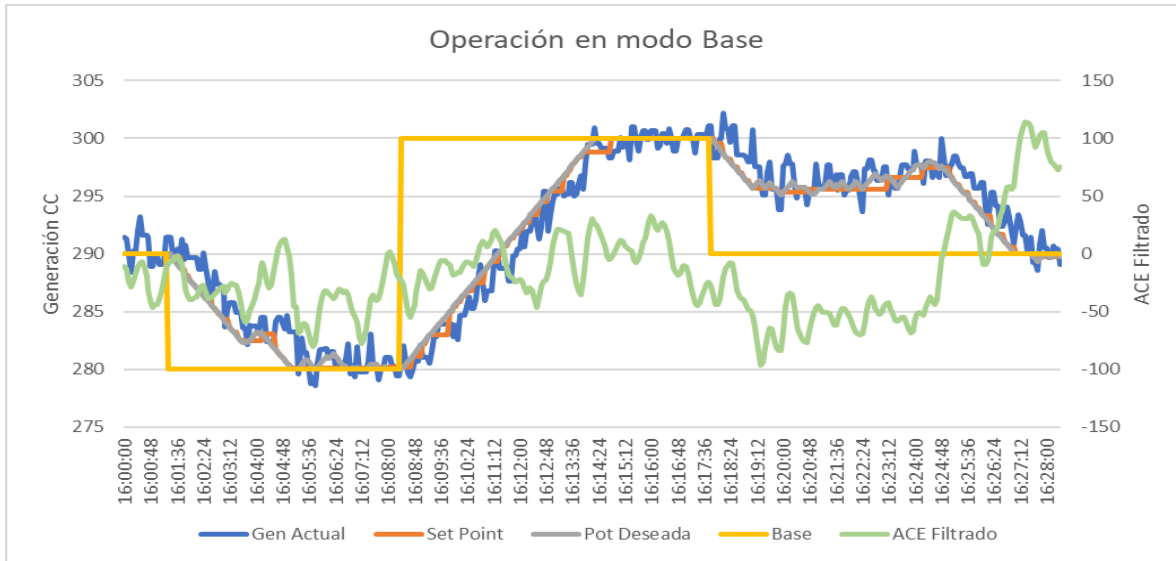
Verificación de la desviación del estado final de la potencia activa con respecto a su potencia solicitada

Con el fin de verificar el estado final de la potencia activa de la TV, ante el envío de una consigna desde el AGC en una condición estable de frecuencia, considerando que la prueba de sintonización se realiza con el CPF habilitado. Se comparó el valor de la potencia alcanzada y el valor de consigna estable. Con lo anterior, se fijó la banda muerta de la consigna de potencia de 1 MW para las configuraciones de CC y CA.

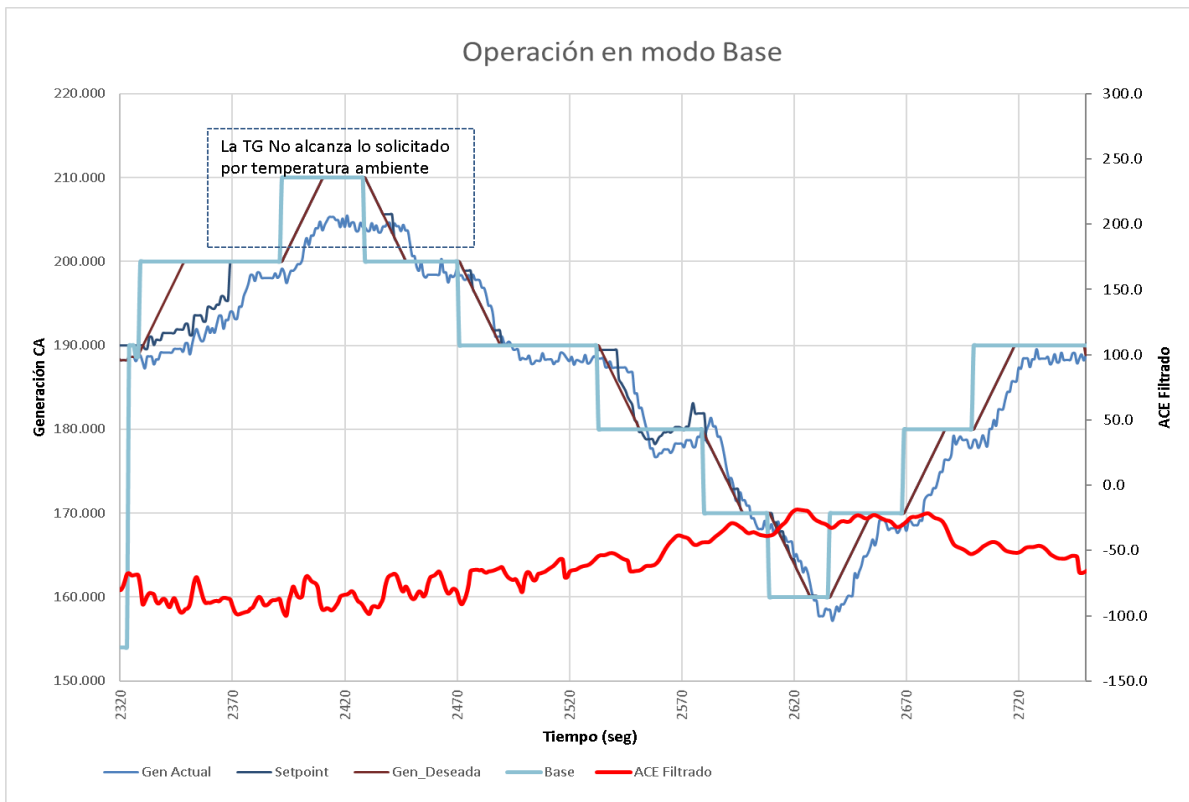
Pruebas de lazo cerrado sin regulación de frecuencia

Se realizaron pruebas utilizando el modo de control **Base**. Este modo de control solo considera el envío de consigna y no la componente de regulación de frecuencia del AGC, a excepción del corrector de frecuencia del regulador que se mantiene conectado durante las pruebas de sintonización. La prueba consistió en modelar la potencia deseada, y compararla con la respuesta real del CC y CA. Se observa una correlación y consistencia satisfactoria entre la potencia deseada y la potencia real, como muestra la figura:

Ciclo Combinado (CC)



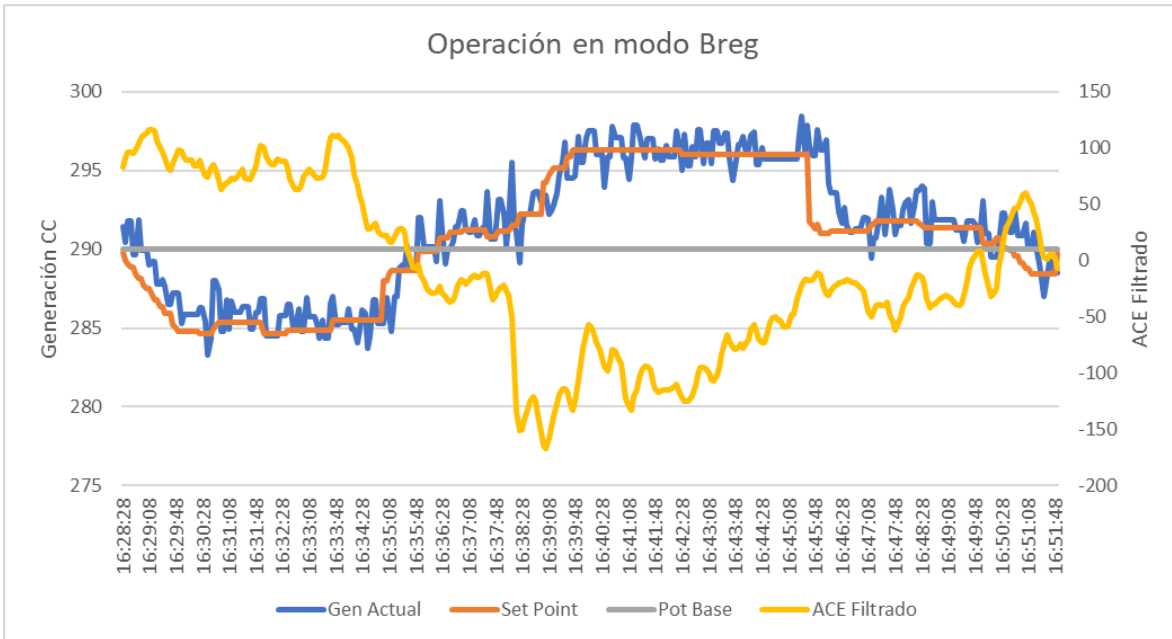
Ciclo Abierto (CA)



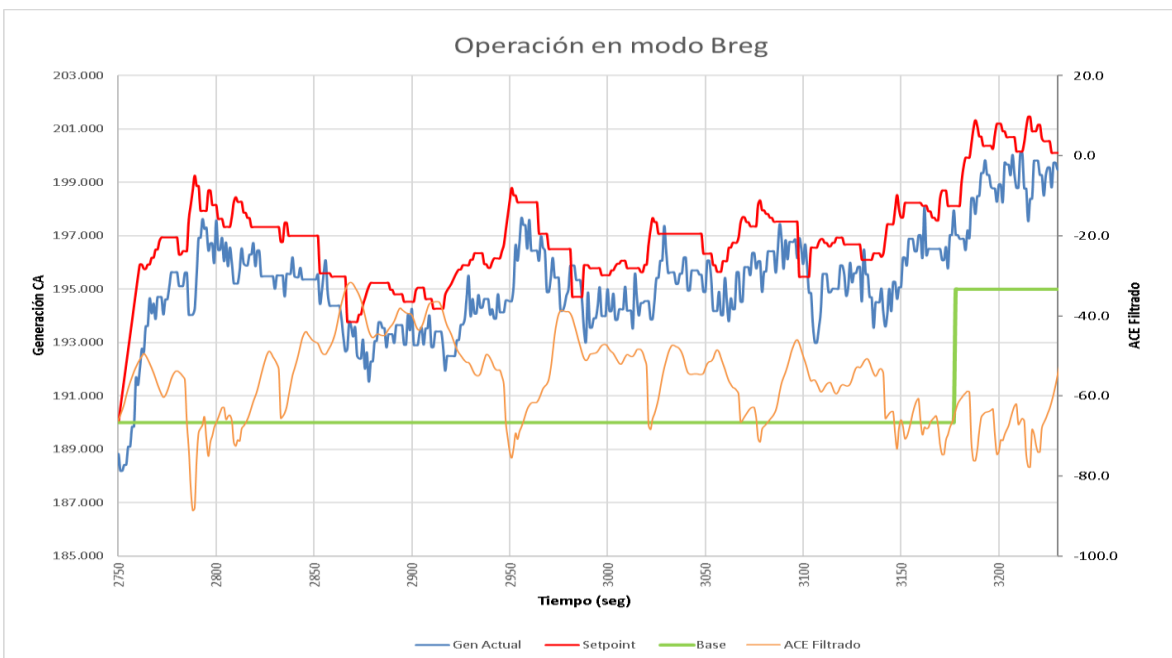
Pruebas de lazo cerrado control de frecuencia

De acuerdo con las condiciones sistémicas al momento de las pruebas, se realizaron pruebas en control del AGC con el modo de control **Breg**, en donde la potencia base es cambiada por el despachador del CDC.

Ciclo Combinado (CC)



Ciclo Abierto (CA)



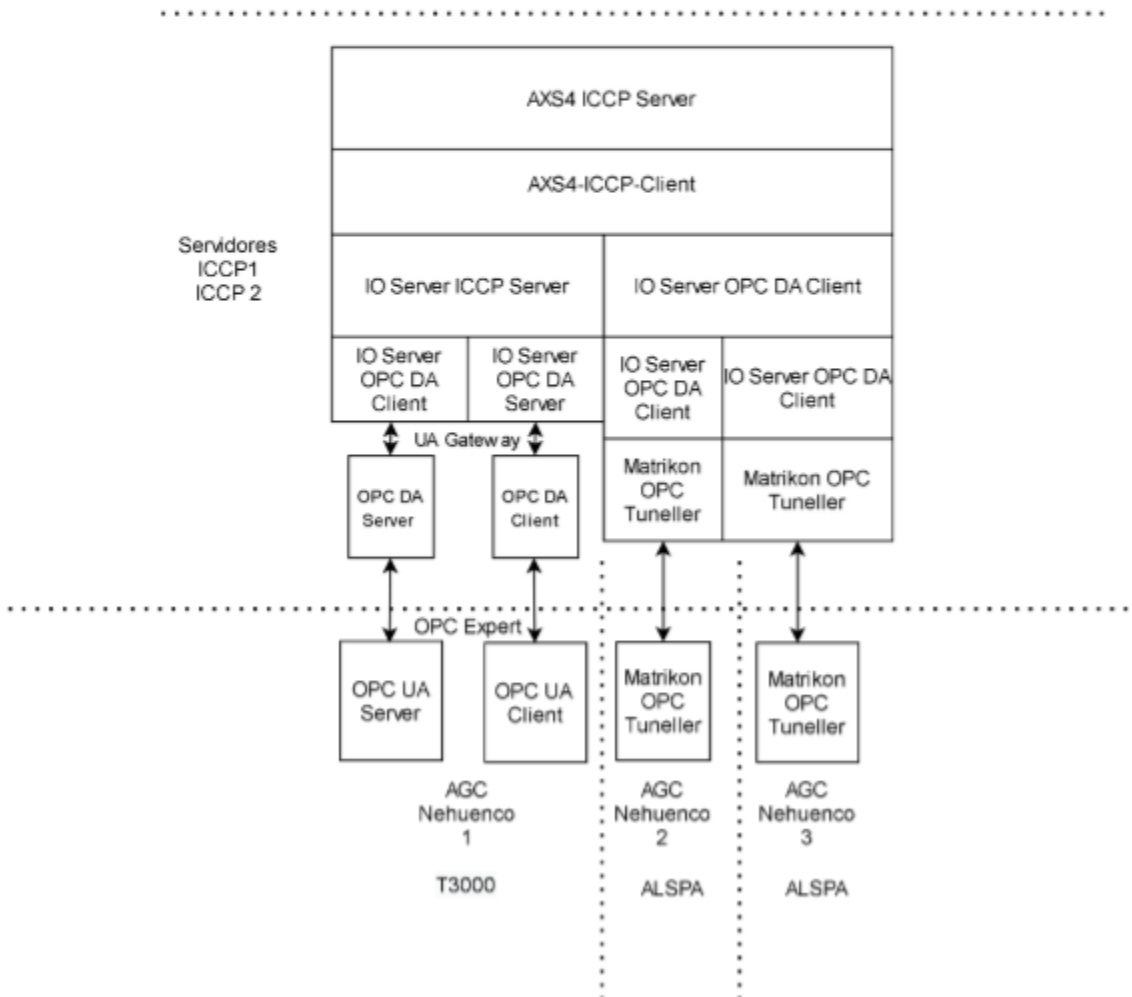
7. CONCLUSIONES

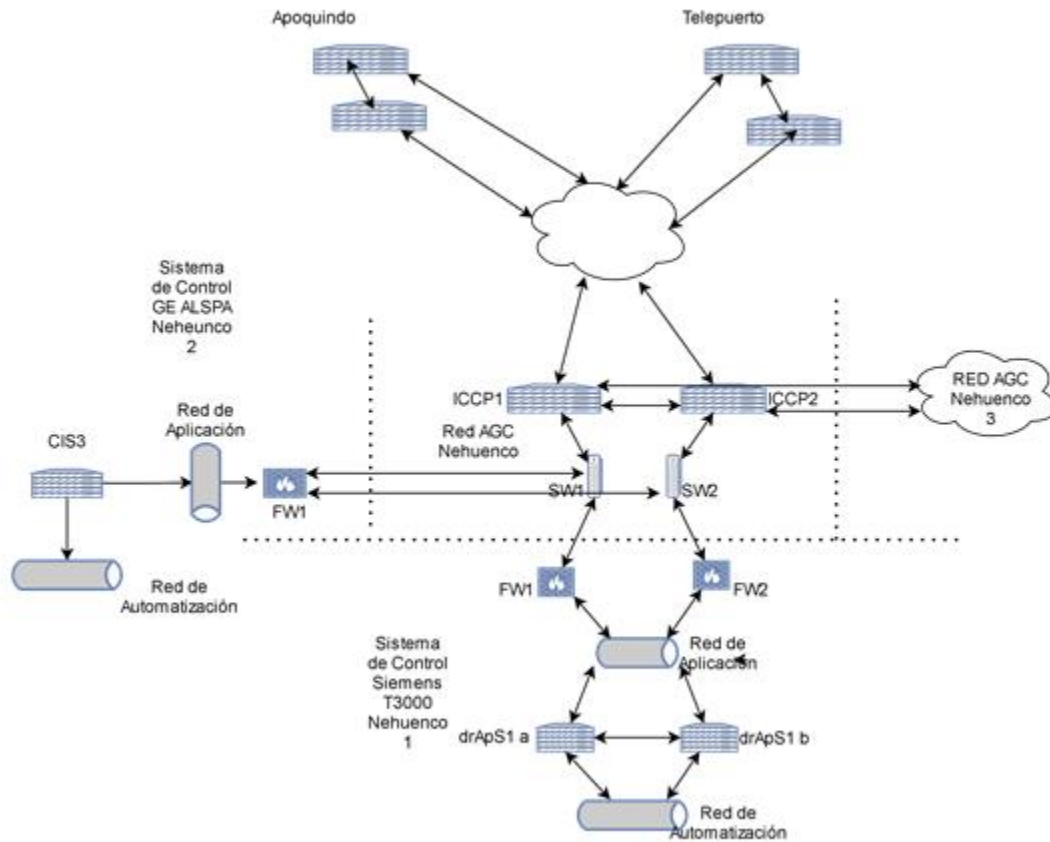
De acuerdo con lo expuesto en el punto 6 del presente informe, se concluye que la CT Nehuenco I, se encuentra habilitada para prestar el SSCC de control secundario de frecuencia en las configuraciones de CC y CA, mediante la utilización de los combustibles GN, GNL y petróleo Diesel.

8. ANEXOS


Anexo 1 Layout de comunicaciones

Diagrama de software Cliente/Servidor OPC





Anexo 2 Certificado de disponibilidad de enlace
Disponibilidad enlace Entel

| | | | | |
|---|---|------------------|--------------------------------|---|
|  | Informe Servicio de Monitoreo Cliente COLBUN | | | Código Documento COLBUN-INFO-003 |
| | Fecha de Revisión 16/11/2022 | Revisión N° 1 | Fecha de Emisión 16/11/2022 | Gerencia de Servicios Gestionados Subg. de Monitoreo y Disponibilidad de Servicios Página Página 5 de 14 |

2 Objetivos

- Indicar las acciones realizadas frente a eventos detectados en el período.
- Entregar recomendaciones para la mejora de los servicios.
- Presentar resultados de las mediciones realizadas en el período.

3 Gestión del Servicio

A continuación, se presentan los índices relacionados con la gestión del servicio, comprendiendo la disponibilidad operacional y la distribución de eventos del período.

3.1 Disponibilidad Operacional Histórica (12 meses)

La disponibilidad operacional del mes de OCTUBRE es de un 99.89%, superior al promedio del año, con una tendencia de disponibilidad mayor con respecto al mes anterior.

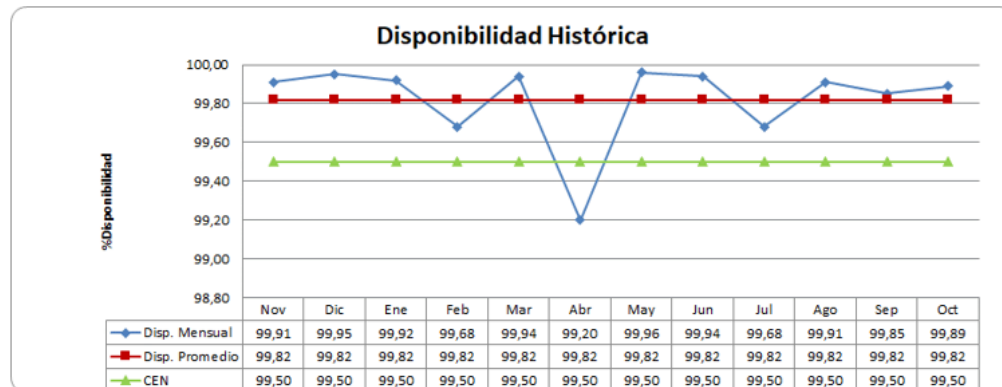


Gráfico N° 1: Disponibilidad Operacional Histórica

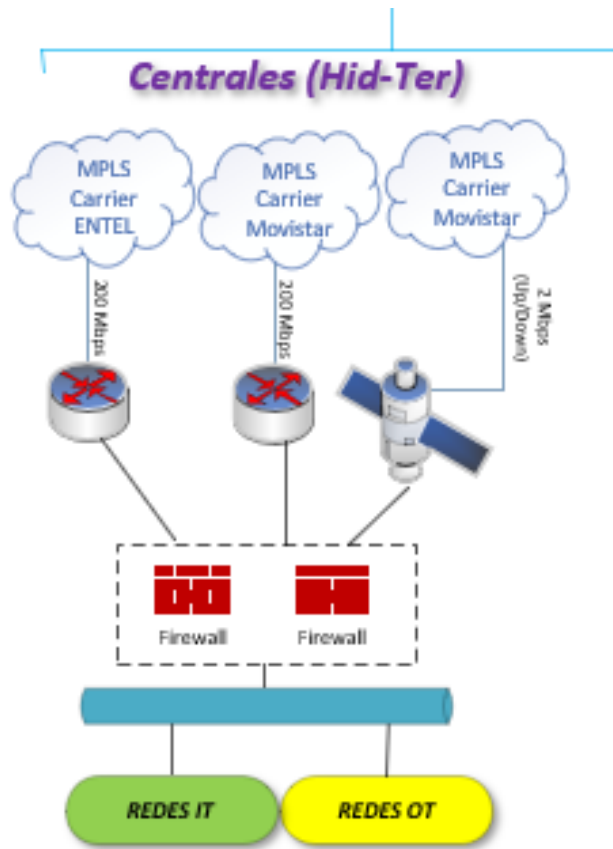


Diagrama de comunicación

Disponibilidad enlace Telefónica

| Informe Red WAN | | |
|--|-------------|---------|
| COLBUN S.A. (COLBUN01) | | |
| Período comprendido entre el 01 al 31 de Octubre 2022 | | |
| Total de horas de supervisión diaria | 24:00:00 | |
| Total de días de supervisión | 31 | % |
| Total de horas de disponibilidad por sucursal | 744:00:00 | |
| Sucursales en supervisión | 35 | |
| Tiempo total de servicio | 28040:00:00 | 100% |
| Tiempo de indisponibilidad relacionado a causa u origen en Movistar Chile. | 0:00:00 | 0,00% |
| Tiempo de indisponibilidad relacionado a causa u origen por Cliente. | 0:00:00 | 0,00% |
| Tiempo de indisponibilidad relacionado a otras causas. | 785:43:42 | 0,43:27 |
| Tiempo Total de Indisponibilidad | 785:43:42 | 3,02% |
| Tiempo Total de Disponibilidad de Red WAN | 25254:16:18 | 96,98% |
| Tiempo Total de Disponibilidad entregado por Movistar Chile (descontando causas asociadas a cliente u otros) | 28040:00:00 | 100,00% |

| Estación | Direccion | Cod. Servicio | Tiempos por eventos | | | | Disponibilidad | | | Indisponibilidad | | |
|--------------------------|---|---------------|---------------------|---------|----------|----------|----------------|----------|---------|------------------|-------|--|
| | | | Movistar | Cliente | Otro | Total | Total | Movistar | Cliente | Otro | | |
| APOQUINDO | DC Apoquindo 4775, Las Condes, Santiago | VFP2192962 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_ANGOSTURA | Central Angostura S/N, Santa Barbara, Los Andes | VFP2290111 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:02:28 | 0:02:28 | 99,99% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,01% | |
| CENTRAL_ANGOSTURA_VSAT | | SAT-S2X-256 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:10:25 | 0:10:25 | 99,98% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,02% | |
| CENTRAL_BOCATOMA_CARENA | Camino a Rinconada S/N (Sub Estacion Carena) | VFP2192977 | 0:00:00 | 0:00:00 | 24:13:32 | 24:13:32 | 96,74% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 3,26% | |
| CENTRAL_CANDELARIA | Codegua S/N (Central Candelaria), Codegua, R | VFP2191249 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_CANDELARIA_VSAT | | SAT-S2X-253 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_CANITUELLAN_VSAT | | SAT-S2X-259 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_CARENA_VSAT | | SAT-S2X-261 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_COLBUN_VSAT | | SAT-S2X-254 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_LOS_PINOS | -37.5071340, -72.6631810, Nacimiento, Los A | VFP2191220 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:37:43 | 1:37:43 | 99,78% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,22% | |
| CENTRAL_LOS_PINOS_VSAT | | SAT-S2X-257 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:42:47 | 1:42:47 | 99,77% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,23% | |
| CENTRAL_LOS_OJULOS | Los Ojulos S/N, Camino Internacional Km 20 La | VFP2193293 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_LOS_OJULOS_VSAT | | SAT-S2X-251 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_NEHUENCO | Ruta CH-60, Km 25, Sector Lo Venecia S/N, Qu | VFP2193295 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_NEHUENCO_VSAT | | SAT-S2X-252 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_RIUCUE_VSAT | | SAT-S2X-258 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_SANTA_MARIA | By Paso Coronel KM 10 S/N, (Central Sta. Mar | VFP2191411 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:01:49 | 0:01:49 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| CENTRAL_SANTA_MARIA_VSAT | | SAT-S2X-255 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:06:20 | 1:06:20 | 99,85% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,15% | |
| CHACABUCO | CHACABUCO 3, LOS ANDES, VALPARAISO, CHL | VFP0988227 | 0:00:00 | 0:00:00 | 20:57:46 | 20:57:46 | 97,18% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 2,82% | |
| DC AMUNATEGUI | AMUNATEGUI 25, SANTIAGO, REGION METRO | VFP2192610 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| DC CIUDAD DE LOS VALLES | LOS VIENTOS 22043, PUDAHUEL, REGION ME | VFP2192606 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| LA CALERA CENTRO | CARRERA 1308, LA CALERA, CALERA, VALPARA | VFP2192979 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| LA CALERA CERRO | Padre Hurtado S/N (SE La Calera Cerro), La Ca | VFP2192980 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| LAS CONDES | AV APOQUINDO 4775, LAS CONDES, REGION A | MDS522 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| MIMCO TELEPUERTO | Estación Fernandez 5660, La Florida | MDS522 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| OFICINA TX, LOS ANDES | AV CHACABUCO 33, LOS ANDES, VALPARAISO | VFP2192978 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| OFICINA VALDIVIA | MAIPO 187, VALDIVIA, LOS RIOS, CHILE | VFP2192981 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 100,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | |
| OVEJERA, TL, TL | Ovejera S/N 33 546 11'S, 704555 97'0" TIRI, | VFP2192974 | 0:00:00 | 0:00:00 | 46:39:30 | 46:39:30 | 93,73% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 6,27% | |
| PIRQUE | Parque Majada Sitio 6 Camino a Santa Rita s/n | VFP1345162 | 0:00:00 | 0:00:00 | 34:43:20 | 34:43:20 | 95,33% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 4,67% | |

Consolidado de Disponibilidad Total

| Mes | Año | SLA ESPERADO | SLA MPLS ENTEL | SLA MPLS Movistar | SLA (VSAT) Movistar |
|------------|------|--------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Noviembre | 2021 | 99.50% | 100% | | 100.00% |
| Diciembre | 2021 | 99.50% | 100% | | 100.00% |
| Enero | 2022 | 99.50% | 100% | | 99.78% |
| Febrero | 2022 | 99.50% | 98.29% | | 100.00% |
| Marzo | 2022 | 99.50% | 100% | | 99.90% |
| Abril | 2022 | 99.50% | 96.70% | | 99.98% |
| Mayo | 2022 | 99.50% | 100% | | 100.00% |
| Junio | 2022 | 99.50% | 100% | | 100.00% |
| Julio | 2022 | 99.50% | 100% | 100.00% | 100.00% |
| Agosto | 2022 | 99.50% | 100% | 99.22% | 99.89% |
| Septiembre | 2022 | 99.50% | 99.91% | 99.73% | 99.99% |
| Octubre | 2022 | 99.50% | 100% | 100.00% | 100.00% |

Anexo 3

En la siguiente tabla se muestra los minutos indisponibles por día de las variables AGC desde el 01 de julio al 30 de julio del 2022.

| Señales | Suma de MINUTES_UNAV | % |
|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| NEHUENC 10. TV1 F | 84,58333333 | 99,80% |
| NEHUENC 10. TV1 INT | 82,4 | 99,80% |
| NEHUENC 10. TV1 P | 84,58333333 | 99,80% |
| NEHUENC 10. TV1 Q | 84,88333333 | 99,80% |
| NEHUENC 10. TV1 V | 84,68333333 | 99,80% |
| NEHUENC 15. TG1 F | 84,58333333 | 99,80% |
| NEHUENC 15. TG1 INT | 0 | 99,80% |
| NEHUENC 15. TG1 P | 84,58333333 | 99,80% |
| NEHUENC 15. TG1 Q | 84,88333333 | 99,80% |
| NEHUENC 15. TG1 V | 85,16666667 | 99,80% |
| Total, general | 760,35 | 99,80% |

La disponibilidad total fue de 99,8% que es superior al 99.5% exigido por norma.

Anexo 4 Señales de Control

| | | |
|--|--|--|
| Descripción | Testes de los señales analógicos y digitales | |
| Preparación | Verificar que las comunicaciones están funcionando y que los datos recibidos tienen el status "good" en el SCADA | |
| Procedimiento | Resultados/Verificación | Observación |
| Verificar la medición de la generación de la Unidad MW (valor y signo) en el sistema SCADA y comparar con el campo | Valor debe ser igual al valor del medidor de campo OK___ La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA OK___ | CC y CA +-0.3 MW Ok |
| Verificar el estado de la señal digital que indica que la unidad está en línea / fuera de línea (si está disponible). Cambiar en campo y verificar si cambia en el sistema AGC. Esto debe ser hecho por personas expertas de campo para evitar el disparo de la máquina. | Valor debe ser igual al valor del medidor de campo OK___ La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA OK___ | OK |
| Verificar y cambiar el estado de control del DCS (local / remoto) en campo y verificar si cambia en el sistema AGC | Valor debe ser igual al valor del medidor de campo OK___ La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA OK___ | OK |
| Verificar los tiempos de envío y recepción de las señales desde el campo hasta el AGC y del AGC hasta el Campo. | Verificar que los tiempos no pueden tener retardos mayores a 5 s. | Verificar los tiempos de envío y recepción de las señales desde el campo hasta el AGC y del AGC hasta el Campo. |
| Verificar las otras medidas opcionales, si están disponible (frecuencia local, "límite", estado, etc.) | Valor debe ser igual al valor del medidor de campo OK___ La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA OK___ | Los límites telemedidos quedaron ajustados a los límites de Potencia Neta: CC: (322 y 247 MW). CA: (154 y 212 MW). El límite telemedido superior, es variable, y depende de la temperatura ambiente que afecta a la TG. |
| Aprobar/Reprobar/Saltar | <input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobar con error <input type="checkbox"/> Reprobar <input type="checkbox"/> Saltar | |
| Aprobación (Nombre) | Responsable COORDINADOR | Jorge Silva – Arturo Olavarría |
| Fecha CA: 13/02/2022 CC: 04/03/2022 | Responsable COORDINADO | Martín Serrano |

Anexo 5 Pruebas de rampa

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| Descripción | La prueba de rampa se realiza en modo base y los datos recolectados son utilizados por el sistema para hacer los cálculos de parámetros de capacidad máxima, los parámetros de rampa y los tiempos de respuesta de la unidad a los comandos de setpoint. | |
| Preparación | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar si las señales de la unidad a ser probada presentan buena calidad, de acuerdo con las pruebas anteriores. • Verificar los parámetros de base de datos y mirar si no existe ningún problema de límites. Verificar las condiciones sistémicas y verificar si es posible ejecutar la prueba y cuál es el límite de rampa de variación de generación de la unidad, que no desmejore la calidad de la frecuencia del sistema. | |
| Procedimiento | Resultados/Verificación | Observación |
| Utilizando la aplicación Test de rampa, hacer las pruebas de rampa conforme programa de pruebas. | Verificar si la unidad responde a los comandos enviados y si los datos son grabados correctos OK___ Comprobar que cada paso de la prueba fue ejecutado correctamente OK_ | OK |
| Con el suficiente número de muestras, verificar si los datos de las muestras son parecidos. Eliminar las muestras discrepantes | Verificar si el número de muestras genera un resultado bueno. OK___ Verificar el resultado y configurar los parámetros del lazo de control de la unidad con los resultados OK___ | OK |
| Observar el comportamiento de la unidad con los nuevos parámetros en el AGC | La unidad responde bien a la rampa de subir generación OK___ La unidad responde bien a la rampa de bajar generación OK___ | OK |
| Aprobar/Reprobar/Saltar | <input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobar con error <input type="checkbox"/> Reprobar <input type="checkbox"/> Saltar | |
| Aprobación | Responsable Coordinador | Jorge Silva - Arturo Olavarría |
| Fecha CA: 13/02/2022 CC: 04/03/2022 | Responsable COORDINADO | Martín Serrano |

Anexo 6 Determinación de tiempos de retardo y constante de tiempo en el AGC

| | | |
|--|--|---|
| Descripción | Prueba en modo open loop | |
| Preparación | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar si las señales de la unidad a ser probada presentan buena calidad, de acuerdo con las pruebas anteriores. • Verificar los parámetros de base de datos y mirar si no existen ningún problema de límites. | |
| Procedimiento | Resultados/Verificación | Observación |
| Hacer los pasos descritos arriba | Verificar si la unidad responde a los comandos enviados y si los datos son grabados correctos OK___ Comprobar que cada paso de la prueba fue ejecutado correctamente OK_ | OK |
| Con el suficiente número de muestras, verificar si los datos de las muestras son parecidos. Eliminar muestras discrepantes | Verificar si el número de muestras genera un buen resultado. OK___ Verificar el resultado y configurar la unidad con los resultados OK___ | OK |
| Observar el comportamiento de la unidad con los nuevos parámetros en el AGC | La unidad responde bien a las variaciones de frecuencia OK___ El sistema si mantiene estable y no hay desbalance entre las unidades generadoras OK___ | CC y CA Estatismo: 5% BM: 25 mHZ OK |
| Aprobar/Reprobar/Saltar | <input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Aprobar con error <input type="checkbox"/> Reprobar <input type="checkbox"/> Saltar | |
| Aprobación | Responsable COORDINADOR | Jorge Silva - Arturo Olavarría |
| Fecha CA 13/02/2022 Fecha CC 04/03/2022 | Responsable COORDINADO | Martín Serrano |

- El retardo de respuesta (s) (T3 y T4): y segundos
- La banda muerta de error (MW) (DB): MW
- Knee Point (MW) (K9): MW
- Rechazo de ruido (Filtro de medida): Sin filtro