

INFORME DE SINTONIZACIÓN DE LA UNIDAD 1 DE ANGAMOS EN LA APLICACIÓN AGC DEL SING

2 y 3 DE MAYO DE 2017



CONTENIDO

OBJETIVO	3
PRUEBAS REALIZADAS	3
RESULTADO DE LAS PRUEBAS	4
PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y ESTADOS DE LAS MÁQUINAS.	4
VERIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE CONTROL.	5
PRUEBAS DE RAMPA DE LA UNIDAD EN MODO OPEN-LOOP.	6
PRUEBAS DE RESPUESTA DE LA UNIDAD EN MODO OPEN-LOOP.	9
PRUEBAS DE RESPUESTA DE LA UNIDAD EN MODO CLOSED-LOOP.	13
PRUEBAS DE RESPUESTA DE LA UNIDAD EN CONTROL DE FRECUENCIA.	14
DESEMPEÑO DEL CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA	16
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18

OBJETIVO

El objetivo de este informe es presentar el resultado de las pruebas de respuesta a consignas enviadas desde el AGC del SING a la unidad 1 de la Central de Angamos, realizadas los días 2 y 3 de mayo de 2017; así como del ajuste de parámetros asociados a esta unidad en el AGC del SING.

PRUEBAS REALIZADAS

- A. Verificación de las comunicaciones y estados de las máquinas: Se verificó el envío y recepción de señales digitales y análogas, entre el AGC del SING y la unidad generadora.
- B. Respuesta de la unidad en modo open-loop: Consistió en una serie de ajustes manuales del setpoint de la unidad, los cuales se realizaron utilizando la herramienta de control de pruebas de unidades de generación propia de la plataforma. Esta herramienta tiene la función de emitir los controles y registrar la respuesta a los mismos, permitiendo evaluar la respuesta de la unidad generadora a las consignas enviadas, midiendo sus tiempos de respuesta y comportamiento.
- C. Rampa de la unidad en modo open-loop: Permite verificar la tasa de variación de la generación de la unidad, tanto en el sentido de incremento como de disminución. Estas pruebas son realizadas utilizando la herramienta de control de pruebas de unidades de generación propia de la plataforma, en la cual se define el valor final deseado para la generación de la unidad y la rampa de variación del setpoint deseado; lo que permite enviar setpoint a la unidad de forma controlada de modo de registrar y medir la tasa de respuesta a dichas consignas.
- D. Respuesta de la unidad en modo Closed-loop: Estas son elaboradas para la sintonización del lazo de control del PLC, al estar la unidad en control del AGC. La generación deseada se da a través de una serie de cambios en la generación base de la unidad, cambios que consideren tanto en el aumento de generación como para disminución de generación. La respuesta de control del PLC para estos cambios se observa para el ajuste de parámetros asociados al lazo cerrado de control de la máquina en el AGC del SING.

RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL AGC DEL SCADA ABB

Fecha de sintonización: miércoles 04 septiembre a las 18:55 hrs.

- Rango operación 1: 87 MW – 130 MW. (2 PULVERIZADORES) Rampa: 1.5 MW/min
- Rango operación 2: 130 MW – 200 MW. (3 PULVERIZADORES) Rampa: 2 MW/min
- Rango operación 3: 200 MW – 268 MW. (4 PULVERIZADORES) Rampa: 2 MW/min

COMENTARIOS: En reiteradas oportunidades el selector conmuta de remoto a local al activarse la protección de la diferencia entre la consigna enviada por el AGC (de acuerdo con la rampa informada) y la potencia instantánea generada por la unidad, al superar esta los 10 MW. Esta situación pudo subsanarse reduciendo el valor de la rampa de 2.5 a 1.5 y 2 dependiendo de la zona de operación de la unidad. Se solicita aumentar

de 10 a 18 MW esta diferencia para equipararla con la que está actualmente configurada en la unidad 2. Lo anterior para efectos de aumentar a 2.5 MW/min la rampa en todas las zonas de operación de la unidad.

RESULTADO DE LAS PRUEBAS

PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y ESTADOS DE LAS MÁQUINAS.

Para verificar la recepción y envío de señales digitales y análogas, entre el AGC del SING y la unidad generadora se realizaron las siguientes actividades:

Descripción	Pruebas de señales analógicas y digitales	
Preparación	Verificar que las comunicaciones están funcionando y que los datos recibidos tienen el status "Good" en SCADA	
Procedimiento	Verificación	Resultado
Verificar la medición de la potencia activa bruta de la Unidad MW (valor y signo) en el sistema SCADA y AGC, además comparar con el campo.	Valor debe ser igual al valor del medidor de campo. La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA.	Las señales de potencia activa bruta y neta de la unidad, presentan buena calidad; sin embargo, se observa una diferencia que oscila entre los 0,2 MW y 0,5 MW, esto entre el valor recibido en el SCADA del SING y el valor reportado telefónicamente por operador de la unidad.
Verificar el estado de la señal digital que indica que la unidad está en línea / fuera de línea (si está disponible).	Valor debe ser igual al valor del medidor de campo. La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA.	La señal presenta buena calidad y refleja la condición operativa de la unidad.
Verificar y cambiar el estado de control del PLC (local / remoto) en campo y verificar si cambia en el sistema AGC	Valor debe ser igual al valor del medidor de campo.	La señal presenta buena calidad y refleja la condición operativa de la unidad.

	La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA.	
Verificar las otras medidas opcionales, si están disponible (frecuencia local, límites de operación de la unidad, tasa de toma de carga, etc.)	Valor debe ser igual al valor del medidor de campo. La calidad de los analógicos y digitales debe ser buena para el SCADA.	Las señales asociadas a potencia reactiva, frecuencia, estatismo, banda muerta del control primario de frecuencia y banda muerta de consigna AGC, presentan mala calidad desde origen. Las señales correspondientes a los límites operativos de la unidad y tasa de toma de carga, presentan una diferencia que oscila entre los 0,2 MW y 0,5 MW, esto entre el valor recibido en el SCADA del SING y el valor reportado telefónicamente por operador de la unidad
Realizado por	Jorge Durán Mores	
Fecha	03/05/2017	

VERIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE CONTROL.

Descripción	La señal de control es el mecanismo de AGC para controlar la salida de las unidades de generación. Es imperativo que los señales enviados para el campo sean recibidos por las plantas; de lo contrario el AGC no funciona bien.	
Preparación	Verificar que las comunicaciones están funcionando y que los datos recibidos tienen el status "Good" del SCADA	
Procedimiento	Verificación	Resultados
Mientras el estado de control de la unidad es "LOCAL", utilizar el despliegue Tabular de SCADA asociada a la unidad, para ajustar el Setpoint de la unidad.	Verificar que el cambio en esta señal es registrado en el DCS de la UNIDAD. Verificar que en modo Local el AGC no tiene control sobre la máquina.	El valor fue recibido correctamente en el DCS de la unidad, y no se registró respuesta de la unidad a la consigna.

Solicitar el ajuste del Estado de Control de la unidad a "AGC" y verificar el cambio en el AGC.	Verificar el cambio en el AGC del SING. Verificar que los tiempos de recepción de las señales desde el campo hasta el AGC, no pueden tener retardos mayores a 5 s.	El valor fue recibido correctamente en el AGC del SING.
Realizado por	Jorge Durán Mores	
Fecha	03/05/2017	

PRUEBAS DE RAMPA DE LA UNIDAD EN MODO OPEN-LOOP.

Dadas las características de la unidad y de acuerdo a la información entregada por el operador de la planta al inicio de las pruebas, se determinaron las siguientes zonas de operación:

ZONA	N° de Pulverizadores	Estado CPF	Límite Superior (MW)	Límite Inferior (MW)
A	3	Habilitado ó Deshabilitado	200	150
B	4	Habilitado ó Deshabilitado	268	200

Es importante destacar que para poder pasar de una zona de operación a otra es necesario realizar acciones operativas por el operador de planta, trayendo como consecuencia que, para el control automático de generación, previo a la entrada de la unidad en control del mismo, se debe definir la zona en la que se controlará remotamente.

Por otra parte, el operador de la planta indicó telefónicamente que la tasa de variación de carga en todas las zonas de operación indicadas anteriormente es de 2.5 MW, tanto para subir carga como para disminuir carga. Asimismo, se indicó que el estatismo ajustado es de 8% y la banda muerta del control primario de frecuencia es de 25 mHz

En cuanto a las pruebas realizadas, se ejecutaron un total de 6 pruebas entre los 200 MW y los 268 MW, con variación de carga entre 10 MW y 20 MW y con el corrector de frecuencia deshabilitado, las cuales se listan en la figura 1. Estas pruebas indican que la respuesta promedio de la unidad fue de 1.46 MW para subir y 1.74 MW para bajar.

Up Down	Test Start Time	Start MW	End MW	Delta MW	Overall Resp Rate		Actual Max Resp Rate		Actual/Expected RR Ratio	
					Actual	Expected	1 Min	5 Min	1 Min	5 Min
↓	03-May-2017 09:28:32	CLS 268.93	259.21	-9.72	0.92	2.50	3.28	1.79	1.31	0.72
Notes:										
↓	03-May-2017 10:17:36	CLS 233.27	213.91	-19.35	1.90	2.50	4.47	2.19	1.79	0.88
Notes:										
↑	03-May-2017 10:46:00	CLS 204.58	205.85	1.28	0.64	2.50	2.83	0.66	1.13	0.26
Notes:										
↑	03-May-2017 11:33:56	CLS 205.19	221.97	16.78	1.65	2.50	4.47	2.43	1.79	0.97
Notes:										
↓	03-May-2017 11:55:44	CLS 227.62	214.38	-13.24	1.70	2.50	5.29	2.52	2.12	1.01
Notes:										
↑	03-May-2017 14:02:48	CLS 207.12	226.37	19.25	1.55	2.50	3.65	2.12	1.46	0.85
Notes: OPERADOR INDICA BAJA PRESION DE CALDERA										

Figura 1. Listado de pruebas de Rampa ejecutadas a la Unidad 1 de la Central Angamos

En las siguientes imágenes se presentan la respuesta de la unidad para las pruebas de rampa realizadas.

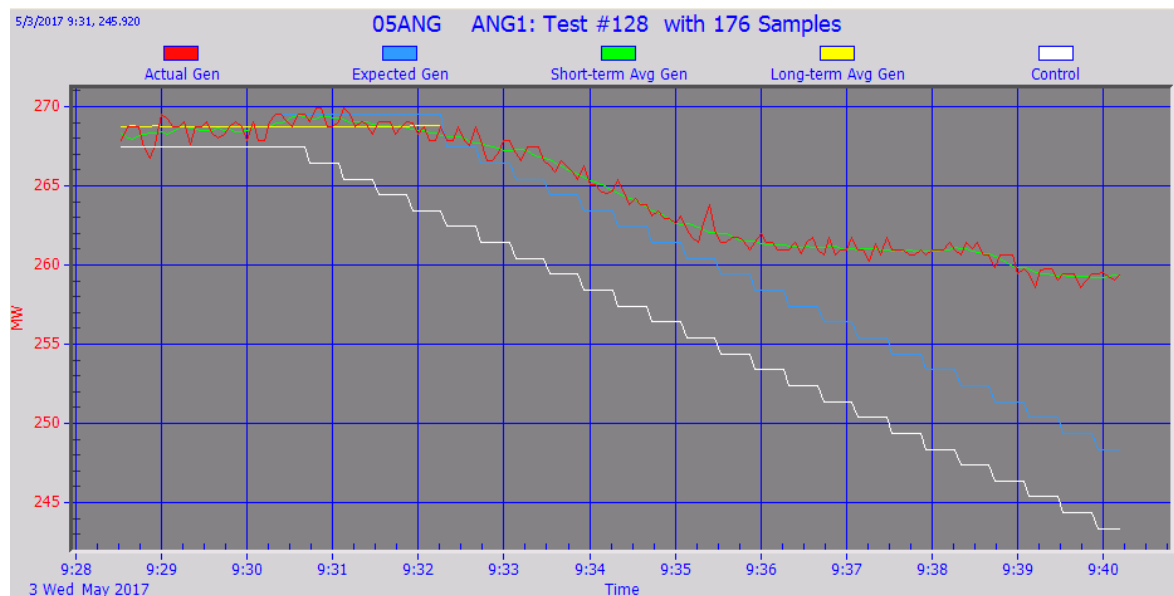


Figura 2. Pruebas de Rampa desde 269 MW a 259 MW

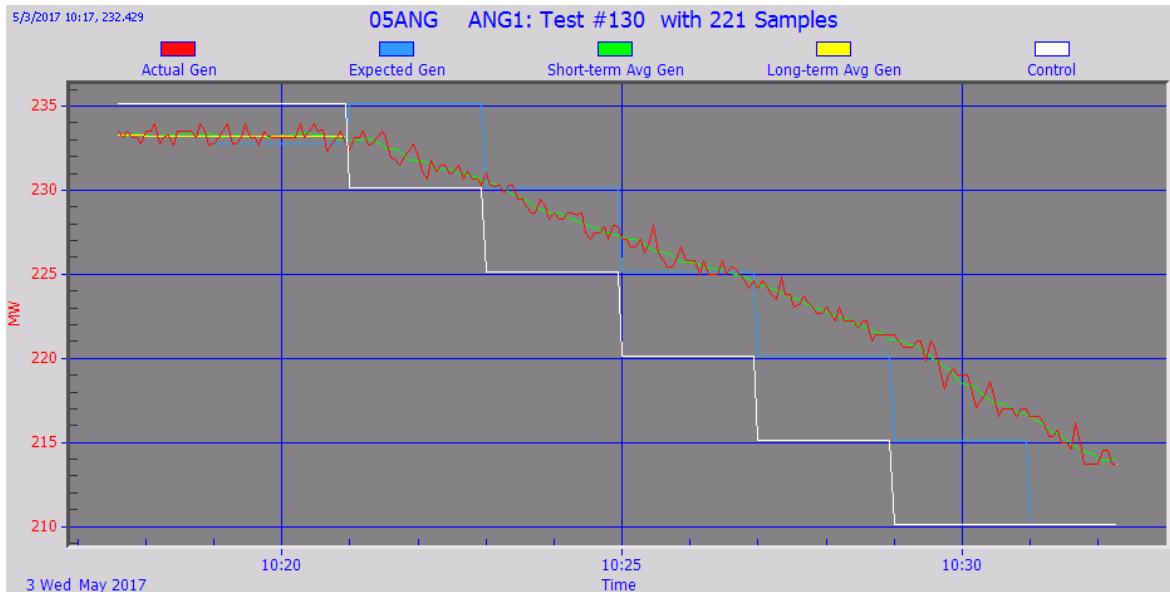


Figura 3. Pruebas de Rampa desde 233 MW a 214 MW.

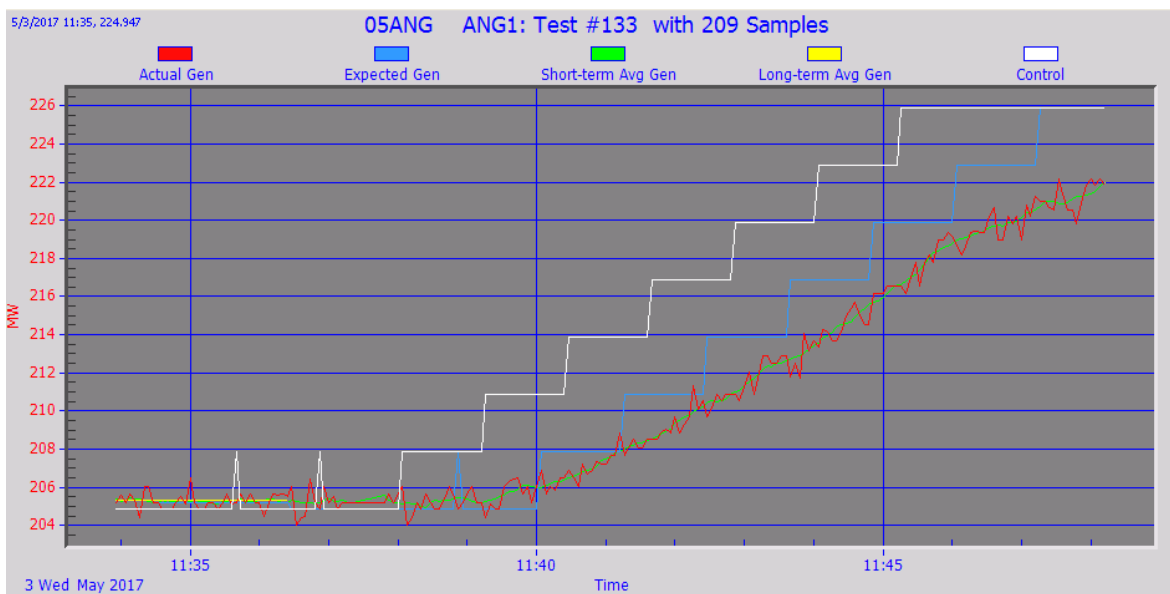


Figura 4. Pruebas de Rampa desde 205 MW a 222 MW.

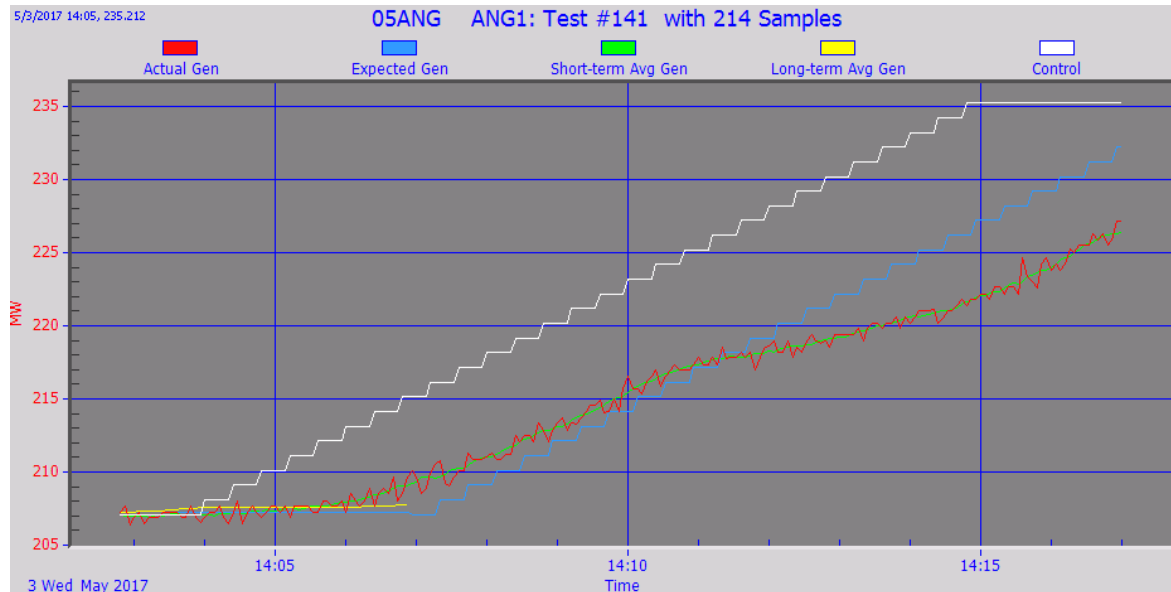


Figura 5. Pruebas de Rampa desde 207 MW a 226 MW.

PRUEBAS DE RESPUESTA DE LA UNIDAD EN MODO OPEN-LOOP.

Con el fin de evaluar la respuesta de la unidad a consignas de control en lazo abierto, se ejecutaron un total de 10 pruebas, 6 para subir generación y 4 para disminuir, en las cuales la variación del setpoint de la unidad vario entre 2 MW y 11 MW. Se debe destacar que todas las pruebas se realizaron con el corrector de frecuencia deshabilitado.

Test Start Time	First Control Time	Last Control Time	Test End Time	Start MW	End MW	Delta MW	Resp Delay(sec)
02-05-2017 13:09	02-05-2017 13:11	02-05-2017 13:11	02-05-2017 13:16	208,5	210,3	1,7	164
02-05-2017 13:17	02-05-2017 13:19	02-05-2017 13:19	02-05-2017 13:27	210,1	207,3	-2,8	221
02-05-2017 13:28	02-05-2017 13:30	02-05-2017 13:30	02-05-2017 13:39	206,9	212,2	5,3	222
03-05-2017 9:43	03-05-2017 9:44	03-05-2017 9:44	03-05-2017 9:57	258,7	254,7	-4,0	459
03-05-2017 12:14	03-05-2017 12:14	03-05-2017 12:14	03-05-2017 12:19	203,8	205,6	1,8	186
03-05-2017 12:19	03-05-2017 12:20	03-05-2017 12:20	03-05-2017 12:29	204,6	210,4	5,8	357
03-05-2017 12:30	03-05-2017 12:30	03-05-2017 12:30	03-05-2017 12:34	210,8	212,2	1,5	83
03-05-2017 12:34	03-05-2017 12:35	03-05-2017 12:35	03-05-2017 12:43	213,0	207,4	-5,7	207
03-05-2017 12:44	03-05-2017 12:44	03-05-2017 12:44	03-05-2017 12:52	206,9	217,7	10,7	257
03-05-2017 12:53	03-05-2017 12:54	03-05-2017 12:54	03-05-2017 13:05	218,2	208,3	-9,9	251

Figura 6. Listado de pruebas de respuesta ejecutadas a la Unidad 1 de la Central Angamos.

Durante la ejecución de las pruebas de respuesta en lazo abierto de la unidad 1 de Angamos, se observó que el tiempo en alcanzar punto τ (63,3% del control) fue en promedio cercana a los 240 s, lo que representa un tiempo 2.7 veces mayor a los registrados en las unidades de la Central Cochrane y 8 veces mayor que la unidad 14 de la Central Tocopilla.

En las siguientes imágenes se presentan la respuesta de la unidad a envío de consignas en lazo abierto.

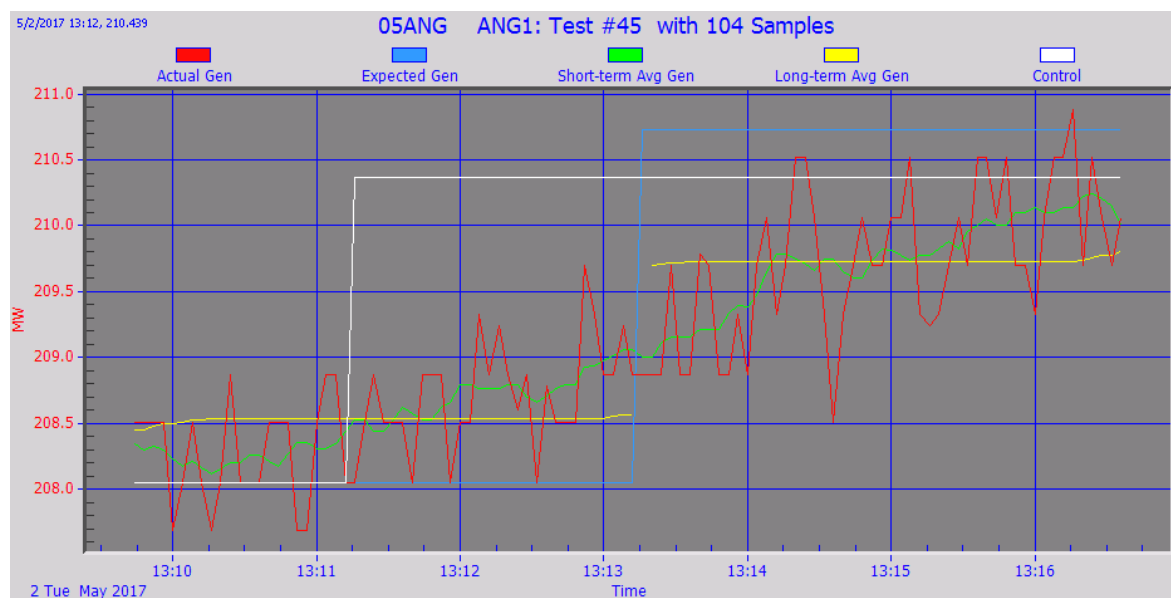


Figura 7. Prueba de respuesta, incremento de 1,7 MW.

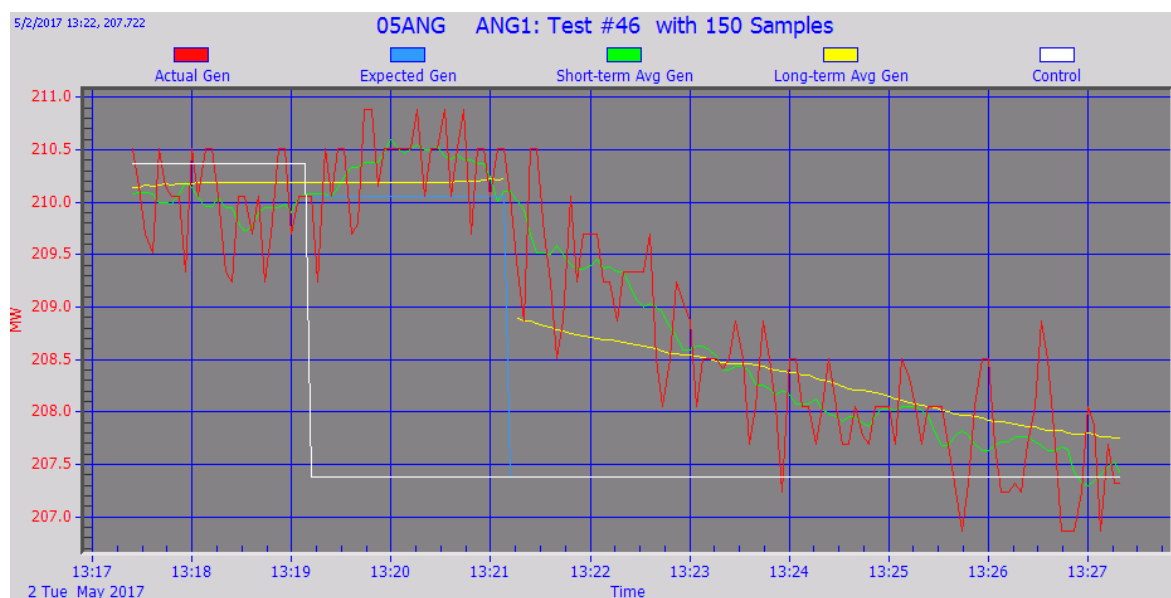


Figura 8. Prueba de respuesta, disminución de 2,8 MW.

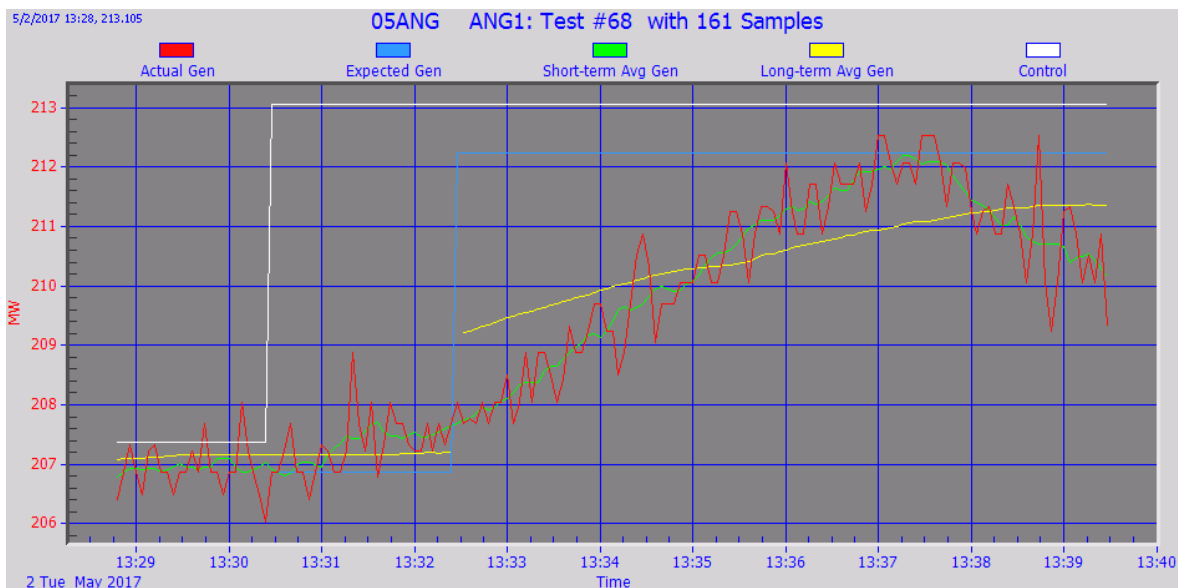


Figura 9. Prueba de respuesta, incremento de 5,2 MW.

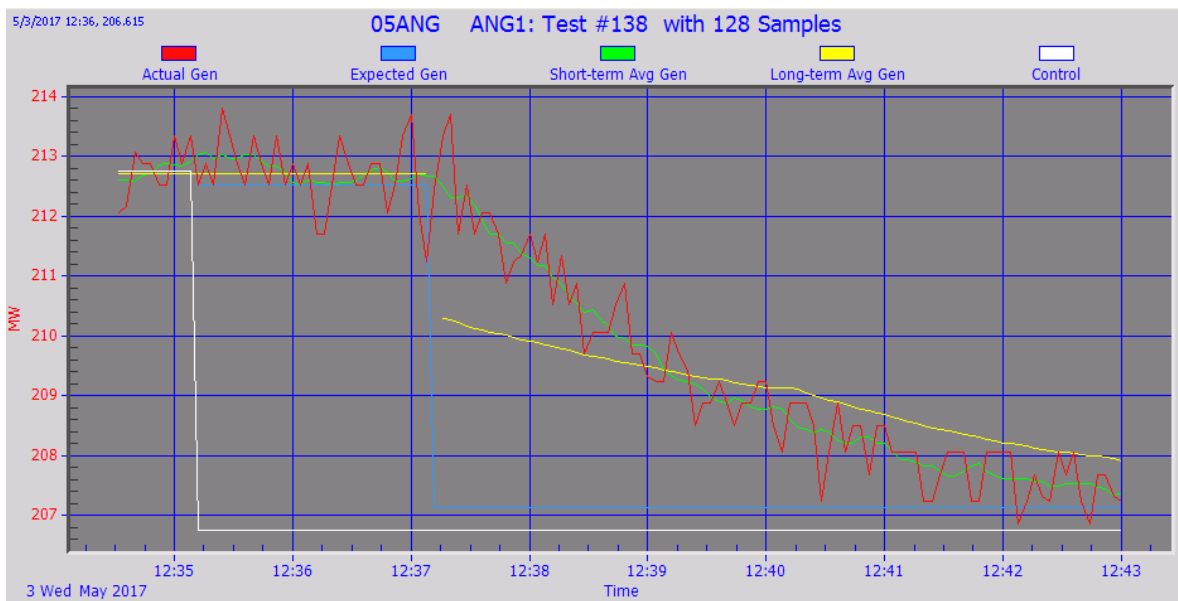


Figura 10. Prueba de respuesta, disminución de 5,7 MW.

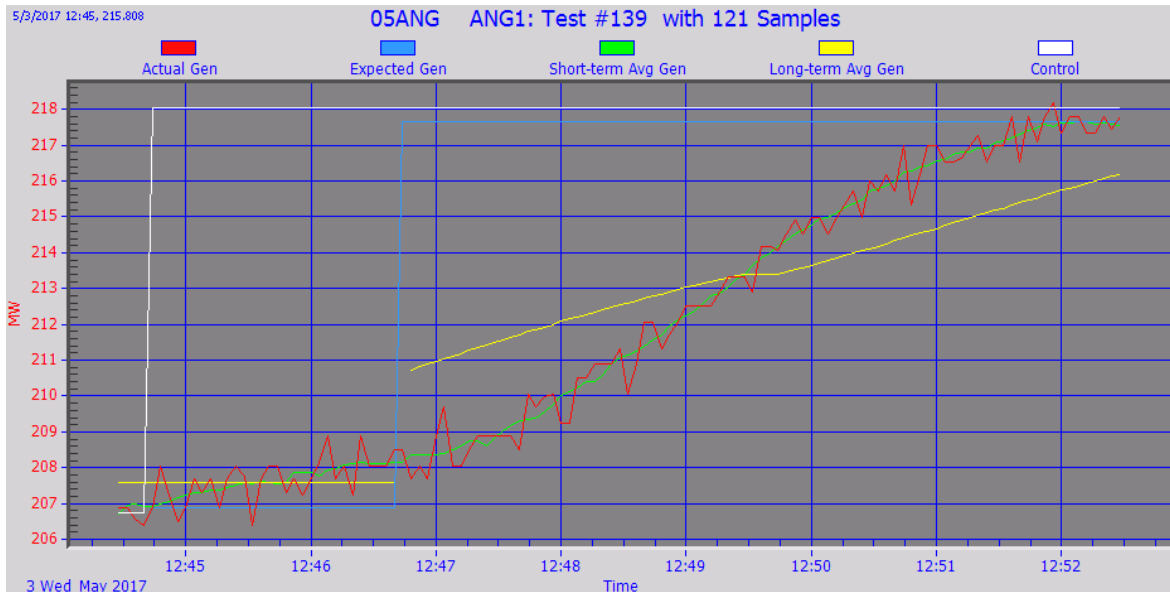


Figura 11. Prueba de respuesta, incremento de 10,8 MW.



Figura 12. Prueba de respuesta, disminución de 9,9 MW.

Dado al comportamiento registrado en las pruebas de rampa y de respuesta en lazo abierto, se recomienda que durante la operación de esta unidad en control AGC, el envío de consignas sea realizado en lazo abierto limitando la consigna de la unidad a la tasa de toma de carga y límites operativos de la unidad; de esta forma

se evita los retardos en que se incurre al usar un control PID en el procesamiento de la consigna, lo cual causaría una respuesta más lenta a la registrada durante las pruebas en lazo abierto.

Adicionalmente, dado el ruido de la unidad se recomienda ajustar la banda muerta para el setpoint de la unidad en 1 MW.

PRUEBAS DE RESPUESTA DE LA UNIDAD EN MODO CLOSED-LOOP.

Con los resultados obtenidos de las pruebas en lazo abierto, se estimaron los parámetros principales del lazo cerrado del controlador de la unidad, destacándose que para esta unidad se deshabilita el filtro LEAD/LAG asociado al cálculo de la consigna. Los valores ajustados se presentan en la figura 13.

Posteriormente, para validar los valores ajustados al lazo de control del controlador de la unidad, se ajustó el punto base de la unidad, en varios puntos de la zona de operación, de modo de evaluar las consignas enviadas. En la figura 14 se presenta el comportamiento de la generación de la unidad y las consignas enviadas al controlador de la unidad.

Frequency Bias	2,7
Frequency Deviation Dead Band	1,000
Pending MW Gain	1,00
Error Deadband	1,5
Knee Point	3,0
K1 (primary phase control gain)	0,25
K2 (settling phase control gain)	0,06
Control Response Delay (CRD)	220
% CRD for Wait	100
Windup Up Limit	10
Windup Down Limit	10
Setpoint Change Deadband	1
Change Reversal Timer	20
Noise Rejection Timer	40
Ramp Rate Up	1,5
Ramp Rate Down	1,5
Bypass Change Reversal/Noise Rejection Tests in Emergency	No
Bypass Lead/Lag Filter & Windup Limits	Si
T1 = CRD *	0,6
T2 = CRD *	0,5

Figura 13. Valores ajustados al lazo cerrado del controlador de la unidad 1 de la central Angamos.

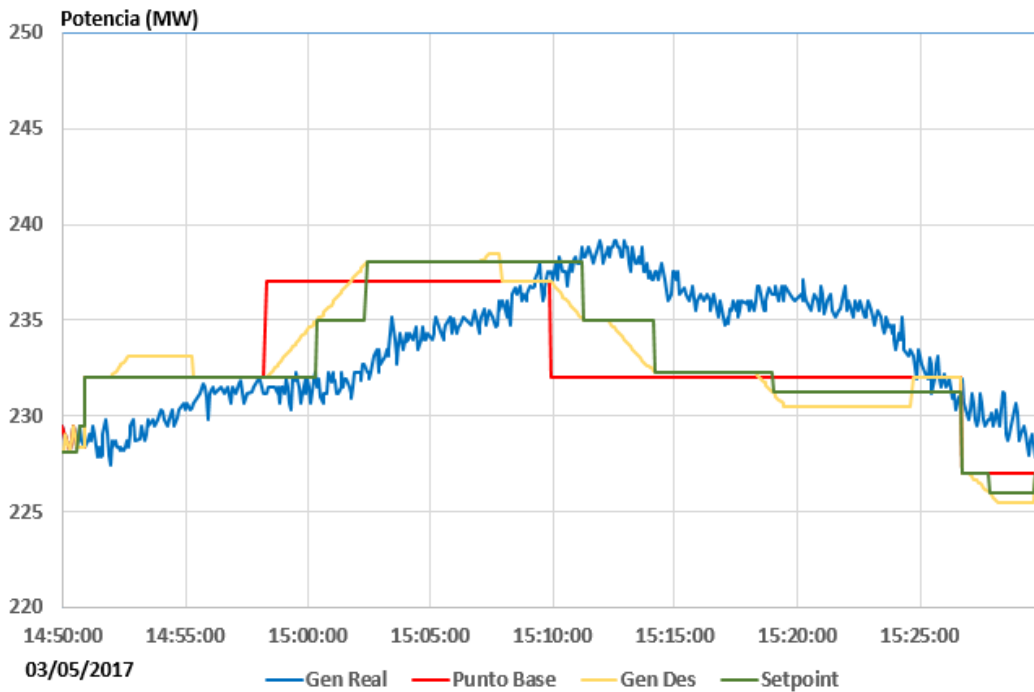


Figura 14. Ajuste del punto base de la unidad 1 de la central Angamos, en lazo cerrado.

Los resultados de las pruebas observados en la figura 14, muestran un comportamiento similar al observado en las pruebas de lazo abierto, destacándose una gran inercia de la unidad en respuesta las consignas enviadas desde el AGC del SING. Pese a que este comportamiento es el mejor que se logra ajustar en el AGC SING, es de esperarse, que los tiempos de respuesta de la unidad causen retardos en la regulación cuando la unidad participe en el control de frecuencia del sistema.

PRUEBAS DE RESPUESTA DE LA UNIDAD EN CONTROL DE FRECUENCIA.

Una vez verificados los parámetros del lazo de control del controlador de la unidad, se ajustó la prioridad de regulación de la unidad a 1, de modo de considerar en el cálculo del setpoint la componente por regulación de frecuencia. Esta prueba se realizó el día 3 de mayo de 2017, entre las 15:55 y las 16:30, período en el cual el corrector de frecuencia de la unidad se encontraba deshabilitado.

En las siguientes figuras se presenta el comportamiento de la frecuencia del sistema, así como de las consignas y generación de la unidad 1 de la central Angamos, durante el período que estuvo encargada de la regulación del error de control de área. En general se puede indicar que el comportamiento fue acorde al esperado, atendiendo las consignas recibidas. Si bien se observa que durante esta prueba la frecuencia del sistema se mantuvo la mayor parte del tiempo dentro de la banda de control de ± 0.2 Hz, se puede apreciar que la corrección del error de control fue lenta, pero acorde a la capacidad de variación de carga de la unidad.

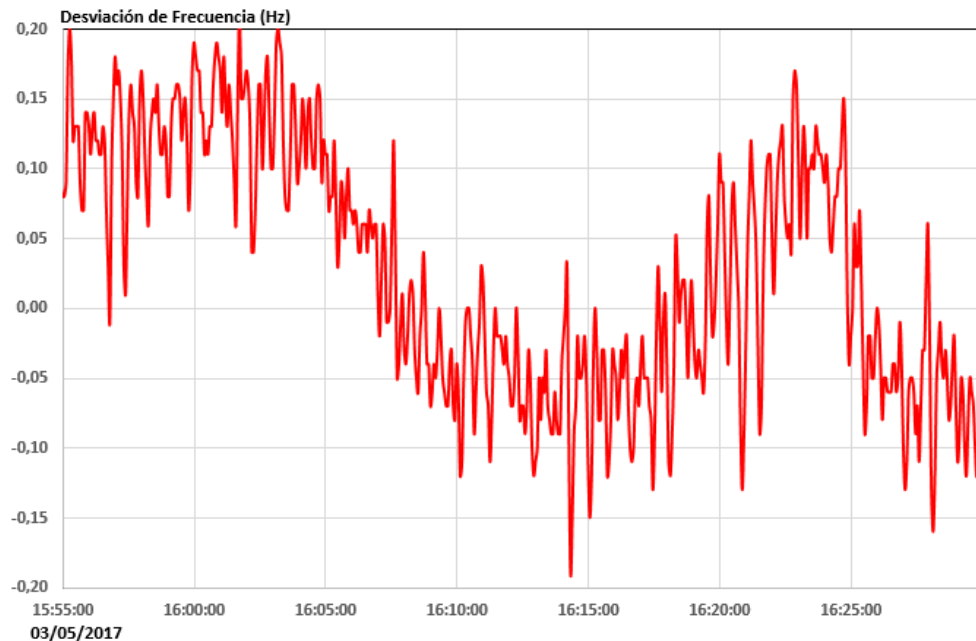


Figura 15. Desviación de frecuencia del SING, con unidad 1 de la central Angamos en AGC.

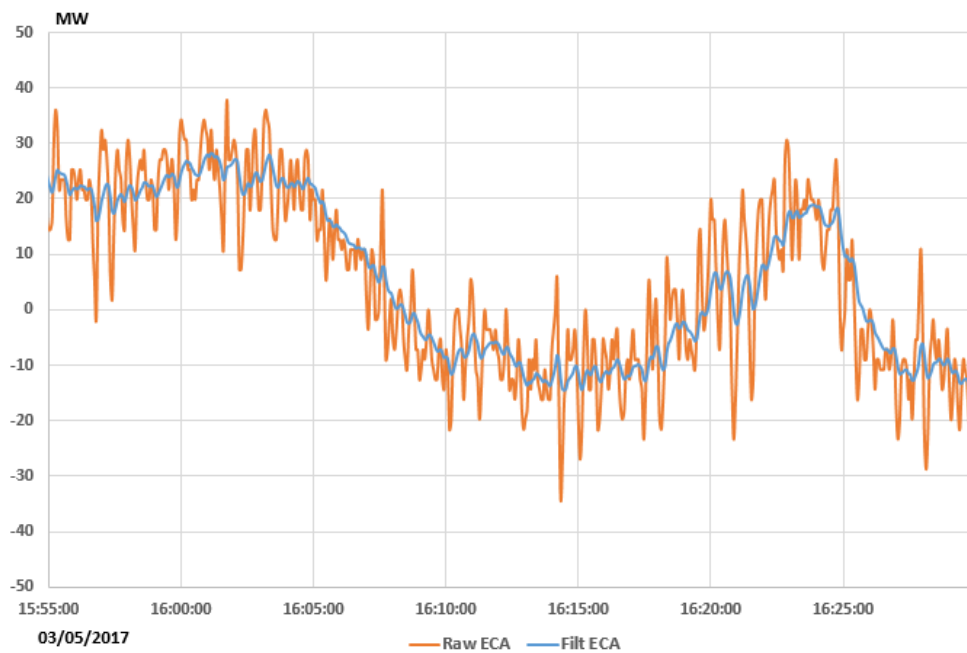


Figura 16. Error de control de área del SING, con unidad 1 de la central Angamos en AGC.

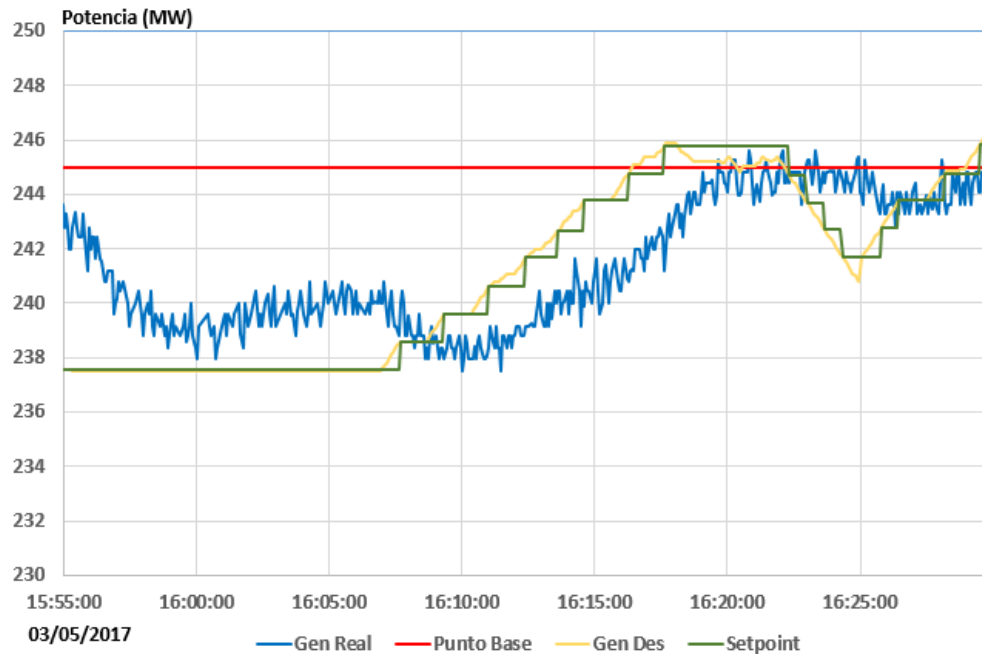


Figura 17. Comportamiento de las consignas y generación de la unidad 1 de la central Angamos en AGC.

DESEMPEÑO DEL CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA

Durante el proceso de sintonización de las unidades 1 de la Central de Angamos en el AGC del SING, se evaluó el desempeño del control primario de frecuencia de esta unidad con el fin de descartar respuestas no deseadas de la generación de la unidad a consignas de control desde el AGC del SING, producto de la acción del control primario de frecuencia.

De esta observación se pudo apreciar que la acción del corrector de frecuencia de la unidad, aparentemente, no contempla la desviación de la frecuencia eléctrica del momento respecto de la frecuencia eléctrica nominal (50 Hz), siendo la acción proporcional a la variación de la frecuencia en el tiempo.

En la figura 18 se muestra el comportamiento de la generación de la unidad con la corrección de frecuencia habilitada y deshabilitada. En la figura 18 se destaca que a las 13:42:52 es habilitado el corrector de frecuencia de la unidad, momento a partir del cual se observa que la generación de la unidad varía en respuesta a la variación de la frecuencia del sistema, sin importar que la frecuencia varía entre 50.1 y 50.3 Hz. Asimismo, se debe acotar que el Centro de Control de la Planta informó que la banda muerta del control primario de frecuencia estaba ajustada en 25 mHz.

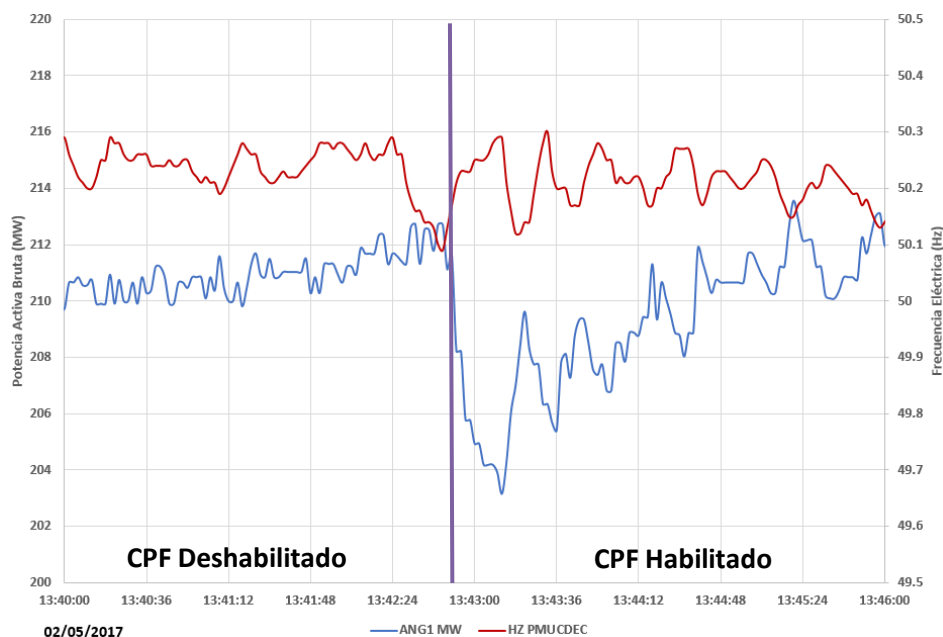


Figura 18. Comportamiento de la generación de la unidad 1 de la central Angamos, con el corrector de frecuencia habilitado y deshabilitado.

Adicionalmente en la figura 19 se muestra como ejemplo acciones no deseadas del corrector de frecuencia de la unidad, observándose que la generación de la unidad presenta un incremento cercano a 4 MW, como respuesta a la normalización de la frecuencia del sistema, la cual varió de 50.2 Hz a 50.05 Hz.

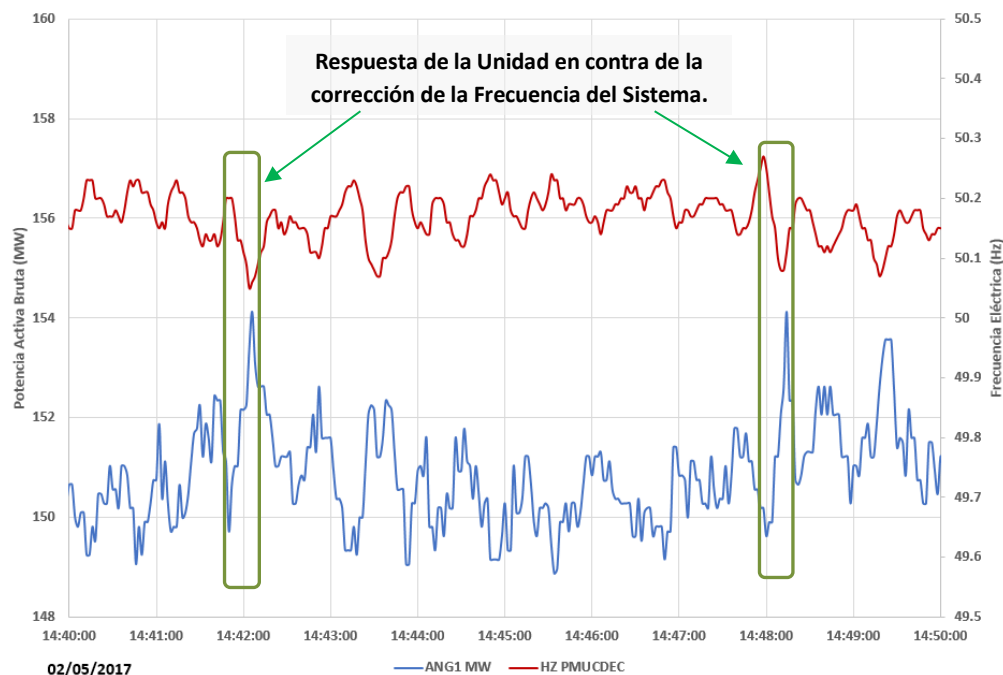


Figura 19. Comportamiento no deseado asociado a la acción del corrector de frecuencia de la unidad 1 de la central Angamos.

Esta situación desmejora la frecuencia del sistema y ocasionaría retardos en el control automático de frecuencia asociado al control secundario de frecuencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La unidad fue probada con resultados exitosos en el seguimiento de las consignas desde el AGC del SING, para el rango de operación entre 200 MW y 268 MW, esto con 4 molinos. Sin embargo, el tiempo de respuesta

promedio de la unidad es considerablemente mayor al resto de las unidades disponibles para el control AGC en el SING, lo que ocasionaría retardo en la regulación de la frecuencia del sistema.

El corrector de frecuencia de la unidad origina que en ocasiones el comportamiento de la generación de la unidad afecte la frecuencia del sistema, debido a que intenta corregir la desviación de la frecuencia del sistema en el tiempo, sin considerar la desviación de la misma respecto de 50 Hz.

Para la participación de esta unidad en el control automático de generación se requiere realizar la deshabilitación del corrector de frecuencia de la unidad, esto mientras no se corrija los comportamientos no deseados del control del lazo de control primario de la unidad.