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

Acuerdo Número:	**Fecha de expedición:**	**Fecha de entrada en vigencia:**
1313	4 Junio, 2020	4 Junio, 2020

Sustituye Acuerdo:

02/05/2019 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

Sustituido por:

01/10/2020 Acuerdo 1358 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

Acuerdos relacionados:

Acuerdo 1299 Por el cual se aprueban los procedimientos para solicitar el cambio de parámetros técnicos de las plantas de generación, activos de uso del STN, activos de conexión al STN y sistemas de almacenamiento de energía con baterías SAEB - 02/04/2020

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. 597 del 4 de junio de 2020 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 el Acuerdo 1236 de 2019 define los tipos de pruebas para las plantas o unidades de generación que están autorizadas para desviarse, entre los que se encuentra: Estabilizadores de Sistemas de Potencia – PSS-, ajuste y/o verificación de regulador de velocidad de turbina y ajuste y verificación del regulador de voltaje o tensión.
5	Que los reguladores de velocidad/potencia, los sistemas de excitación y estabilizadores de sistemas de potencia, son determinantes para la estabilidad del SIN.

6	Que mediante el Acuerdo 552 de 2011 se establecieron los requerimientos para los modelos, pruebas y ajustes de los controles de excitación, velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de generación del SIN y se definieron las pautas para el desarrollo de un plan piloto en algunas unidades del SIN.
7	Que mediante el Acuerdo 640 de 2013 se establecieron 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 definieron las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación, el cual fue sustituido por el Acuerdo 752 de 2015.
8	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.
9	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”.
10	Que en el artículo 12 de la Resolución CREG 024 de 2015 “Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones” se prevé que “El autogenerador a gran escala que quiera entregar excedentes a la red deberá ser representado por un generador en el mercado mayorista, en cuyo caso las partes acordarán libremente las condiciones de dicha representación. **Se aplicarán las condiciones establecidas para plantas no despachadas centralmente si la potencia máxima declarada es menor a 20 MW, y en caso contrario, las establecidas para las plantas despachadas centralmente**”.(Subrayado fuera de texto)
11	Que en el artículo 14 de la Resolucion CREG 024 de 2015 se prevé que: “Cuando una planta de un autogenerador que haya declarado una potencia máxima menor a 20 MW presente entregas de potencia promedio en período horario a la red mayor a dicho límite en cinco horas, continuas o discontinuas, en un período de treinta (30) días calendario consecutivos, sin que esta entrega de energía haya sido solicitada por el administrador del mercado, se modificará el valor de potencia máxima declarada. El ASIC será responsable de realizar este procedimiento. El nuevo valor de potencia máxima declarada corresponderá al promedio simple de la potencia promedio en período horario de las cinco primeras horas donde se superó el límite de 20 MW. Por lo tanto, la planta quedará sometida a las reglas aplicables para las plantas que son despachadas centralmente a partir del primer día del siguiente mes calendario y con una vigencia de seis meses”.
12	Que en el artículo 19 de la Resolución CREG 024 de 2015 que adiciona un parágrafo al artículo 3 de la Resolución CREG 086 de 1996 se prevé que: “Parágrafo: Cuando una planta que haya declarado una capacidad efectiva menor a 20 MW presente entregas de potencia promedio en período horario a la red mayor a dicho límite en cinco horas, continuas o discontinuas, en un período de treinta (30) días calendario consecutivos, sin que esta entrega de energía haya sido solicitada por el administrador del mercado, se modificará el valor de la capacidad efectiva de la planta. El ASIC será responsable de realizar este procedimiento. El nuevo valor de la capacidad efectiva de la planta corresponderá al promedio simple de la potencia promedio en período horario de las cinco primeras horas donde se superó el límite de 20 MW. **Por lo tanto, la planta quedará sometida a las reglas aplicables para las plantas que son despachadas centralmente a partir del primer día del siguiente mes calendario con una vigencia de seis meses**.” (Negrilla fuera de texto)
13	Que mediante el Acuerdo 830 de 2015 se estableció que 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 la definición de las pautas

	para las pruebas y reajustes de los controles de generación es aplicable a las plantas menores que opten por entrar al Despacho Central y a las plantas menores que sean incluidas en el Despacho Central porque les es aplicable el artículo 19 de la Resolución CREG 024 de 2015. Y mediante el Acuerdo 1177 de 2019 se sustituyó el Acuerdo 830 de 2015.
14	Que el Subcomité de Controles en la reunión 200 del 19 de mayo de 2020 dio su concepto técnico favorable a la modificación 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 sincrónicas del SIN despachadas centralmente, y se definen las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación.
15	Que el Comité de Operación en la reunión 345 del 28 de mayo de 2020 recomendó la expedición del presente Acuerdo.

ACUERDA:

1	**DEFINICIONES.** Para el correcto entendimiento de este Acuerdo, se define: - Parámetros validados de los generadores: son los parámetros del modelo del generador que permiten representar su respuesta real a eventos en el sistema y 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 y eventos reales, y la simulación de condiciones equivalentes. - Control de generación: es uno de los siguientes controles: regulador de velocidad / potencia, sistema de excitación, estabilizador del sistema de potencia y los limitadores asociados a estos controles. - 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 estables, 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 amortiguadas en el tiempo, 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. - fpn: Factor de potencia nominal del generador. - Registro de Evento de frecuencia para validación de modelo del regulador de velocidad/potencia: Registro asociado a la excursión de la frecuencia del sistema superior a 0.2 Hz. **No Linealidades: Restricciones que modifican la respuesta de los controles.** 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. MEL: Minimum Excitation Limiter (Limitador de mínima corriente de excitación) TCL: Limitador Control por temperatura (para unidades térmicas de combustión) YMAX, YMIN: Límites máximo y mínimo de posición de actuadores. UPSSMAX, UPSSMIN: Limitadores de salida de PSSs LPSS: Lógica de conexión y desconexión de PSSs

2	**CRONOGRAMA PLAZOS ENTREGA MODELOS DE GENERADORES Y CONTROLES DE PLANTAS EXISTENTES.** Los plazos para la entrega de los modelos de generadores y controles de las plantas de generación existentes serán gestionados a través de un cronograma, en el que se llevará el control de las fechas de presentación de los resultados, al cual se le hará seguimiento en el Subcomité de Controles.
3	**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.
4	**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 a través de correo electrónico 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, u otros cambios 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.
5	**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.

6 **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:

• Modernizaciones: En un plazo no mayor a 90 días calendario después de que una unidad que fue modernizada en algún control de generación (estabilizador del sistema de potencia, sistema de excitación o regulador de velocidad/potencia), entre en servicio.

• Los modelos a enviar corresponden al control modernizado. Los Artículos Decimosegundo y Decimotercero definen los requerimientos de pruebas y de información asociados a este caso. En el caso de que el control modernizado actúe a través del regulador de tensión, como por el ejemplo el caso del PSS, se debe verificar el modelo del regulador de tensión y el PSS mediante escalones y no se verificarán los modelos de los otros elementos que no se hayan modificado.

• Cambio de parámetros: en un plazo no mayor a 30 días calendario después de que una planta de generación tenga una modificación en el valor numérico de ajuste en alguno de los parámetros de los controles de generación (estabilizador del sistema de potencia, sistema de excitación o regulador de velocidad/potencia), sin afectar la estructura de estos.

• En este caso se acordará entre los Agentes y el CND, las pruebas de validación necesarias dependiendo de los parámetros modificados.

Nota: Por condiciones de seguridad de la operación del sistema, se debe notificar al CND el valor numérico nuevo del parámetro con una anticipación mínima de 15 días calendario siempre y cuando este cambio no corresponda a una situación de emergencia del equipo en cuyo caso el cambio se debe informar en el momento en el que se realice.

• Desempeño inadecuado de modelos: si durante el seguimiento a la operación del SIN o en los análisis realizados por el CND se identifican diferencias en la respuesta de las plantas de generación y los modelos declarados, el CND enviará un reporte al agente en el que se detallen las condiciones operativas en las que evidenció el desempeño inadecuado, los registros utilizados para esta verificación y el cálculo de los índices de coherencia correspondientes. El procedimiento detallado para este seguimiento se especifica en el Artículo Decimoséptimo del presente Acuerdo.

Periodo de actualización: Cuando se identifica en el seguimiento un desempeño inadecuado del modelo que no pueda ser resuelto con ajuste fino de parámetros y este problema se identifica después de 6 meses de recibo a satisfacción del modelo por parte del CND, se seguirá el procedimiento presentado a continuación:

En la Figura 1, la instancia general de seguimiento hace referencia a la ejecución del seguimiento que realiza el CND semestralmente, a partir del 1 de agosto de 2020, para todas las unidades que tengan los modelos validados y aquellos que sean aprobados tras el periodo de garantia.

A continuación se presenta el diagrama de flujo con el procedimiento que define la transitoriedad del presente Acuerdo:

Figura 1. Diagrama de flujo para plazos de entrega.

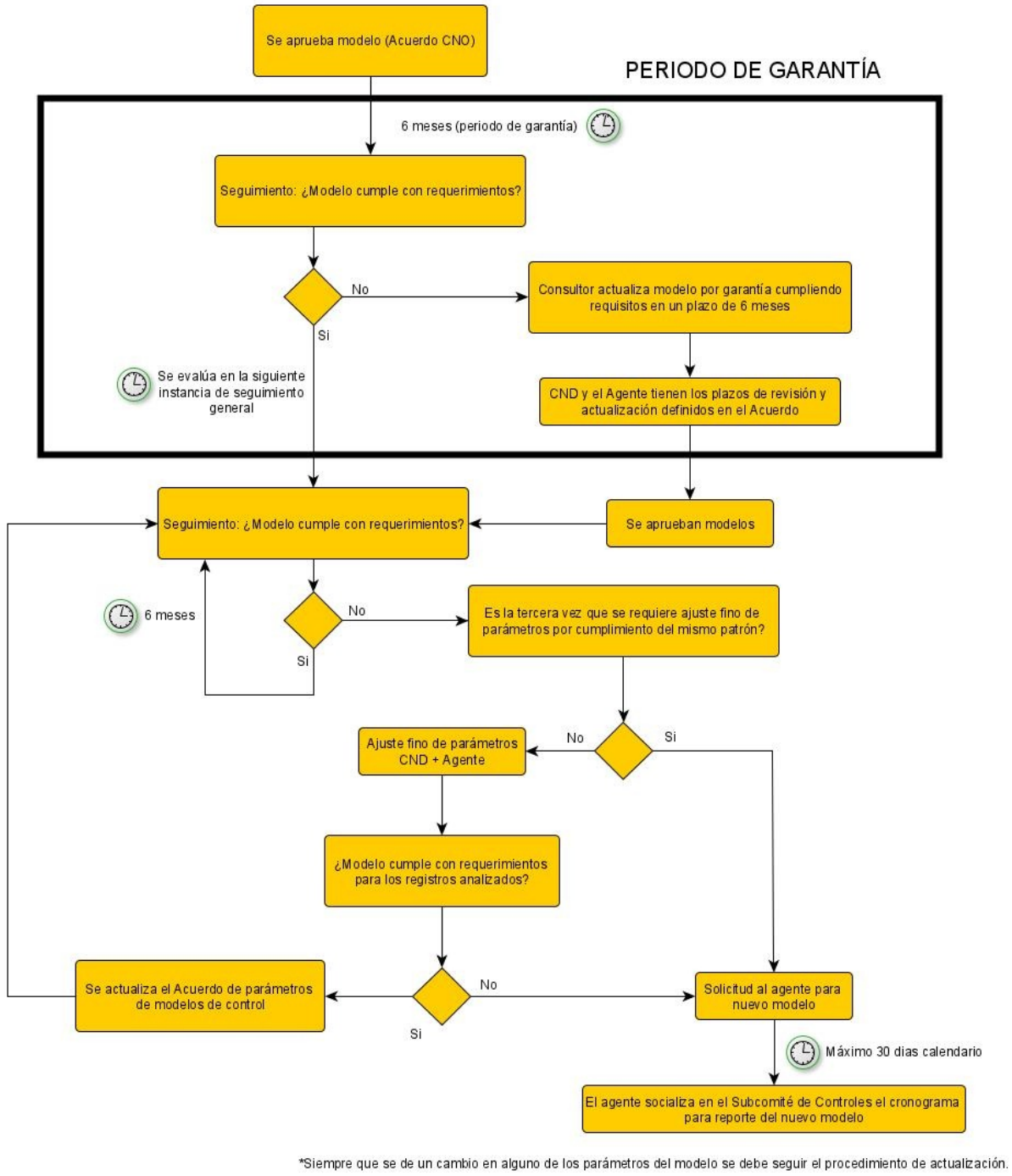
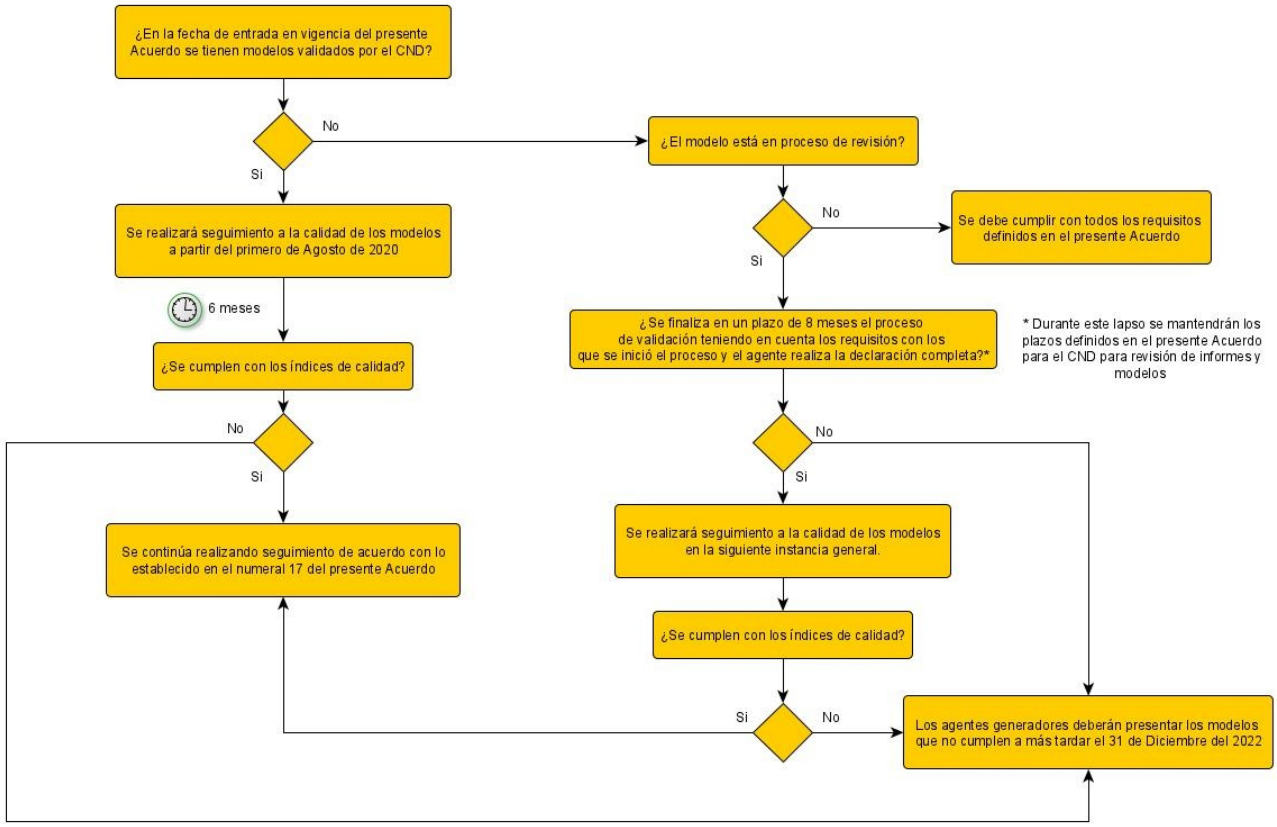


Figura 2. Diagrama de flujo transición



PARÁGRAFO 1: Cuando una planta menor, cogenerador o autogenerador que haya sido incluida en el Despacho Central se integre de nuevo al despacho centralizado tras su retiro, podrá presentar su anterior modelo hasta cinco (5) años a partir de su retiro. Si se integra, superado el plazo de 5 años contabilizados a partir del primer retiro y durante su operación en el despacho central no se realizó ninguna instancia de seguimiento, el agente deberá realizar de nuevo las pruebas para garantizar la validez del modelo. Mientras sea parte del despacho centralizado será sujeto a los plazos y el procedimiento de seguimiento a la calidad de los modelos.

PARÁGRAFO 2: Los tiempos de revisión y el número máximo de entregas tanto de los informes como de los modelos validados son los definidos en los Artículos Decimosegundo, Decimotercero y Decimocuarto del presente Acuerdo.

7

AMPLIACIÓN DE PLAZOS. Cuando un agente generador no pueda cumplir con los plazos de entrega de la información establecidos en el presente Acuerdo, deberá solicitar la ampliación del plazo a través de correo electrónico dirigido al Secretario Técnico del CNO, con una antelación mínima de 15 días a la fecha de vencimiento del plazo y deberá presentar la justificación correspondiente de tal situación ante el Subcomité de Controles, el cual dará el su concepto y en caso favorable se hará la actualización en el cronograma de seguimiento definido en el Artículo Segundo.

8

ACTUALIZACIONES DE LOS PARÁMETROS DEL GENERADOR DE PLANTAS INCLUIDAS EN EL DESPACHO CENTRAL. Los agentes deberán enviar al CND un informe con los parámetros validados del generador, en un tiempo no mayor a 90 días calendario después de que una unidad tenga una intervención que cambie algún parámetro físico o eléctrico del generador que se encuentra definido en el Artículo Décimo. En el mismo informe se deben enviar los resultados de pruebas de validación de los modelos de los controles definidos en el Artículo Decimosegundo.

9

ESTABILIDAD DE LOS CONTROLES DE GENERACIÓN Y LOS MODELOS VALIDADOS CORRESPONDIENTES. Los agentes generadores deberán verificar las condiciones de estabilidad de los controles de generación y los modelos validados correspondientes, 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 controles y los modelos correspondientes en condiciones de mínimo técnico, un valor intermedio y a la potencia nominal declarada.

Operación en red aislada:

Para las unidades hidráulicas debe verificarse también la estabilidad del generador en el modo de control por potencia/frecuencia, simulando su operación en red aislada, es decir, con los parámetros del regulador que operan en condición interconectada, 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.
10	**REAJUSTES DE REGULADORES DE VELOCIDAD PARA GARANTIZAR ESTABILIDAD EN SIMULACIÓN DE RED AISLADA.** Los agentes deben coordinar con el 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, para lo cual, los Agentes deberán informar al CND el valor de estos 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. Cuando el CND encuentre inconvenientes en los reajustes propuestos, informará los resultados al agente solicitante, para que este haga los cambios que sean requeridos. Todos los ajustes en campo de los reguladores de velocidad de unidades hidráulicas, incluyendo aquellos necesarios para cumplir con los requerimientos de estabilidad en red aislada, deben realizarse en coordinación con el CND. Una vez el CND reciba estos ajustes, el CND realizará estudios sistémicos para determinar el efecto en el control de frecuencia de los mismos. Cuando el CND encuentre inconvenientes en los reajustes propuestos, informará al agente para que realice los cambios 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 primariaSi se detecta que el ajuste de la unidad no responde adecuadamente a eventos de frecuencia, el agente deberá informar al CND los nuevos parámetros que permitan cumplir simultáneamente con la estabilidad en simulación en red aislada y la prestación del servicio de regulación primaria. • Cuando 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. Cuando 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 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 Sexto. • 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.
11	**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: • Resistencia de armadura (ra [p.u.]) • Reactancia sincrónica de eje directo (xd [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 (xq [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'd0 [s]) • Constante de tiempo transitoria de eje de cuadratura de circuito abierto (t'q0 [s]) • Constante de tiempo subtransitoria de eje directo y de circuito abierto (t''d0 [s]) • Constante de tiempo subtransitoria de eje de cuadratura y de circuito abierto (t''q0 [s]) • Reactancia de dispersión (xl [p.u.]) • Constante de inercia (H [s], con base en MVA y kV nominales del generador) • Amortiguamiento mecánico [p.u] • Curva tabulada de saturación en vacío del generador (Corriente de excitación Vs. Tensión Nominal en vacío ([p.u]) • Tipo de rotor (polos salientes, liso) • Valor de potencia máximo alcanzado históricamente durante eventos de baja frecuencia. Este valor debe ser utilizado para definir el valor máximo al que se limita la potencia generada en el modelo. Los parámetros referidos y las bases utilizadas para el cálculo en p.u. deberán ser reportados junto con los resultados y la enunciación de las pruebas y la metodología empleadas para la obtención de estos parámetros (S_{base} (MVA), V_{base} (kV), fp_n). La verificación de los parámetros del generador se hará en la herramienta de simulación dinámica del CND, por medio de las pruebas de los controles asociados.
12	**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 medios de almacenamiento digital 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) o en uno que pueda ser llevado a este. • 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.
13	**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. Cuando el agente no presente la información allí requerida, el CND le informará, en un plazo máximo de 30 días calendario 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. A partir de la primera entrega, se seguirán aplicando plazos de 30 días calendario para revisión y reporte de información faltante tanto para el agente como para el CND y el incumplimiento de estos plazos será reportado al CNO. Cuando se superen 5 entregas al mismo informe, la situación deberá ser socializada en el Subcomité de Controles. 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 mínimas que deben ser realizadas para verificar la validez de los modelos de los controles de generación. Lo anterior sin perjuicio de que puedan incluirse pruebas adicionales a las presentadas. Asimismo, para evaluar la calidad de los modelos entregados por el agente, el CND verificará que exista correspondencia entre los registros reales de las unidades y loas obtenidoas con el modelo validado, teniendo en cuenta los índices de evaluación que se definen para estas curvas en el Anexo 3 del presente Acuerdo. 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 de potencia nominal declarada, 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 (Vt), Voltaje en punto de control conjunto (Vpcc), voltaje de campo del generador (voltaje de campo de la excitatriz, Vf o la corriente de campo para las unidades sin escobillas, If) y potencia reactiva, Q. • **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 (U_{LIM}), (OEL, UEL, V/Hz, LPQ, MEL, SCL) y a la salida física de las funciones de compensación (RCC, CCC). 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 (P), apertura de agujas o de distribuidor, Y_A (unidades hidráulicas), apertura de válvulas, Y_A (unidades térmicas), y en caso de ser posible, para unidades hidráulicas presión en la tubería y para unidades térmicas la salida del control por temperatura (TCL).

• **Estabilizador del Sistema de Potencia (PSS)**: voltaje en terminales del generador, potencia activa y reactiva del generador, la salida de la lógica de activación y desactivación del PSS (LPSS), y en caso de ser posible la señal de salida física del estabilizador del sistema de potencia (U_{PSS}).

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 (incluyendo limitadores) y el Estabilizador del Sistema de Potencia, se requiere un mínimo de 100 muestras por segundo hasta que se logre la estabilización de la señal.

Adicionalmente, se deben validar los valores de estatismo y banda muerta de las unidades de generación utilizando los protocolos que se establecen en el Acuerdo 1285 de 2020, o aquel que lo modifique o sustituya.

14

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 en un plazo máximo de 60 días calendario contados a partir de la recepción del mismo. Esta revisión realizada en la herramienta de simulación dinámica utilizada por el CND incluirá la verificación de la estabilidad de los modelos. Cuando se presenten 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 del modelo y si es necesario, realizar las respectivas correcciones.

La revisión de los modelos de las conducciones y de los reguladores de velocidad de las unidades que tienen interacción hidráulica sólo será realizado una vez se tengan los modelos de los reguladores de velocidad de todas las unidades de la planta.

En caso de que el agente deba realizar correcciones al modelo, tendrá un plazo de 60 días calendario contados a partir de la fecha de la comunicación del CND, para presentar nuevamente el modelo validado y estable. A partir de la primera entrega, se seguirán aplicando plazos de 60 días calendario para revisión y entrega del modelo validado tanto para el Agente como para el CND y el incumplimiento de estos plazos será reportado al CNO. Cuando se superen 3 entregas del modelo validado, la situación deberá ser socializada en el Subcomité de Controles.

Adicional a la información reportada por el agente, el CND podrá verificar la validez de los modelos de generadores y controles utilizando registros diferentes a los utilizados en la etapa de levantamiento de modelos.

Cuando se presenten condiciones dinámicas del sistema que requieran reajuste de los parámetros de los controles de generación, el CND podrá solicitar pruebas de reajuste a los controles, y de requerirse la validación. Estos reajustes serán realizados en coordinación con el agente de conformidad con el Artículo Sexto del presente Acuerdo.

Una vez el CND de concepto favorable a la validez de los modelos, el agente tendrá un plazo de máximo 30 días calendario para enviar al CND la declaración de parámetros correspondiente.

15

RESUMEN DE PLAZOS PARA EL CND Y LOS AGENTES.

En la Tabla 1 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: Plantas existentes	Según cronograma	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND

TERCERO: 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
CUARTO [1] : Menores que opten por ser despachadas centralmente	9 meses después de su primera inclusión	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
QUINTO: Menores que sean incluidas en el despacho central	9 meses después de su segunda inclusión	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
SEXTO: Modernización de controles y cambio de parámetros	90 días calendario después de modificación del control	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
SEXTO: Cambio de parámetros	30 días calendario * 15 días calendario para notificar el valor	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
SEXTO: Desempeño inadecuado de modelos	6 meses después de notificación del CND de desempeño inadecuado (Caso en garantía). 31 de diciembre de 2022: Notificación del CND de desempeño inadecuado en plantas en transición. 31 de diciembre de 2022: Después de 8 meses de entrada en vigencia del Acuerdo no se obtienen modelos validados de plantas que están en proceso de validación a la fecha de entrada en vigencia del Acuerdo. Según cronograma: para todas las plantas, después de que se superan el proceso de garantía y transición.	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
SEXTO (Parágrafo 3): Transición	6 meses a partir de notificación del CND	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
OCTAVO: Actualización parámetros del generador	90 días calendario a partir de la actualización	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND

[1] Los Agentes de las plantas menores deben reportar al Subcomité de Controles cada 3 meses, los avances en el proceso de validación de los modelos validados de los controles asociados a las unidades de generación.

El CND tendrá siempre 30 días calendario para revisar los informes y notificar al agente y 60 días calendario para realizar la validación de los modelos y notificar al agente.

16

DEFINICIÓN DE TIPO DE ESTABILIZADORES DE SISTEMAS DE POTENCIA. Para unidades de generación con capacidad superior o igual a 100 MW el CND determinará el tipo más conveniente de estabilizadores de sistemas de potencia según las necesidades del Sistema 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 el cambio de estabilizadores de sistemas de potencia para unidades existentes o la implementación de un tipo específico para unidades nuevas.

En caso de que se determine la viabilidad técnica del cambio (unidades existentes) o implementación del tipo más conveniente (para unidades nuevas) de estabilizadores de sistemas de potencia 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 respecto al tipo de estabilizadores de sistemas de potencia, las partes deberán presentar la justificación técnica ante el Subcomité de Controles, el cual emitirá su concepto técnico, que será presentado posteriormente al Comité de Operación para su recomendación. De persistir las diferencias técnicas sobre el tipo de estabilizadores de sistemas de potencia entre el CND y el Agente generador, el tema será presentado al CNO para su definición.

17

SEGUIMIENTO A MODELOS. Se realizará el seguimiento a la calidad de los modelos para lo cual:

Se evaluará la calidad de los modelos de regulador de velocidad/potencia, regulador de tensión y PSS en las siguientes variables:

• Regulador de velocidad/potencia: Potencia activa.

• Regulador de tensión: Voltaje en terminales y potencia reactiva.

• PSS: Potencia activa, Voltaje en terminales y potencia reactiva.

Los registros requeridos para verificar el regulador de velocidad corresponden a la potencia activa y la frecuencia. Los registros requeridos para verificar el regulador de tensión y PSS corresponden a voltaje en terminales, potencia activa y potencia reactiva.

Se tomarán registros de perturbaciones de tensión y eventos de frecuencia, del semestre anterior con la mejor resolución disponible con un ancho de ventana tal que se tenga 1 segundo antes de iniciada la perturbación y 10 segundos después de que la frecuencia entre a la banda muerta (evento de frecuencia) o un minuto después de iniciado el evento (perturbación de tensión).

En caso de que la planta esté prestando el servicio de AGC se realizará la comparación siempre y cuando en el periodo de análisis no se hayan recibido consignas de AGC o que el generador no esté actuando por efecto de una consigna de AGC recibida anteriormente al periodo de análisis.

Asimismo, cuando se tenga un comando que modifique la potencia de referencia de la unidad bajo análisis, se realizará la comparación hasta el momento en el que se aplica el cambio de consigna.

Para realizar la comparación de las curvas se verificará que la señal simulada inicie en un valor tal que su diferencia respecto a la señal medida no supere el 10 % del error de medida de la señal real. En caso de que la señal medida sea oscilatoria o presente ruido, esta desviación será calculada respecto al promedio de la señal real. Se deberá reportar el procedimiento del cálculo de los errores de medición y registro indicando claramente la fuente de estos errores asociada a los equipos de medición correspondientes. Este reporte deberá realizarse a más tardar 30 días después de aprobado el presente Acuerdo y se actualizará cuando se produzcan modificaciones en los equipos de medición.

En caso de que la planta bajo revisión presente una oscilación asociada al comportamiento normal de esta para ajustarse a las variaciones continuas de la fuente primaria de generación, cuya magnitud no supere el error de medición, se tomará como valor de la señal real el valor medio de la oscilación. En este caso se deberá reportar la señal de referencia de potencia asociada.

• Perturbación de tensión: variaciones superiores al 2 % de la tensión en el punto de conexión.

• Evento de frecuencia: variaciones de la frecuencia por fuera del rango de 59.8 Hz a 60.2 Hz.

En caso de que el CND requiera registros que estén disponibles para hacer este seguimiento, el Agente deberá enviárselos, a más tardar 8 días calendario después de la solicitud del CND considerando la mejor resolución disponible a través de los medios que el CND disponga para este intercambio de información. El CND tendrá 2 días después de pasado el evento para hacer la solicitud correspondiente. Para todos los registros se calcularán los índices de coherencia EAMN, CCL y EC definidos en el Anexo 3 del presente Acuerdo. Se considerará que el seguimiento es exitoso si se cumple al menos con una de las siguientes condiciones:

- EC cumple con los umbrales definidos en la Tabla A3.5 del Anexo 3 del presente Acuerdo.

- Error absoluto máximo obtenido al comparar las señales simulada y real en toda la ventana de tiempo de análisis, es menor o igual al error de medición siempre y cuando el índice CCL definido en el Anexo 3 sea mayor a 0.45.

• En caso de que se tengan menos de 15 registros por control en el semestre de análisis, se acumularán los mismos con los periodos de análisis posteriores.

• En caso de que se superen los umbrales definidos en al menos uno de los índices en 5 casos o mas que tengan el mismo patrón (Ver Figura 3) , se enviará al agente un informe con el resultado del seguimiento para que este lo analice e informe al CND a más tardar 8 días hábiles después si identifica alguna causa para esta condición. En caso de no encontrarse una justificación, el agente y el CND revisarán conjuntamente el tema en un plazo no superior a 5 días hábiles a partir de la respuesta del agente.

A continuación se presenta la definición de los patrones definidos para el proceso de seguimiento a la calidad de los modelos:

Figura 3. Patrones definidos para el seguimiento a modelos.

• A partir de la reunión de revisión se definirá si la respuesta inadecuada del modelo puede ser resuelta a través de un reajuste de parámetros o si se requiere actualizar el modelo de control. Para el primer caso, el CND en conjunto con el agente realizarán un ajuste del modelo sin la obligatoriedad de realizar pruebas adicionales. Luego del ajuste del modelo se continuará con el proceso de seguimiento como si hubiese sido actualizado el modelo. En caso de que se realice en dos ocasiones consecutivas el ajuste de los parámetros del modelo y no se logre el cumplimiento de indicadores asociados a un mismo patrón, será necesario realizar una actualización del modelo teniendo en cuenta los plazos definidos en el numeral sexto SEXTO del presente Acuerdo para el caso de Desempeño inadecuado de modelos.
• En el caso de requerirse actualización del modelo, el agente deberá enviar al CND el modelo validado cumpliendo con los plazos establecidos en el numeral sexto SEXTO del presente Acuerdo definidos en el caso Desempeño inadecuado de modelos.

18	El presente Acuerdo rige a partir de la fecha y sustituye el Acuerdo 1177 de 2019.

Presidente - Diego González

Secretario Técnico - Alberto Olarte Aguirre

ANEXO(S)

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.