



Acuerdo 1177 Por el cual se aprueban las modificaciones del Acuerdo por el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN, y se definen las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación

Acuerdo Número:

1177

Fecha de expedición:

2 Mayo, 2019

Fecha de entrada en vigencia:

2 Mayo, 2019

Sustituye Acuerdo:[11/02/2016 Acuerdo 843](#)**Sustituido por:**

[04/06/2020 Acuerdo 1313](#) Por el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación sincrónicas del SIN despachadas centralmente, y se definen las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación

El Consejo Nacional de Operación en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas en el Artículo 36 de la Ley 143 de 1994, el Anexo General de la Resolución CREG 025 de 1995, su Reglamento Interno, y según lo acordado en la reunión No. 560 del 2 de mayo de 2019 y,

CONSIDERANDO

- 1** Que en el numeral 7.6 del Código de Operación de la Resolución CREG 025 de 1995 se prevé que *“El CND en cualquier momento puede solicitar a cualquier empresa generadora que certifique los parámetros utilizados en el Planeamiento Operativo con el fin de demostrar que cumple con los declarados.”*
- 2** Que en el numeral 3 del Anexo CO2 del Código de Operación se prevé que entre otras obligaciones los agentes generadores deben reportar al CND los modelos que representan los siguientes sistemas: Sistema de Excitación, Estabilizador de Potencia, Gobernador de Velocidad y Turbina.
- 3** Que de acuerdo con lo establecido en el numeral 13.1 del Código de Conexión, los generadores deben proveer control de tensión y potencia reactiva, control de frecuencia mediante regulador de velocidad, estabilización de potencia y regulación secundaria de frecuencia con AGC.
- 4** Que en el artículo 1 de la Resolución CREG 039 de 2001 que modifica el Artículo 3 de la Resolución CREG-086 de 1996 se prevé que las plantas menores podrán optar por acceder al Despacho Central, en cuyo caso participarán en el Mercado Mayorista de electricidad y de tomar esta opción, deberán cumplir con la reglamentación vigente.
- 5** Que en el parágrafo 2 del artículo 10 de la Resolución CREG 005 de 2010 se prevé que *“El Cogenerador que participe en la Bolsa de Energía con Excedentes con Garantía de Potencia, tendrá categoría de Generador con una Capacidad Efectiva equivalente a los Excedentes con Garantía de Potencia que registre ante el SIC. La regulación aplicable a los generadores, se hace extensiva para estos Cogeneradores”.*
- 6** Que en el artículo segundo de la Resolución CREG 023 del 2001 se establece que *“Todas las plantas y/o unidades de generación despachadas centralmente, están en la obligación de prestar el Servicio de Regulación Primaria de Frecuencia”.*
- 7** Que el Subcomité de Controles en la reunión 144 del 19 de marzo de 2019 dio concepto favorable a las

modificaciones del acuerdo "Por el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN, y se definen las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación."

8

Que el Comité de Operación en la reunión 320 del 28 de marzo de 2019 dio concepto favorable a la expedición del presente Acuerdo.

ACUERDA:

1

DEFINICIONES. Para el correcto entendimiento de este Acuerdo, se define:

Coordinación con el CND: El Agente debe informar al CND los ajustes que realizará y las fechas en las que se harán los cambios, y será el responsable de realizar las solicitudes de consignaciones y de pruebas en la oferta diaria, que se requieran .

Parámetros validados de los generadores: son los parámetros del modelo del generador que permiten representar su respuesta real a eventos en el sistema o pruebas de campo.

Modelo validado: es el modelo matemático en el que se ha comprobado la capacidad de reproducir dentro de márgenes razonables el comportamiento del: Regulador de velocidad, Sistema de excitación y Estabilizador del Sistema de Potencia asociado, mediante la contrastación entre ensayos de campo o eventos reales y la simulación de condiciones equivalentes.

Control de generación: es uno de los siguientes controles: regulador de velocidad / potencia, sistema de excitación, y estabilizador del sistema de potencia asociado.

Estabilidad: es la característica de respuesta del sistema en la que se verifica que las señales de salida de los modelos validados son amortiguadas en el tiempo ante señales de entrada escalón, para los modos y condiciones operativas analizadas.

Modelo Estable: es el modelo en el que se verifica que las señales de salida son amortiguadas en el tiempo ante señales de entrada escalón, para todos los modos y condiciones operativas analizadas.

Modelo tipo 6 máquina sincrónica: es un modelo matemático de la máquina sincrónica representado por 6 variables de estado. Los modelos de orden superior contienen más de 6 variables de estado y representan con mayor fidelidad el comportamiento dinámico del generador.

Sbase: Potencia aparente base del generador. Normalmente es la potencia aparente nominal en MVA.

Vbase: Tensión base del generador. Normalmente es la tensión en bornes nominal en kV.

f_{pn}: Factor de potencia nominal del generador.

CV: Ceiling Voltage (Voltaje de Techo): es el límite que corresponde a la máxima y mínima tensión de campo que puede alcanzar el sistema de excitación.

OEL: Over Excitation Limiter (Limitador de sobre excitación).

UEL: Under Excitation Limiter (Limitador de sub excitación).

RCC: Reactive Current Compensation (Compensación de corriente reactiva).

CCC: Cross Current Compensation (Compensación de corriente cruzada).

V/Hz: Limitador de sobreflujo magnético del generador. Limita la relación V/Hz.

SCL: Stator Current Limiter (Limitador de corriente del estator).

LPQ: es el limitador de ángulo de carga del sistema de excitación.

2

PLAZO DE MODELAMIENTO DE LAS UNIDADES DE LA ETAPA 1. Los agentes generadores deben suministrar al CND un informe con los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a cada una de las unidades de generación de: San Carlos, Miel I, Guavio, Paraíso, La Guaca, Guatapé, Porce II, Porce III, Chivor, Alto Anchicayá, Urrá, Termotasajero, Termocentro, unidades con turbinas de combustión de Tebsa y Flores I. El plazo para la entrega de este informe fue hasta el 30 de mayo de 2014.

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica.

PARÁGRAFO: A partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Acuerdo, los agentes generadores definirán un cronograma de trabajo para la entrega de los modelos validados, al cual se le hará seguimiento en el Subcomité de Controles, y deberá estar sujeto al plazo máximo establecido en el presente artículo.

3

PLAZO DE MODELAMIENTO DE LAS UNIDADES HIDRÁULICAS DE LA ETAPA 2. Los agentes

generadores de las unidades hidráulicas existentes, despachadas centralmente, no mencionadas en el Artículo Segundo del presente Acuerdo, deben suministrar al CND un informe con los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación1. El plazo para la entrega de este informe fue hasta el 31 de octubre de 2014.

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica.

PARÁGRAFO: A partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Acuerdo, los agentes generadores definirán un cronograma de trabajo para la entrega de los modelos validados, al cual se le hará seguimiento en el Subcomité de Controles, y deberá estar sujeto al plazo máximo establecido en el presente artículo.

4

PLAZO DE MODELAMIENTO DE LAS UNIDADES TÉRMICAS DE LA ETAPA 2. Los agentes generadores de las plantas térmicas existentes despachadas centralmente, a partir de 250 MW, plantas en ciclo combinado o plantas que cuenten con unidades térmicas a partir de 100 MW, y que no están mencionadas en el Artículo Segundo del presente Acuerdo, deben suministrar al CND un informe con los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación1. El plazo para la entrega de este informe fue hasta el 31 de octubre de 2014.

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica.

PARÁGRAFO: A partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Acuerdo, los agentes generadores definirán un cronograma de trabajo para la entrega de los modelos validados, al cual se le hará seguimiento en el Subcomité de Controles de Generación, y deberá estar sujeto al plazo máximo establecido en el presente artículo.

5

PLAZO DE MODELAMIENTO DE LAS UNIDADES TÉRMICAS DE LA ETAPA 3. Los agentes generadores de las unidades térmicas existentes despachadas centralmente, no mencionadas en los Artículos Segundo y Cuarto del presente Acuerdo, deben suministrar al CND un informe con los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación1. El plazo para la entrega de este informe fue hasta el 31 de enero de 2015.

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica, con base en lo establecido en el Artículo Décimo Segundo del presente Acuerdo.

PARÁGRAFO: A partir de la fecha de entrada en vigencia del presente Acuerdo, los agentes generadores definirán un cronograma de trabajo para la entrega de los modelos validados, al cual se le hará seguimiento en el Subcomité de Controles, y deberá estar sujeto al plazo máximo establecido en el presente artículo.

6

MODELAMIENTO DE UNIDADES NUEVAS Y SUS CONTROLES. Los agentes generadores de las unidades hidráulicas y térmicas despachadas centralmente que entren en operación comercial en fecha posterior a la vigencia de este Acuerdo, deberán declarar los parámetros del generador y los modelos de los controles de generación antes de su entrada en operación comercial, en concordancia con lo establecido en la reglamentación vigente. Adicionalmente en un plazo no mayor a 90 días calendario después de su entrada en operación comercial, deberán reportar al CND los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación .

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica.

7

MODELAMIENTO DE PLANTAS MENORES QUE OPTEN POR SER DESPACHADAS CENTRALMENTE, COGENERADORES QUE PARTICIPEN EN LA BOLSA DE ENERGÍA CON EXCEDENTES CON GARANTÍA DE POTENCIA Y AUTOGENERADORES A GRAN ESCALA CUYA POTENCIA MÁXIMA DECLARADA SEA MAYOR A 20 MW. Los agentes generadores representantes de las plantas menores que por primera vez opten por entrar al despacho centralizado, los cogeneradores que participen en la Bolsa de Energía con excedentes con garantía de potencia superiores o iguales a 20 MW y los autogeneradores a gran escala que quieran entregar excedentes a la red superiores o iguales a 20 MW, deberán declarar los parámetros del generador antes de entrar al despacho central en concordancia con lo establecido en la reglamentación vigente. Adicionalmente, en un plazo no mayor a

nueve (9) meses después de la fecha de su inclusión en el despacho central, deberán reportar al CND los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación.

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica.

PARÁGRAFO PRIMERO: Cuando una planta menor, un cogenerador o un autogenerador sale del despacho central antes de que el agente generador representante de la planta cumpla con la entrega al CND de los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación, deberá presentarlos al CND antes de solicitar su inclusión nuevamente en el despacho central.

PARÁGRAFO SEGUNDO: Los agentes generadores representantes de las plantas menores, de los cogeneradores o de los autogeneradores deben reportar al Subcomité de Controles cada 3 meses, los avances en el proceso de validación de los parámetros de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación.

PARÁGRAFO TERCERO: Las plantas menores, los cogeneradores o los autogeneradores que tengan una modificación por fuera del despacho central en un control de generación (estabilizador del sistema de potencia, sistema de excitación o regulador de velocidad/potencia), en la turbina, núcleos o bobinados del estator o del rotor, que afecten los parámetros físicos o eléctricos del conjunto turbina - generador, deben actualizar los parámetros del generador y los modelos validados de controles de generación antes de que sean incluidos nuevamente en el despacho central.

8

MODELAMIENTO DE PLANTAS MENORES, COGENERADORES Y AUTOGENERADORES QUE SEAN DESPACHADOS CENTRALMENTE (RESOLUCIÓN CREG 024 DE 2015). Los agentes generadores representantes de las plantas menores y de los cogeneradores que sean incluidos en el Despacho Central porque les es aplicable el artículo 19 de la Resolución CREG 024 de 2015 respectivamente, deberán declarar los parámetros del generador antes de entrar al Despacho Central, en concordancia con lo establecido en la reglamentación vigente. Los autogeneradores que sean incluidos en el Despacho Central porque les es aplicable el artículo 14 de la Resolución CREG 024 de 2015, deberán declarar los parámetros del generador antes de entrar al Despacho Central, en concordancia con lo establecido en la reglamentación vigente. Adicionalmente, en un plazo no mayor a nueve (9) meses después de la fecha en que la planta menor, el cogenerador o el autogenerador sean incluidos por segunda vez en el despacho central porque le es aplicable el artículo 19 y el artículo 14 de la Resolución CREG 024 de 2015, el agente deberá reportar al CND los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación.

Se recomienda que la validación de los parámetros del generador y sus controles asociados, sea realizada en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica.

PARÁGRAFO: El plazo de nueve (9) meses para que el agente presente los parámetros validados de los generadores y los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación se debe cumplir aun si la planta menor, el cogenerador o el autogenerador se encuentran por fuera del despacho central.

9

AMPLIACIÓN DE PLAZOS. En el evento de que un agente generador no haya podido cumplir con los plazos de entrega de la información establecidos en los Artículos Segundo, Tercero, Cuarto, Quinto, Sexto, Séptimo y Octavo del presente Acuerdo, deberá solicitar ampliación del plazo con una antelación mínima de 15 días a la fecha de vencimiento del mismo y presentar la justificación correspondiente de tal situación ante el Subcomité de Controles, el cual llevará el control de las fechas de presentación de los resultados en un cronograma.

Para todos los casos, el informe entregado por los agentes generadores debe contener como mínimo la información solicitada en el Anexo 1 del presente Acuerdo.

10

ACTUALIZACIÓN DE MODELOS DE CONTROLES DE GENERACIÓN DE PLANTAS INCLUIDAS EN EL DESPACHO CENTRAL. Los agentes generadores deberán actualizar los modelos de los controles de generación y enviar al CND la información de los modelos validados en los siguientes plazos y casos:

- En un plazo no mayor a 30 días calendario después de que una unidad tenga un cambio en un control de generación (estabilizador del sistema de potencia, sistema de excitación o regulador de velocidad/potencia).
- En un plazo no mayor a sesenta (60) días calendario después de que una unidad tenga una modificación en alguno de los parámetros de los controles de generación (estabilizador del sistema de potencia, sistema de excitación o regulador de velocidad/potencia). En este caso, los Agentes y el CND acordarán los procedimientos de validación necesarios, dependiendo de los parámetros modificados. En caso de que no se llegue a un acuerdo entre los Agentes y el CND, el tema será revisado en el Subcomité de Controles.
- Al menos una vez cada cinco (5) años, a partir de la recepción a satisfacción por parte del CND de la

información de los modelos de controles validados, los agentes generadores deben demostrar que los modelos entregados al CND continúan siendo válidos, mediante la realización de pruebas tipo escalón de pequeña señal en las referencias del sistema de excitación y el gobernador de velocidad / potencia. Igualmente, se deben realizar pruebas para comprobar la validez de los modelos de los limitadores del sistema de excitación y el PSS, en las que se garantice la actuación de dichos dispositivos. Los agentes generadores deben enviar los datos que permitan reconstruir las curvas simulada y real obtenidas durante las pruebas. Esta información debe ser enviada en formato de texto (.txt) con columna de tiempo e indicando el nombre de las variables y sus correspondientes unidades. Las pruebas que deben mostrar la validez de los diferentes modelos, deben realizarse en condiciones de vacío y para tres niveles de carga de la unidad, máxima, media y mínima. Las pruebas son las siguientes:

- Escalón de pequeña señal (2%) en la tensión de referencia del AVR, con y sin PSS.
- Escalón de pequeña señal (5%) en la frecuencia de referencia del regulador de velocidad / potencia de la unidad.
- Escalones en la tensión de referencia del AVR que lleven hasta la actuación de los limitadores de sub y sobre-excitación del generador.

Las curvas y los datos para reconstruir las curvas que deben ser enviados como mínimo para ratificar la validez de los modelos, son los correspondientes a las siguientes variables:

- Tensión en terminales.
- Tensión de campo.
- Potencia Activa.
- Potencia Reactiva.

En caso de que se compruebe un comportamiento diferente entre el modelo del generador o sus controles respecto a la respuesta real, los modelos deberán ser ajustados apropiadamente, para asegurar su validez. En este caso el agente tendrá 90 días calendario para entregar un nuevo informe ajustando los modelos que presentan diferencias. En todos los casos el CND enviará al agente una comunicación oficial que certifica la recepción a satisfacción de la información de los modelos validados, fecha a partir de la cual se cuenta el periodo de 5 años para el nuevo reporte.

PARÁGRAFO: Los modelos validados de los controles de generación de las plantas menores, de los cogeneradores y de los autogeneradores que hayan sido incluidas en el Despacho Central tienen una validez de cinco (5) años.

11

ACTUALIZACIONES DE LOS PARÁMETROS DEL GENERADOR DE PLANTAS INCLUIDAS EN EL DESPACHO CENTRAL. Los agentes deberán enviar al CND la información de los parámetros validados del generador, en un tiempo no mayor a 30 días calendario después de que una unidad tenga una modificación en la turbina, núcleos o bobinados del estator o del rotor, que afecten los parámetros físicos o eléctricos del conjunto turbina - generador. El modelo del generador a ser usado y los parámetros del conjunto turbina - generador sujetos a verificación son los relacionados en el Artículo Decimocuarto.

12

ESTABILIDAD DE LOS MODELOS VALIDADOS. Los agentes generadores deberán verificar las condiciones de estabilidad de los modelos validados de los controles de generación asociados a sus unidades, en modo normal de operación (por ejemplo, modo potencia, modo frecuencia) bajo las siguientes condiciones:

Con las unidades sincronizadas a la red: se evalúa la estabilidad de los modelos de los controles de generación en condiciones de máxima, media y mínima generación.

Operación en red aislada: Para las unidades hidráulicas debe verificarse también la estabilidad del generador en el modo de control por potencia, simulando su operación en red aislada, utilizando para ello el modelo validado del regulador de velocidad y los parámetros validados del generador. En el Anexo 2 se presenta la metodología propuesta para la realización de estas pruebas.

Se deben enviar al CND los resultados de las pruebas realizadas por el agente para verificar la estabilidad de las unidades simulando su operación en red aislada.

Una vez el CND reciba estos ajustes, el CND realizará estudios sistémicos para determinar el efecto en el control de frecuencia de los mismos. En caso de que el CND encuentre inconvenientes los reajustes propuestos, acordará con el agente los parámetros que mejor convengan a la regulación de frecuencia del sistema.

PARÁGRAFO: REAJUSTES DE REGULADORES DE VELOCIDAD PARA GARANTIZAR ESTABILIDAD EN SIMULACIÓN DE RED AISLADA.

Los agentes deben informar al CND todos los ajustes en campo de los reguladores de velocidad de las unidades hidráulicas, incluyendo aquellos necesarios para cumplir con los requerimientos de estabilidad en red aislada, con el objeto que se realicen en coordinación con el CND; para lo cual, deben informar al CND los ajustes y las fechas en que se realizarán.

Una vez el CND reciba los ajustes propuestos, realizará estudios sistémicos para determinar el efecto en el control de frecuencia de los mismos, en un plazo máximo de treinta (30) días calendario. En caso de que el CND encuentre inconvenientes en los reajustes propuestos, informará los resultados al Agente solicitante, para que este haga los cambios que sean requeridos.

La evaluación del desempeño dinámico de estos ajustes, estará sujeta a las siguientes consideraciones:

- Una vez el Agente realice el ajuste del regulador de velocidad en campo, deberá hacerle seguimiento al desempeño del mismo, sin perjuicio de lo establecido en la regulación vigente. En caso de que el agente identifique que se requieren nuevos ajustes, el Agente deberá informar al CND los nuevos parámetros

que permitan cumplir tanto con la estabilidad en simulación en red aislada y la prestación del servicio de regulación primaria.

- En caso de que se identifique la necesidad de un reajuste de parámetros posterior al seguimiento realizado, el Agente podrá devolver el ajuste del regulador a sus valores originales, previa coordinación con el CND, para lo cual tendrá un plazo no superior a 30 días calendario a partir de la ocurrencia del primer evento en frecuencia donde se evidencie una inadecuada respuesta en regulación primaria de la unidad luego del primer ajuste. El Agente tendrá el plazo indicado, siempre y cuando los ajustes actuales de la unidad no ocasionen riesgos para la operación del SIN. En caso de que se vea afectada la operación del SIN, el Agente deberá devolver los parámetros a sus valores originales tan pronto el CND identifique e informe al Agente sobre la condición de riesgo. El Agente informará el momento en que realizará el reajuste al regulador.

- Si no es posible encontrar un ajuste con el que se obtenga estabilidad de la unidad en simulación de red aislada y adecuada respuesta en regulación primaria, el Agente y el CND revisarán conjuntamente los parámetros que sean más convenientes para el Sistema. Lo anterior, sin perjuicio del cumplimiento de la regulación vigente en cuanto a la regulación primaria de frecuencia.

- Si se encuentra un reajuste con el que se obtenga estabilidad de la unidad en simulación de red aislada y adecuada respuesta en regulación primaria, el Agente deberá mantener operativos los nuevos parámetros del regulador de velocidad encontrados.

En caso de que se presente una modificación en los parámetros del regulador de velocidad/potencia con el objetivo de mantener estabilidad en red aislada, este cambio de parámetros será tratado de acuerdo con lo previsto en el Artículo Décimo.

Cuando se realicen ajustes al regulador de velocidad para garantizar estabilidad en simulación de red aislada, las unidades continuarán siendo objeto de la verificación de la prestación efectiva del servicio de regulación primaria de frecuencia.

13 **CONDICIONES PARA REAJUSTE DE REGULADORES DE VELOCIDAD DE PLANTAS HIDRÁULICAS.** En caso de ser necesario reajustar el regulador de velocidad para garantizar su estabilidad, los agentes generadores deben:

- Realizar simulaciones utilizando el modelo validado, para determinar los ajustes requeridos de forma que la unidad sea estable en simulación de red aislada y cumpla con el servicio de regulación primaria.
- Los nuevos ajustes deben ser implementados en el regulador de velocidad para evaluar mediante pruebas en campo si la unidad responde adecuadamente a la prestación del servicio de regulación primaria, acorde con lo establecido en la reglamentación vigente.
- En caso de que los ajustes no resulten satisfactorios, se deben reevaluar los mismos e iniciar de nuevo el proceso mediante la verificación de la estabilidad de la unidad en modo potencia, simulando su operación en red aislada.
- Una vez el agente generador implemente los reajustes definidos para el regulador de velocidad, se requiere realizar pruebas de AGC para las unidades que prestan dicho servicio, dado que las unidades pierden su elegibilidad cuando se realizan reajustes en los reguladores de velocidad.
- En el Anexo 2 se presenta la metodología propuesta para la realización de las pruebas en simulación de red aislada, con el objetivo de garantizar su estabilidad.

14 **PARÁMETROS REQUERIDOS DEL GENERADOR.** Deben determinarse los parámetros del modelo del generador que mejor representen la dinámica del mismo, considerando un modelo de máquina sincrónica tipo 6 o superior.

Como mínimo se deben determinar, a través de pruebas en sitio, los siguientes parámetros:

Reactancia sincrónica de eje directo (x_d [p.u.])
Reactancia transitoria de eje directo (x'_d [p.u.])
Reactancia subtransitoria de eje directo (x''_d [p.u.])
Reactancia sincrónica de eje de cuadratura (x_q [p.u.])
Reactancia transitoria de eje de cuadratura (x'_q [p.u.])
Reactancia subtransitoria de eje de cuadratura (x''_q [p.u.])
Constante de tiempo transitoria de eje directo de circuito abierto (t'_{do} [s])
Constante de tiempo transitoria de eje de cuadratura de circuito abierto (t'_{qo} [s])
Constante de tiempo subtransitoria de eje de cuadratura y de circuito abierto (t''_{qo} [s])
Constante de inercia (H [s], con base en MVA y kV nominales del generador)
Curva tabulada de saturación en vacío del generador (Corriente de excitación Vs. Tensión Nominal en vacío [p.u])
Tipo de rotor (polos salientes, liso)

Los parámetros referidos y las bases utilizadas para el cálculo en p.u. deberán ser reportados junto con los resultados y la metodología empleada para obtención de estos parámetros. (Sbase (MVA), Vbase (kV), f_{pn}).

Para definir la validez del modelo del generador y sus parámetros correspondientes, la reproducción de las diferentes pruebas realizadas por el agente se hará en la herramienta de simulación dinámica del CND.

Los resultados de las simulaciones serán comparados con los resultados de las pruebas en campo y se aplicarán los índices de evaluación del Anexo 3 del presente Acuerdo con el fin de verificar la validez de los modelos.

15 ENTREGA DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE LOS CONTROLES DE GENERACIÓN Y PARÁMETROS DEL GENERADOR. El agente generador mediante comunicación oficial debe enviar al CND en medio magnético la siguiente información:

- Informe de resultados al CND, donde se describan la metodología utilizada, las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en el proceso de validación de los modelos de control y los parámetros del generador.
- Datos necesarios para reproducir los registros de pruebas y las simulaciones en formato de texto (.txt).
- Se recomienda entregar los modelos del generador y sus controles asociados en la herramienta utilizada por el CND, sin embargo estos pueden ser entregados en otras herramientas de simulación dinámica.

16 REVISIÓN DEL INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE LOS CONTROLES DE GENERACIÓN Y PARÁMETROS DEL GENERADOR. El informe entregado por el agente debe contener como mínimo la información solicitada en el Anexo 1 del presente Acuerdo. En caso de que el agente no presente la información allí requerida, el CND le informará al agente dicha situación, para que este en un plazo de 30 días calendario contados a partir de recibida la comunicación, envíe al CND el informe incluyendo los datos faltantes. Si para la segunda entrega del informe, persiste la omisión de envío de información, esta situación será reportada al CNO.

Asimismo, para evaluar la calidad de los modelos entregados por el agente, el CND verificará que exista correspondencia entre las curvas comparativas reales del sistema y las obtenidas con el modelo validado, teniendo en cuenta los índices de evaluación que se definen para estas curvas en el Anexo 3 del presente Acuerdo.

Para cumplir con los requerimientos de los modelos validados, el agente generador debe realizar pruebas de validación en las que se pueda contrastar la respuesta del sistema real con la simulada con el modelo obtenido. En el Anexo 4 del presente Acuerdo, se presenta una guía de pruebas recomendadas que pueden ser realizadas para verificar la validez de los modelos de los controles de generación. Lo anterior sin perjuicio de que puedan usarse pruebas diferentes a las presentadas.

Para las unidades hidráulicas, el modelo de turbina y conducciones debe considerar el efecto del acoplamiento hidráulico entre unidades de una misma planta.

Independientemente de las pruebas que se realicen sobre la unidad, las mismas deben desarrollarse en condiciones de vacío y a potencias correspondientes al mínimo técnico, un valor intermedio y su valor máximo, y deben considerarse perturbaciones en las que se exciten las dinámicas lineales y no lineales de los equipos modelados. Adicionalmente, el agente generador debe verificar que existe coherencia al comparar las curvas correspondientes del sistema real con las del sistema simulado, utilizando los modelos obtenidos. Una vez el CND reciba oficialmente el informe de resultados por parte del agente, el CND debe verificar dicha coherencia con base en los índices de comparación de curvas establecidos en el Anexo 3 del presente Acuerdo. Esta verificación debe hacerse sobre al menos las siguientes variables:

- Sistema de Excitación: voltaje en terminales del generador y el voltaje de campo del generador (voltaje de campo de la excitatriz y la corriente de campo para las unidades sin escobillas) y potencia reactiva.
- Funciones de limitación y compensación del sistema de excitación: voltaje en terminales del generador, potencia reactiva, y en caso de ser posible se deben presentar las señales a la salida física de los limitadores (OEL, UEL, V/Hz, LPQ) y a la salida física de las funciones de compensación (RCC, CCC, SCL). Adicionalmente se deben realizar pruebas para alcanzar la tensión de techo (CV). El modelo debe ser capaz de reproducir la dinámica de los limitadores, las funciones de compensación y las tensiones de techo máxima y mínima del sistema de excitación.
- Regulador de Velocidad/Potencia: potencia activa del generador, apertura de agujas o de distribuidor y en caso de ser posible, presión en la tubería (unidades hidráulicas) y apertura de válvulas (unidades térmicas).
- Estabilizador del Sistema de Potencia: voltaje en terminales del generador, potencia activa y reactiva del generador, y en caso de ser posible la señal de salida física del estabilizador del sistema de potencia.

Para las pruebas realizadas sobre el Regulador de Velocidad/Potencia se deben tomar mínimo 10 muestras por segundo hasta que se logre la estabilización de la señal. Para las pruebas sobre el Sistema de Excitación y Estabilizador del Sistema de Potencia, se requiere un mínimo de 100 muestras por segundo hasta que se logre la estabilización de la señal.

Adicionalmente, con el fin de evaluar el desempeño de los controles de generación¹ ante modos de oscilación y determinar su dinámica interna, se deben realizar barridos de frecuencia para cada uno de ellos, mínimo desde 0.01 Hz hasta 2 Hz, con una magnitud tal que no se exciten las dinámicas no lineales del generador y sus controles. Para el AVR se recomienda inyectar esta frecuencia oscilatoria en la señal de referencia de tensión, y para el Regulador de Velocidad, se recomienda hacerlo sobre la señal de referencia de velocidad.

17 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS MODELOS VALIDADOS. Una vez el CND reciba el informe completo, revisará los modelos validados de los controles de generación a los que hace referencia el presente Acuerdo. Esta revisión realizada en una herramienta de simulación dinámica incluirá la verificación de la estabilidad de los modelos. En caso de presentarse diferencias entre la respuesta del modelo suministrado y el comportamiento real, teniendo en cuenta los requerimientos considerados en el Anexo 3 del presente Acuerdo, el CND informará tal situación al agente, para que se dé inicio a la revisión conjunta del modelo y si es necesario, realizar las respectivas correcciones.

En caso de que el agente deba realizar correcciones al modelo, tendrá un plazo de 60 días calendario contados a partir de la comunicación del CND, para presentar nuevamente el modelo validado y estable.

Si este último reporte no cumple con los criterios establecidos y no existe una justificación técnica adecuada, el CND informará tal situación al CNO.

En caso de que el CND deba realizar correcciones al modelo implementado, tendrá un plazo de 15 días calendario, para realizar nuevamente las verificaciones del modelo.

El CND podrá solicitar nuevamente pruebas de reajuste y validación, cuando se presenten condiciones dinámicas del sistema que requieran reajuste de los parámetros de los controles de generación. Estos reajustes serán realizados en coordinación con el agente de conformidad con el Artículo Octavo del presente Acuerdo.

18

RESUMEN DE PLAZOS PARA EL CND Y LOS AGENTES.

En la siguiente Tabla se resumen los plazos establecidos asociados al cumplimiento del presente Acuerdo respecto a la entrega de informes con los modelos validados para los agentes generadores.

Numeral	Entrega de informes de resultados de las pruebas de validación de los modelos de los controles de generación y de los parámetros del generador para verificación del CND	Plazos para realizar correcciones del informe	Plazos para realizar correcciones de los modelos y entregar informe definitivo
SEGUNDO: Unidades de la etapa 1	30 de mayo de 2014	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
TERCERO y CUARTO: Unidades de la etapa 2	31 de octubre de 2014	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
QUINTO: Unidades de la etapa 3	31 de enero de 2015	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
SEXTO: Unidades nuevas	90 días calendario después de su fecha de entrada en operación comercial	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
OCTAVO: Actualización de modelos	30 días después de modificación del control ó cada 5 años.	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND

En la siguiente Tabla se resumen los plazos establecidos para el CND asociados al cumplimiento del presente Acuerdo, contados a partir de la fecha de entrega del informe de las pruebas por parte de los agentes generadores.

Numeral	Revisión del Informe de resultados y notificación al agente generador	Validación de los modelos y notificación	Verificación final
SEGUNDO: Unidades de la etapa 1	30 días calendario	60 días calendario	15 días calendario

TERCERO y CUARTO: Unidades de la etapa 2	30 días calendario	60 días calendario	15 días calendario
QUINTO: Unidades de la etapa 3	30 días calendario	60 días calendario	15 días calendario
SEXTO: Unidades nuevas	30 días calendario	60 días calendario	15 días calendario
OCTAVO: Actualizaciones	30 días calendario	60 días calendario	15 días calendario

19

IMPLEMENTACIÓN DE ESTABILIZADORES DE SISTEMAS DE POTENCIA PARA PLANTAS NUEVAS. Las plantas hidráulicas y térmicas que se encuentran en proceso de especificaciones técnicas, que entren en operación comercial en fecha posterior a la vigencia del presente Acuerdo, con capacidad superior o igual a 100 MW, deberán implementar estabilizadores de sistemas de potencia de acuerdo con lo recomendado por el CND. El CND deberá presentar ante el Subcomité de Controles la justificación técnica de esta solicitud y enviar al agente las especificaciones del equipo teniendo en cuenta los requerimientos sistémicos.

20

MODERNIZACIÓN DE ESTABILIZADORES DE SISTEMAS DE POTENCIA PARA PLANTAS EXISTENTES. El CND definirá cuales plantas del SIN existentes con capacidad superior o igual a 100 MW requieren la implementación o cambio de estabilizadores de sistemas de potencia para garantizar la seguridad del SIN, utilizando los modelos validados de los controles de generación de cada planta.

El CND en conjunto con el agente generador y el fabricante si se requiere, definirá si es posible técnicamente la implementación o cambio de estabilizadores de sistemas de potencia. En caso de que se determine la viabilidad técnica de la implementación o cambio de estabilizadores de sistemas de potencia, el CND establecerá las especificaciones técnicas del equipo, teniendo en cuenta los requerimientos sistémicos y el agente generador enviará un cronograma en el que se detalle el proceso de puesta en servicio del equipo, que no debe superar un año. Lo anterior, salvo casos en los que existan factores externos que dificulten la implementación de la recomendación, o el cumplimiento del plazo y que no sean gestionables por el agente generador.

El CND evaluará el impacto en la estabilidad del SIN, de los estabilizadores de sistemas de potencia implementados, mediante el análisis de la respuesta dinámica del sistema.

PARÁGRAFO: De presentarse diferencias técnicas entre el CND y el agente generador sobre la necesidad de implementación de estabilizadores de sistemas de potencia, las partes deberán presentar la justificación técnica ante el Controles, el cual emitirá su concepto técnico, que será presentado posteriormente al Comité de Operación para su recomendación. De persistir las diferencias técnicas sobre la necesidad de implementación de estabilizadores de sistemas de potencia entre el CND y el agente generador, el tema será presentado al CNO para su definición.

21

El presente Acuerdo rige a partir de la fecha y sustituye el Acuerdo 843 de 2016.

Presidente - Diego González

Secretario Técnico - Alberto Olarte Aguirre

ANEXO(S)

1

REFERENCIAS

- [1] Prabha Kundur, Power System Stability and Control. Estados Unidos: McGraw Hill, 1994.
 [2] Krause, P.C Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, McGraw Hill Book Company, 1986.
 [3] Machowski, J Power System Dynamics Stability and Control, Second Edition, Ed. John Wiley & Sons, 2008.