

Protocolo de pruebas preliminar de TE Kelar en el SCED del Coordinador

Hito	Fecha	Comentario	Realizó	Revisó / Aprobó
1	30-05-2022	Primera versión	AOG	

PROTOCOLO DE SINTONIZACIÓN - SCED

1. CONSIDERACIONES Y ANTECEDENTES

El objetivo de las pruebas es confirmar la correcta respuesta de las unidades generadoras a la consigna de despacho económico que será enviada automáticamente por el módulo SCED, a través del sistema de control automático de generación (AGC), del sistema EMS/SCADA del Coordinador.

El programa establecido en el presente protocolo, para la sintonización de unidades que realizarán Despacho Económico automático en el SEN, podrá ser modificado de mutuo acuerdo entre los equipos de Coordinador y el coordinado en el caso de que las pruebas preliminares presenten una extensión mayor a la prevista. Conforme a lo anterior, el Coordinador tendrá flexibilidad en relación con la vigencia de las solicitudes de desconexión e intervención para efectos de garantizar la ejecución de los trabajos.

1.1 Descripción de Instalación en pruebas

Nombre de Unidad/Central: CC Kelar

Nombre de Sistema de control/RTU: ICCP

Solicitud de Intervención: 2022041721

Fecha de ejecución: 30 de mayo 2022 entre 11:30 y 20:00 horas

1.2 Responsables de las pruebas

Organismo/Empresa	Nombre Profesional	Responsabilidad/Rol
Coordinador	Arturo Olavarría	Ejecutor
Coordinado	Alan Bergel	Coordinador

1. Pruebas de verificación de las comunicaciones y estados de las unidades generadoras

Durante esta etapa, se realizarán pruebas efectivas de las comunicaciones entre el módulo de Despacho Económico (SCED) y la unidad que se encuentra en terreno, incluyendo pruebas de verificación de cambio de estados de la unidad, ejecutadas en terreno y en el SCED.

Como prerrequisito básico para el desarrollo estas pruebas, es necesario que todas las instalaciones involucradas (unidades generadoras, sistemas y equipamiento de control, enlaces de comunicaciones, RTU, etc.), así como los equipos de trabajo, se encuentren listos y en

condiciones para el envío comando de setpoint desde el AGC del Coordinador hasta las unidades generadoras de los coordinados. En esta etapa, las pruebas punto a punto deben haberse concluido en forma exitosa.

Dado lo anterior, solo será necesario verificar la correcta configuración de las señales análoga y digitales en los despliegues utilizados por el AGC-SCED, y su estado al momento de las pruebas.

2. Pruebas de respuesta de la unidad en modo Open-loop

En esta segunda etapa se realizarán pruebas efectivas de consigna, conforme a la siguiente secuencia:

- a) Pruebas de verificación de señales y parámetros de las bases de datos.
- b) Prueba de respuesta de la unidad, lo que se ejecutará utilizando el modo Test, para emitir escalones de subida y bajada. Durante esta prueba se registrará el tiempo de respuesta y la rampa que será utilizada para asignar la potencia base económica para cada período de ejecución del SCED.

Pruebas de rampa, Tiempo de Retardo y Feedback de consigna

Estas pruebas serán programadas para los siguientes casos:

- Unidades implementadas en AGC, con modificación de sus límites para operar en el SCED mediante el modo de control Econ.
- Unidades que serán implementadas en el AGC, solo para operar en el SCED mediante el modo de control Econ.
- Unidades que serán implementadas en el AGC, para recibir una consigna remota proveniente del SCED mediante el modo de control Mand, que será ingresada localmente por el coordinado.

Con la unidad en Remoto y el modo de control en TEST, se enviarán diferentes escalones de potencia proporcionales a la rampa informada, tanto como para subir y bajar la generación de la unidad, para efectos de determinar la rampa efectiva que será configurada en el AGC que corresponderá al valor promedio de los ensayos. Para efectos del cálculo de la rampa se tomará en consideración el tramo más lineal. Para el registro de las rampas, esta se medirá desde la:

- Potencia mínima, dirección subir y bajar
- Potencia media, dirección subir y bajar
- Potencia máxima, dirección bajar y subir

Potencia Base = Potencia actual $\pm$ rampa (MW/min) x N° de minutos

A su vez, el tiempo de retardo será medido comparando la estampa del tiempo de emisión de la consigna con la estampa de tiempo de la potencia de la unidad, cuando esta comienza a responder. Los registros se medirán junto con los de la rampa. Dependiendo de la tecnología de la unidad, esta debe considerar los siguientes tiempos de retardo admisibles.

Tecnología	Tiempo de retardo admisible
Térmica a Vapor	hasta 40 segundos
Ciclo Combinado	hasta 30 segundos
Ciclo Abierto	hasta 25 segundos
Hidroeléctrica	hasta 20 segundos
ERV	hasta 20 segundos

El tiempo de Feedback de la consigna, será determinado en forma simultánea para cada registro de rampa. Su determinación se realizará a partir de la diferencia entre la estampa de tiempo de emisión de la consigna y el valor medido del Feedback. Este valor no deberá superar los 20 segundos. En cada registro se deberá confirmar el valor emitido por el AGC y el valor leído en campo.

La visualización de las estampas de tiempo se determinará, utilizando los gráficos de tendencias en el WS500.

3. Pruebas de respuesta de la unidad en modo Closed-loop

El objetivo de estas pruebas es lograr la sintonización del lazo de control del AGC, a través del cual se emitirá la consigna de la generación deseada de la unidad o potencia base económica, que es determinada por el módulo SCED. Esta sintonización se obtiene a través de variaciones de potencia (aumento y/o disminución de la generación), conforme a lo cual es posible observar la respuesta de la unidad durante la ejecución de la prueba, permitiendo de esta manera ajustar los parámetros del lazo de control ejercido por el AGC.

Una vez configurada la rampa y el tiempo de retardo de las unidades en el AGC, la verificación del seguimiento de la consigna se realizará dependiendo del modo de control que utilizará la unidad generadora para participar en el SCED.

3.1. Unidades implementadas en AGC operando en el modo de control “Auto”, delimitada por sus límites de CSF.

Estas unidades participaran en el AGC realizando simultáneamente el CSF y el seguimiento de la demanda. De esta forma se define la potencia deseada como:

Potencia Deseada = Potencia base económica proveniente del SCED + Componente de CSF

La Potencia Deseada está delimitada por la rampa de la unidad. La potencia deseada es enviada directamente al controlador de la unidad mediante la emisión de una consigna de potencia.

Condiciones iniciales de la prueba:

- Unidad a Mínimo técnico
- Unidad en Remoto
- Modo de control de la unidad en manual
- Unidad sin asignación de reservas de CPF, CSF y CTF
- Verificar que los límites de capacidad de la unidad se encuentren bien ingresados
- Módulo del Despacho Económico (ED) en servicio sin considerar la opción SCD
- Dos o más unidades generadoras en servicio en Local, en modo de control Mand

Desarrollo de la prueba:

- Cambiar el Costo Variable de la unidad, de tal forma que sea el menor de las unidades que utilizara el ED.
- Pasar el modo de control de la unidad a Auto
- Abrir un gráfico de tendencia en el Scada y verificar que la potencia deseada aumente de acuerdo con su rampa, y la consigna sea emitida hacia la unidad.
- Cambiar el Costo Variable de la unidad, de tal forma que sea el mayor de las unidades que utilizara el ED.
- Abrir un gráfico de tendencia en el Scada y verificar que la potencia deseada disminuya de acuerdo con su rampa, y la consigna sea emitida hacia la unidad.

3.2. Unidades implementadas en AGC operando en el modo de control Econ, delimitada por sus límites económicos.

Estas unidades participaran en el AGC realizando únicamente el seguimiento de la demanda. De esta forma se define la potencia deseada como:

Potencia Deseada = Potencia base económica proveniente del SCED

La Potencia Deseada está delimitada por la rampa de la unidad. La potencia deseada es enviada directamente al controlador de la unidad mediante la emisión de una consigna de potencia.

Condiciones iniciales de la prueba:

- Unidad a Mínimo técnico
- Unidad en Remoto
- Modo de control de la unidad en manual
- Unidad sin asignación de reservas de CPF y CTF
- Verificar que los límites de capacidad de la unidad se encuentren bien ingresados
- Módulo del Despacho Económico (ED) en servicio
- Dos o más unidades generadoras en servicio en Local, en modo de control Mand

Desarrollo de la prueba:

- Cambiar el Costo Variable de la unidad, de tal forma que sea el menor de las unidades que utilizara el ED.
- Pasar el modo de control de la unidad a Auto
- Abrir un gráfico de tendencia en el Scada y verificar que la potencia deseada aumente de acuerdo con su rampa, y la consigna sea emitida hacia la unidad.
- Cambiar el Costo Variable de la unidad, de tal forma que sea el mayor de las unidades que utilizara el ED.
- Abrir un gráfico de tendencia en el Scada y verificar que la potencia deseada disminuya de acuerdo con su rampa, y la consigna sea emitida hacia la unidad.

3.3. Unidades implementadas en AGC operando en el modo de control Mand, delimitada por sus límites económicos.

Estas unidades participaran en el AGC realizando únicamente el seguimiento de la demanda. De esta forma se define la potencia deseada como:

Potencia Deseada = Potencia base económica proveniente del SCED

En este modo de control la unidad está en “Local”, por lo que la consigna debe ser ingresada a la unidad por el coordinado.

Condiciones iniciales de la prueba:

- Unidad a Mínimo técnico
- Unidad en Local
- Modo de control de la unidad en manual
- Unidad sin asignación de reservas de CPF y CTF
- Verificar que los límites de capacidad de la unidad se encuentren bien ingresados
- Módulo del Despacho Económico (ED) en servicio
- Dos o más unidades generadoras en servicio en Local, en modo de control Mand

Desarrollo de la prueba:

- Cambiar el Costo Variable de la unidad, de tal forma que sea el menor de las unidades que utilizara el ED.
- Pasar el modo de control de la unidad a Mand
- Abrir un gráfico de tendencia en el Scada y verificar que la potencia deseada aumente de acuerdo con su rampa, y la consigna sea emitida hacia la unidad.
- Cambiar el Costo Variable de la unidad, de tal forma que sea el mayor de las unidades que utilizara el ED.
- Abrir un gráfico de tendencia en el Scada y verificar que la potencia deseada disminuya de acuerdo con su rampa, y la consigna sea emitida hacia la unidad.

4. Protocolo de Pruebas

4.1.1 Pruebas de verificación de las comunicaciones y estados de las unidades generadoras

Contenido	Pruebas de señales analógicas y digitales	
Preparación	Verificar que las señales necesarias para la realización de las pruebas se encuentran disponibles en el Scada (despliegue r_gc_meritorder→Telemetry Data)	
Procedimiento	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 similar al valor del medidor de campo. Se acepta una diferencia promedio de ± 0.5 MW No deben existir al momento de las pruebas señales con estado invalido, y la edad del dato no debe sobrepasar los 2 segundos.	Sin observaciones
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 Scada.	El valor de la señal digital debe ser igual al valor de campo No deben existir al momento de las pruebas señales con estado invalido, y los cambios de las señales digitales no deben sobrepasar los 5 segundos.	Sin observaciones
Verificar y cambiar el estado de control del DCS (local / remoto) en campo y verificar si cambia en el Scada.	El valor de la señal digital debe ser igual al valor de campo No deben existir al momento de las pruebas señales con estado invalido, y los cambios de las señales digitales no deben sobrepasar los 5 segundos.	Sin observaciones
Verificar si aplica, la calidad de las señales telemedidas de: • Rampa • Límites de capacidad • Potencia máxima disponible	Valor debe ser similar al valor del medidor de campo. Se acepta una diferencia promedio de ± 0.5 MW No deben existir al momento de las pruebas señales con estado invalido, y la edad del dato no debe sobrepasar los 2 segundos.	Está configurada y disponible la señal telemedida del límite superior. El límite es ingresado por el operador de planta, y es el utilizado por el DCS

Verificar envío de consigna y Feedback de consigna. Con la unidad en control Local, enviar una consigna de potencia y comparar su valor con el de campo. y Feedback de consigna.	Valor debe ser similar al valor del medidor de campo. Se acepta una diferencia promedio de ± 0.5 MW No deben existir al momento de las pruebas señales con estado invalido, y la edad del dato no debe sobrepasar los 2 segundos. El feedback de la consigna no debe tener un retraso mayor a 20 segundos desde la emisión de la consigna, y debe ser igual al valor de esta.	Sin observaciones
Aprobar/Reprobar/Saltar	☒ Aprobar ☐ Aprobar con error ☐ Reprobar ☐ Saltar	

4.1.2. Pruebas de respuesta de la unidad en modo Open-loop

Descripción	Medición de rampa, Tiempos de Retardo, Envío de Consigna, Feedback de Consigna	
Preparación	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
Con la unidad en Remoto y su modo de control en Test, emitir un escalón proporcional a su rampa a partir de: • Potencia Mínima • Potencia Media • Potencia Máxima Realizar dos ensayos para cada zona de operación.	Mediante la ayuda de los gráficos de tendencia del Scada, determinar para cada zona la rampa de subida y bajada en MW/minuto. En la zona de respuesta al escalón más lineal. A partir de los resultados obtenidos, determinar el promedio para la configuración de ambas rampas.	La unidad opera sin observaciones de acuerdo con la rampa de subida y bajada de 7.5 MW/minutos configurada en el AGC

A partir de los ensayos de medición de Rampa, determinar el Tiempo de Retardo , definido como la diferencia entre los tiempos de envío de la consigna y el tiempo en que la unidad comienza a cambiar su potencia en el sentido de la consigna.	Mediante la ayuda de los gráficos de tendencia del Scada, determinar para cada zona de operación los tiempos de retardo de subida y bajada. A partir de los resultados obtenidos, determinar el promedio de todas las muestras.	Se obtienen tiempos de 25 segundos, que son consistentes con la tecnología de la unidad (máximo 30 segundos)
A partir de los ensayos de medición de Rampa, determinar el Tiempo de Retardo del Feedback de la consigna.	Mediante la ayuda de los gráficos de tendencia del Scada, determinar para cada zona de operación los tiempos de retardo de subida y bajada del Feedback, estos no deben sobrepasar los 20 segundos.	Se obtiene un tiempo promedio de retardo de 12 segundos
Aprobar/Reprobar/Saltar	☒ Aprobar ☐ Aprobar con error ☐ Reprobar ☐ Saltar	

4.1.3. Pruebas de respuesta de la unidad en modo Closed-loop

Descripción	Verificar seguimiento de la consigna emanada del AGC respetando la rampa configurada	
Preparación	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. Utilizar dos unidades que no son parte del ensayo, en Local y modo de control en Mand.	
Procedimiento	Resultados/Verificación	Observación
Con la unidad en Remoto y modo de control Manual y en carga mínima, cambiar el costo variable de la unidad mayor al costo marginal del	Mediante la ayuda de los gráficos de tendencia del Scada:	La unidad mueve su generación de acuerdo con lo solicitado por el AGC-ED

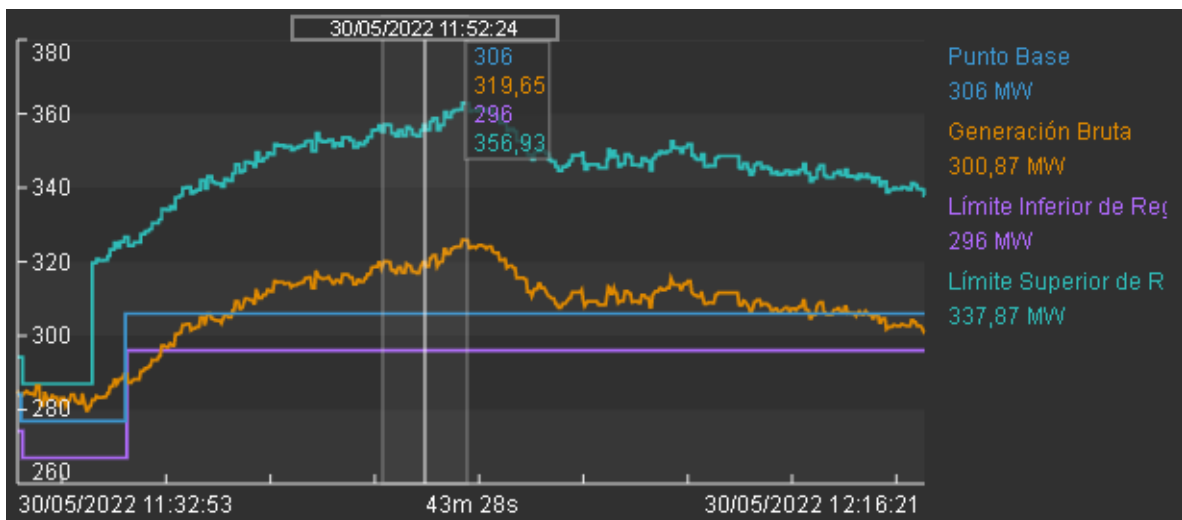
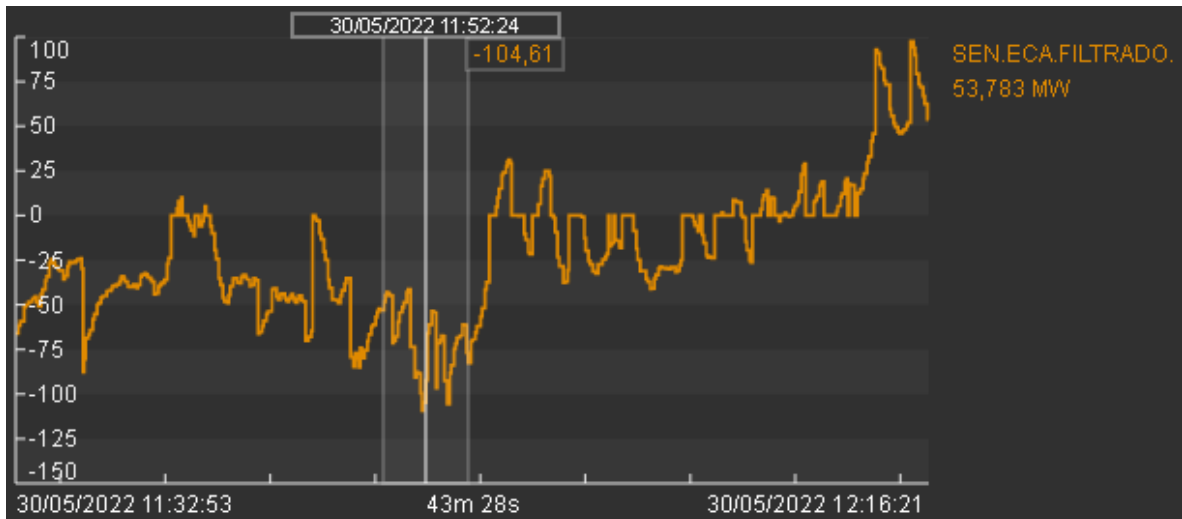
sistema. Cambiar el modo de control de la unidad a Auto. Cambiar el costo variable de la unidad menor al costo marginal del sistema	Verificar si la unidad responde a los comandos enviados y si los datos son registrados correctamente Verificar el aumento de la potencia base económica (basepoint) Verificar que la potencia deseada aumenta de acuerdo con la rampa de la unidad	
Con la unidad en Remoto y modo de control Auto y en carga determinada por el ED, cambiar el costo variable de la unidad mayor al costo marginal del sistema.	Mediante la ayuda de los gráficos de tendencia del Scada: Verificar si la unidad responde a los comandos enviados y si los datos son registrados correctamente Verificar la disminución de la potencia base económica (basepoint) Verificar que la potencia deseada disminuye de acuerdo con la rampa de la unidad	La unidad mueve su generación de acuerdo con lo solicitado por el AGC-ED
Con la unidad en Remoto y modo de control Auto y con el costo variable de la unidad menor al costo marginal del sistema: Asignar la prioridad de la unidad en 1 para ser controlada por el SCD. Activar en el ED la opción "Enable SCD Limits" Ajustar el límite de una línea de transmisión cuyo flujo pueda ser controlado por la generación de la unidad ensayada.	Mediante la ayuda de los gráficos de tendencia del Scada, verificar que la unidad restringe su potencia base económica por la acción de los límites restringidos provenientes del SCD	No ejecutado por condiciones sistémicas.
Aprobar/Reprobar/Saltar	☒ Aprobar ☐ Aprobar con error ☐ Reprobar ☐ Saltar	
Aprobación	Responsable Coordinador	
Fecha 25/04/2022	Responsable COORDINADO	

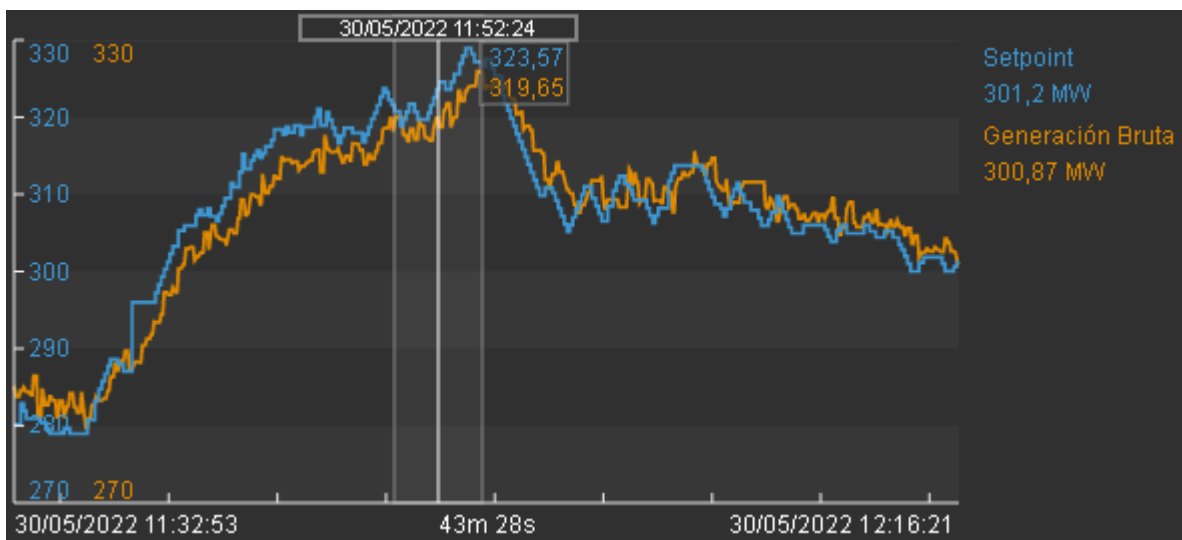
Configuración: Kelar CC

Pmin=267 MW con CPF desactivado

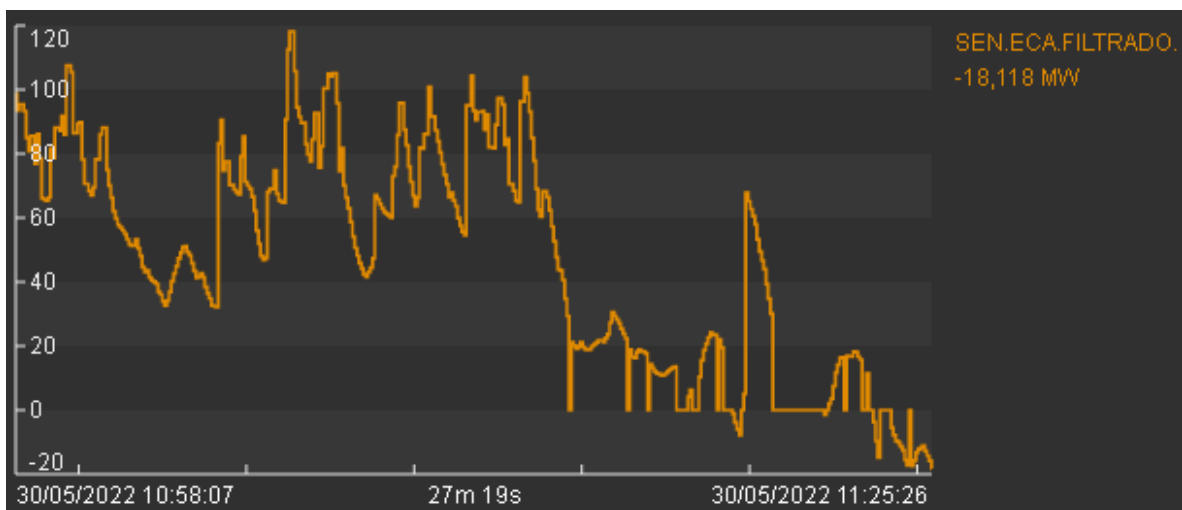
Pmax = 506 MW con CPF desactivado

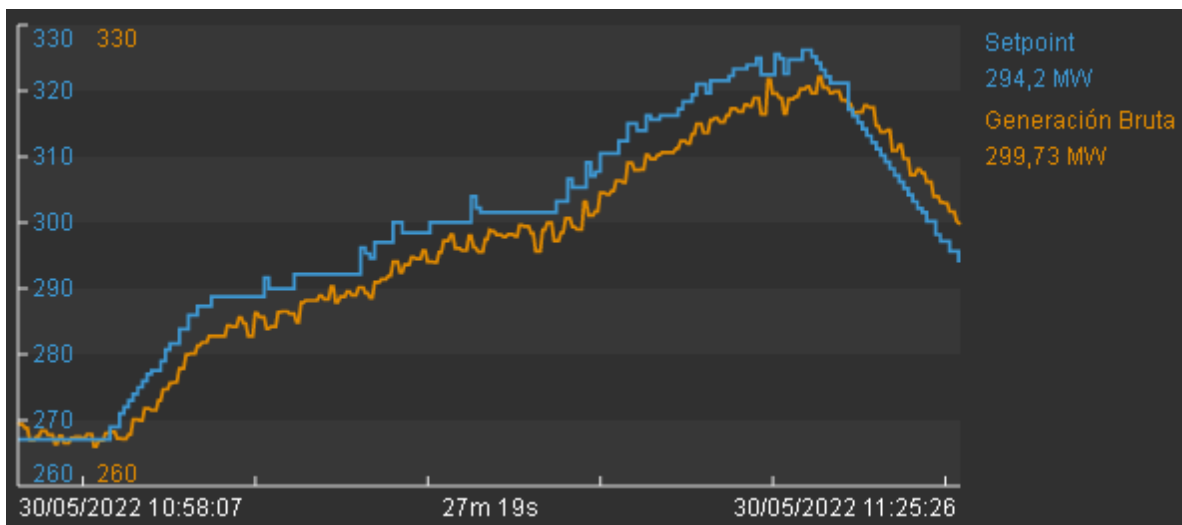
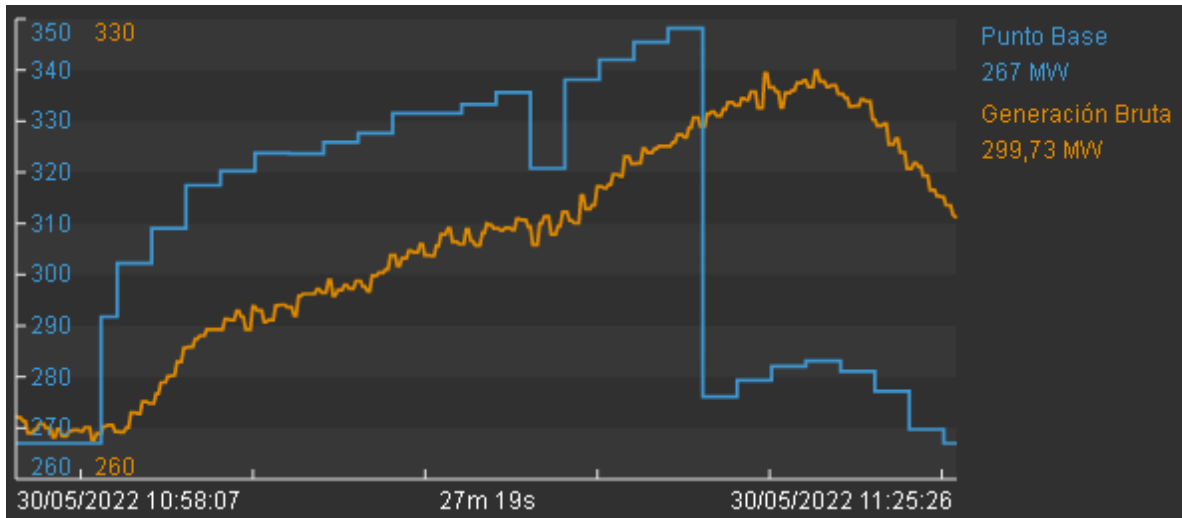
Modo de Control: Auto





Econ



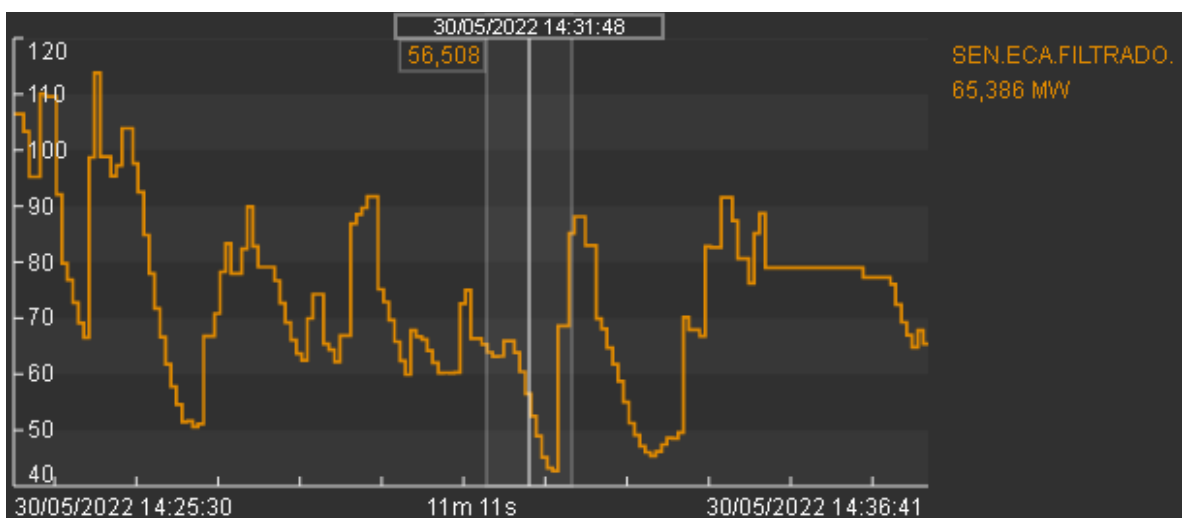
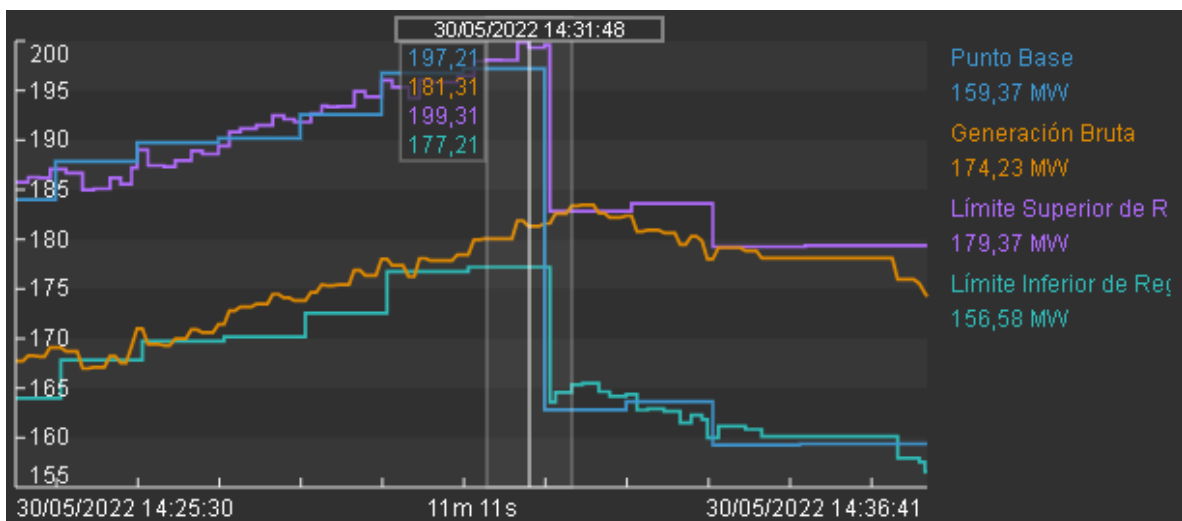


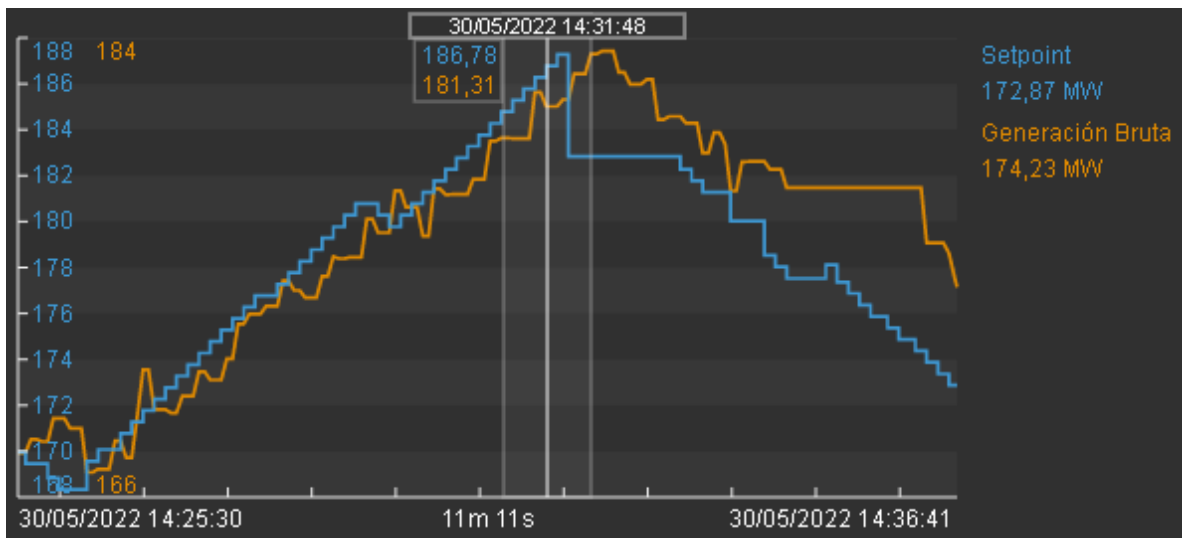
Configuración: Kelar 1/2CC con TG1 ES

Pmin = 126.81 MW con CPF desactivado (varía en función de la afectación de la temperatura ambiente sobre la TG)

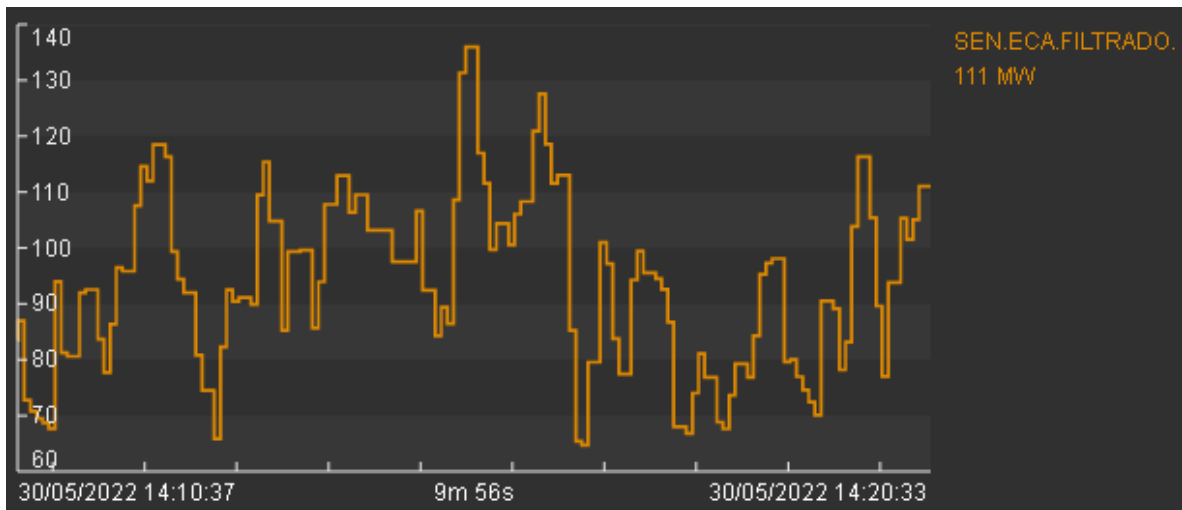
Pmax = 264.18 MW con CPF desactivado

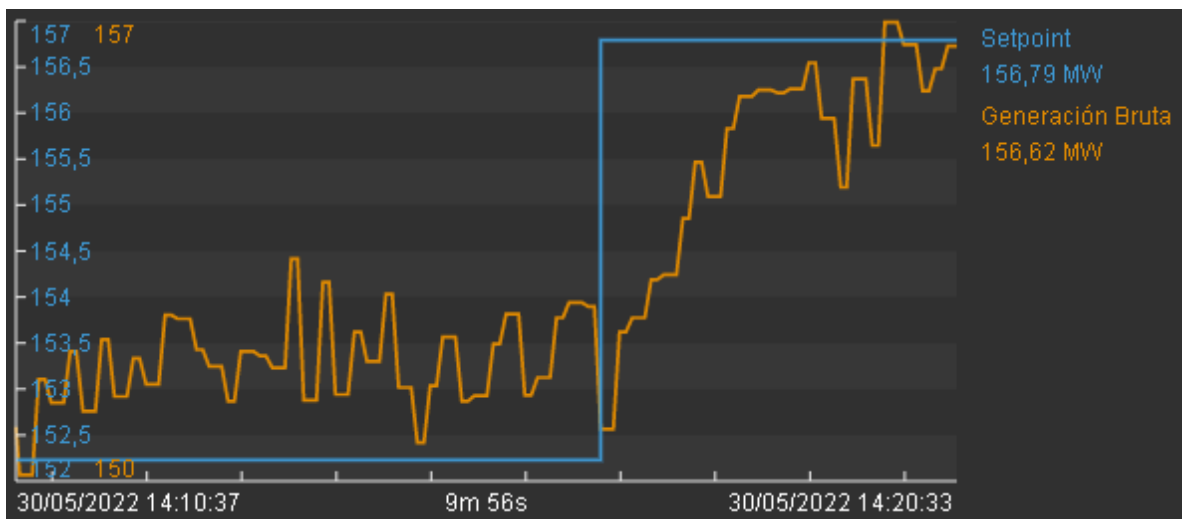
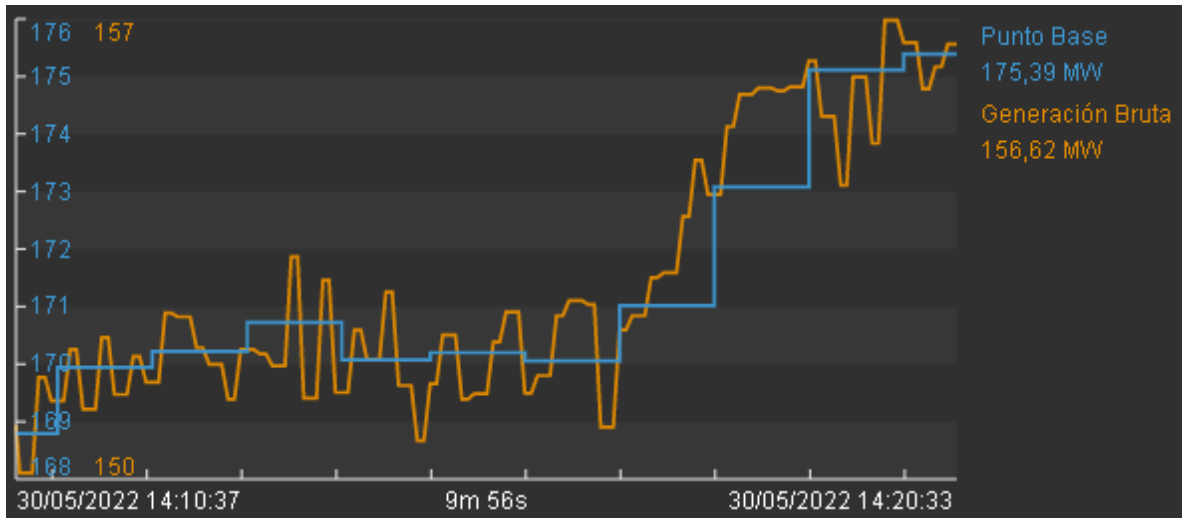
Modo de Control: Auto





Modo de Control: Econ



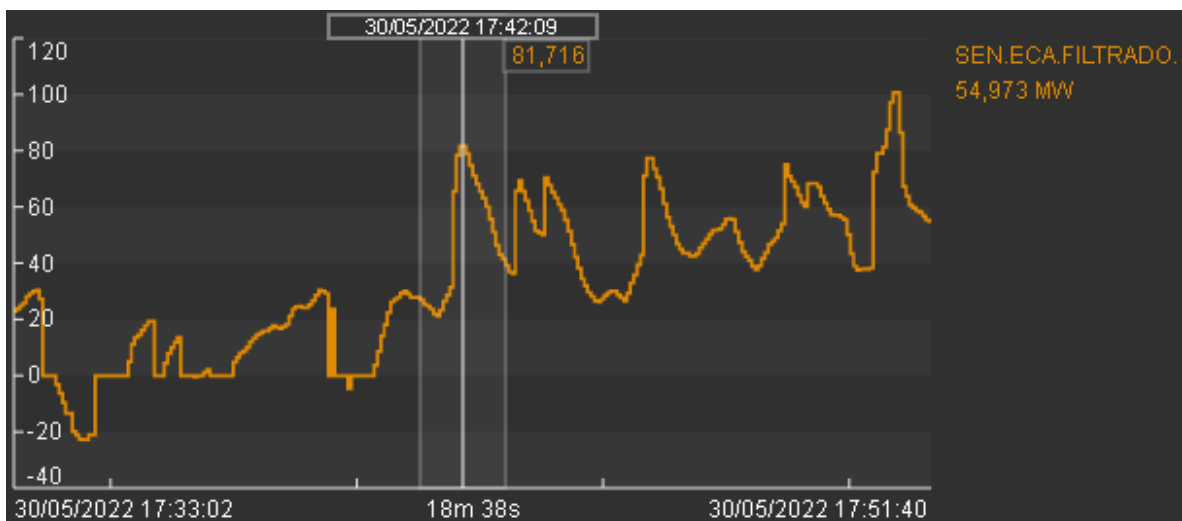
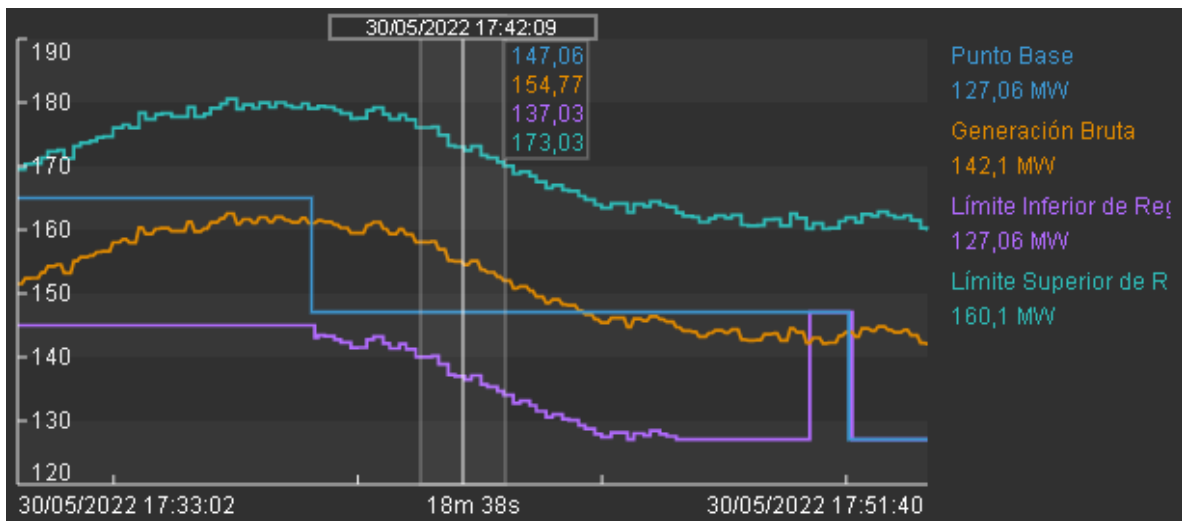


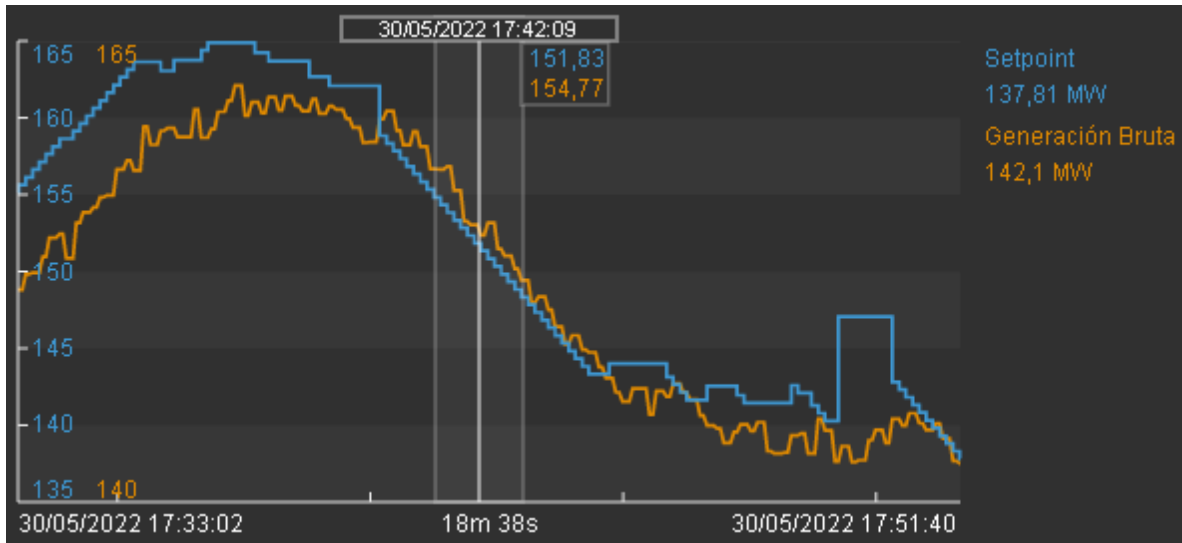
Configuración: Kelar 1/2CC con TG2 ES

Pmin = 126.81 MW con CPF desactivado (varía en función de la afectación de la temperatura ambiente sobre la TG)

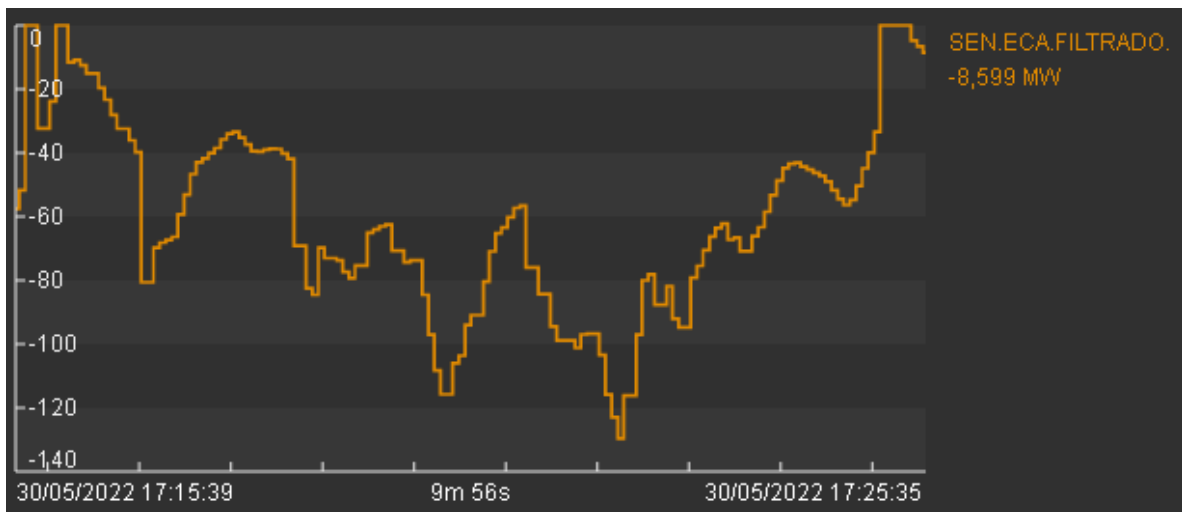
Pmax = 264.18 MW con CPF desactivado

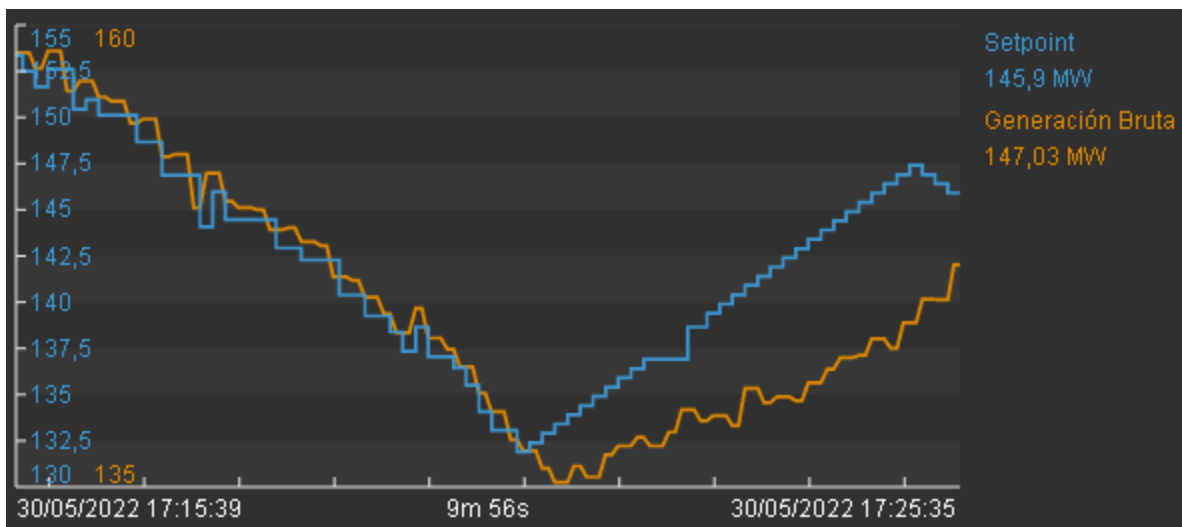
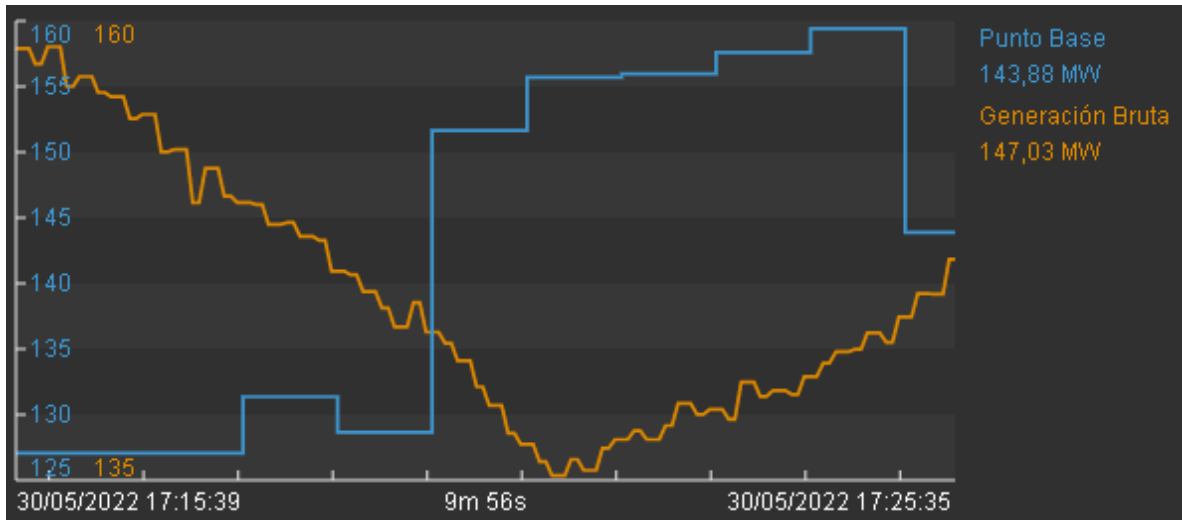
Modo de Control: Auto





Modo de Control: Econ



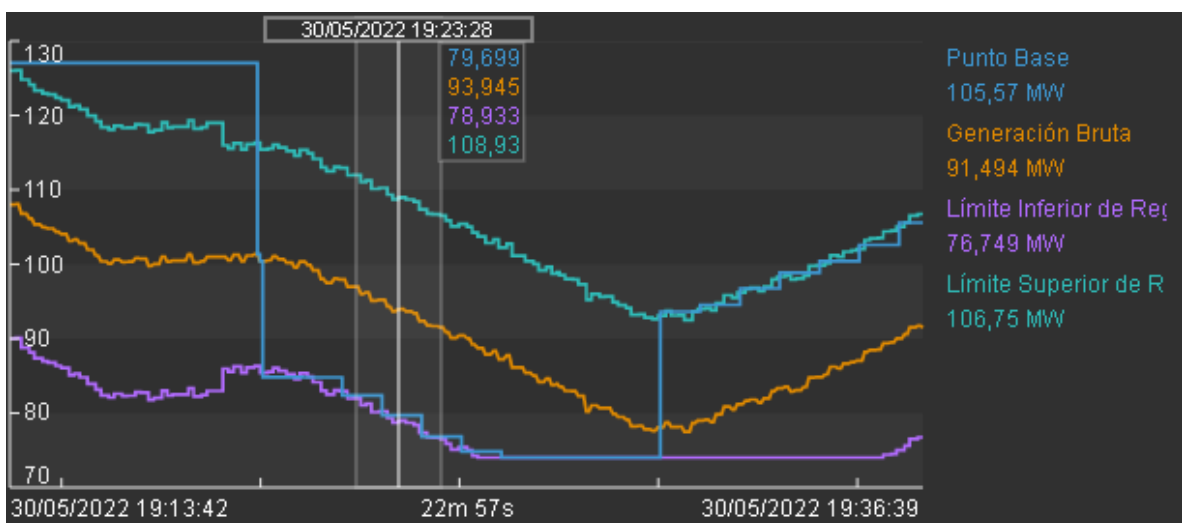
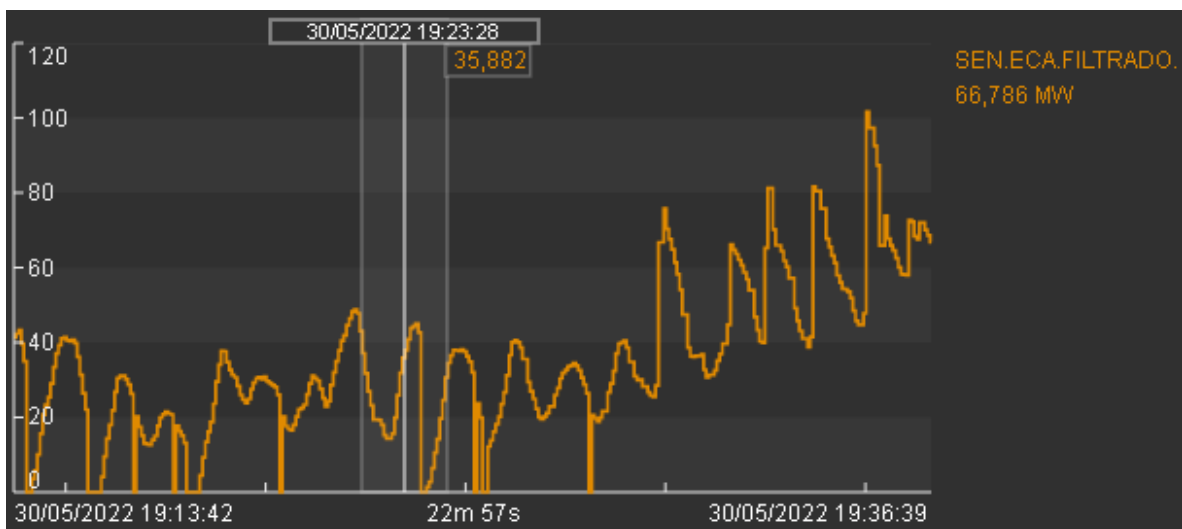


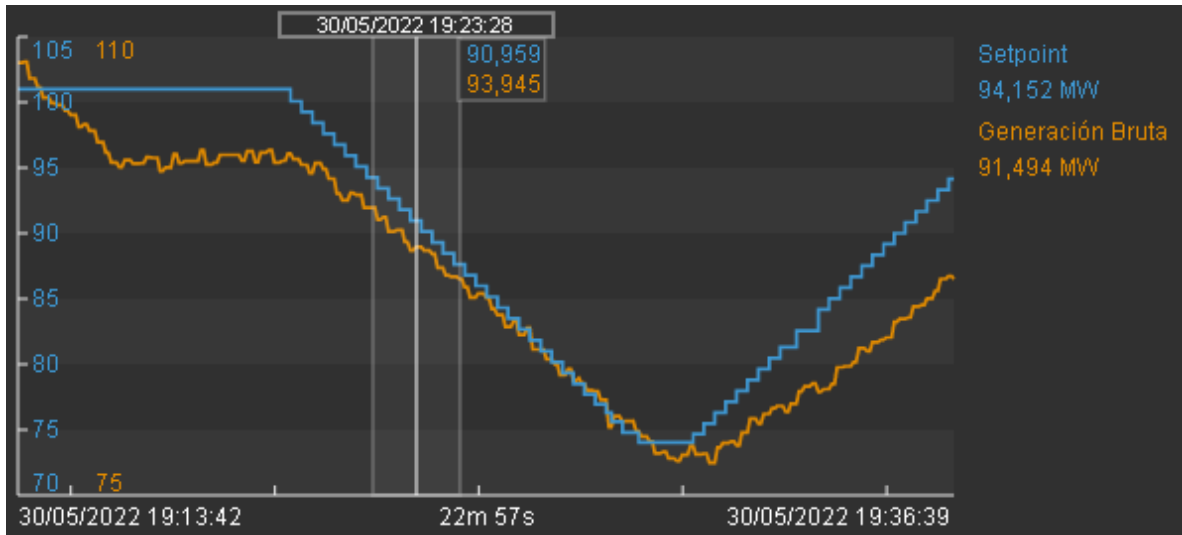
Configuración: Kelar CA con TG2 ES

Pmin = 74.04 MW con CPF desactivado

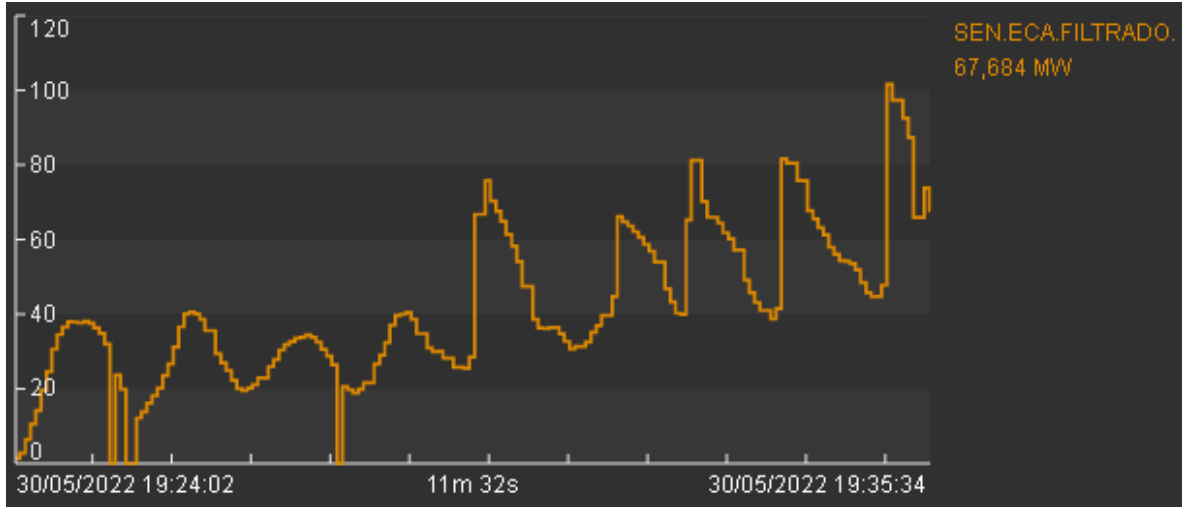
Pmax = 173.5 MW con CPF desactivado (varía en función de la afectación de la temperatura ambiente sobre la TG)

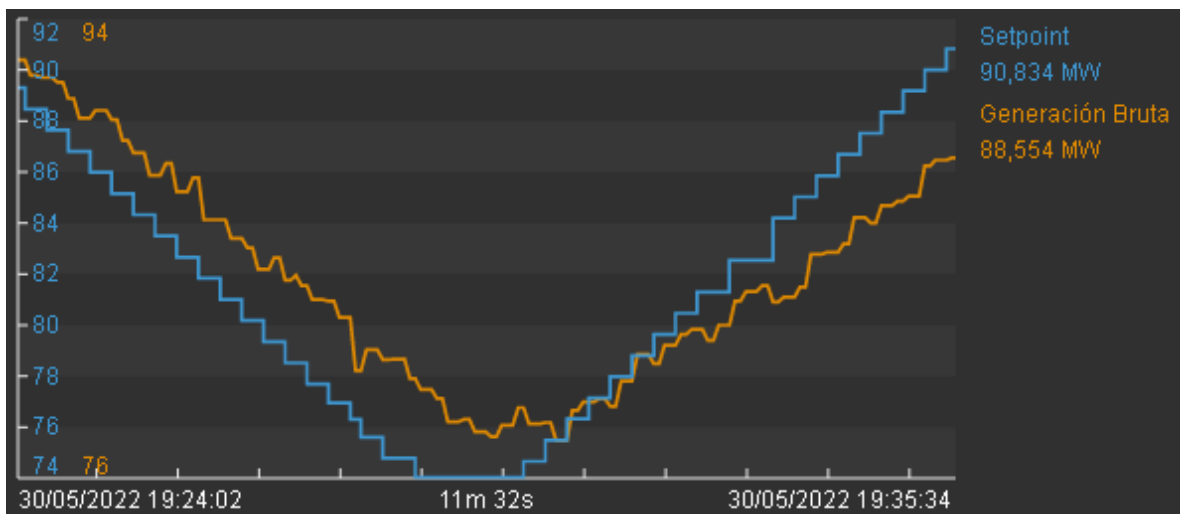
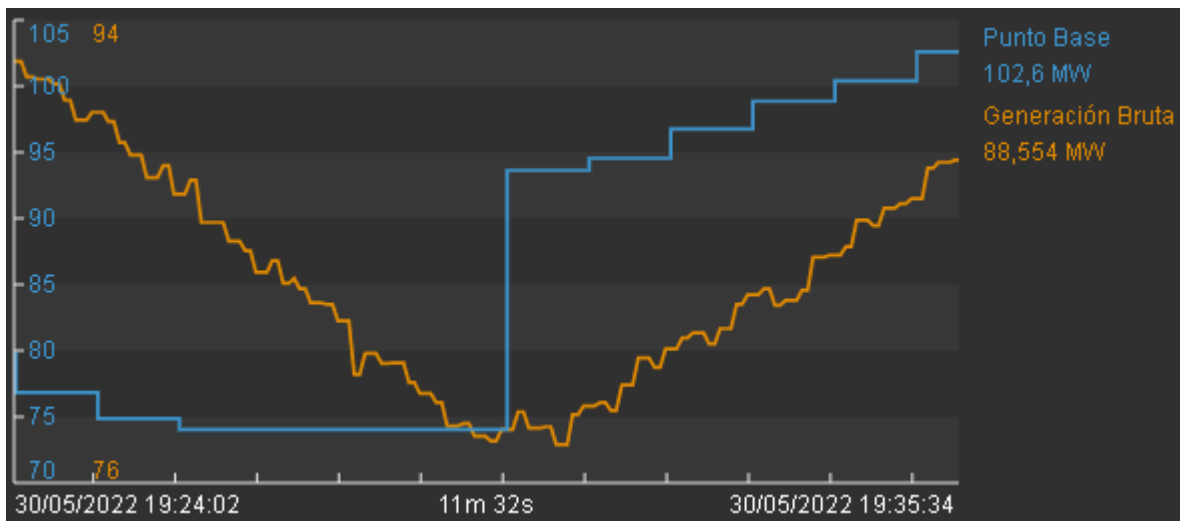
Modo de Control: Auto





Modo de Control: Econ





5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos operando la unidad TE Kelar en los Modos de Control “AUTO” y “ECON”, muestran que la unidad sigue la consigna proveniente del SCED sin mayores dificultades en sus configuraciones de Ciclo Combinado y Ciclo Abierto. De acuerdo con lo anterior, se concluye que la unidad está habilitada para participar del SCED.