



Acuerdo 1501 Por el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros y modelos de los dispositivos FACTS distribuidos

**Acuerdo Número:**

1501

**Fecha de expedición:**

2 Diciembre, 2021

**Fecha de entrada en vigencia:**

2 Diciembre, 2021

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. 655 del 2 de diciembre de 2021 y,

CONSIDERANDO

- 1 Que el Anexo CO-2 de la Resolución CREG 025 de 1995 no define completa y detalladamente la información requerida para el planeamiento eléctrico de la operación asociada a los dispositivos FACTS.
- 2 Que se desarrolló un plan piloto en el que se verificó el desempeño de estos equipos para el alivio de restricciones del sistema eléctrico colombiano.
- 3 Que en el Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2020-2034, la UPME incluyó como obras; la instalación de dispositivos FACTS distribuidos serie tipo SSSC en las áreas Bolívar, Atlántico y GCM.
- 4 Que el Subcomité Controles y el Subcomité de Análisis y Planeamiento Eléctrico en las reuniones 233 y 333 del 16 y 18 de noviembre de 2021 respectivamente, recomendaron al Comité de Operación la expedición del presente Acuerdo.
- 5 Que el Comité de Operación en su reunión 337 del 30 de noviembre de 2021 recomendó al CNO la expedición del presente Acuerdo.
- 6 Que el Comité de Transmisión en la reunión extraordinaria 213 del 1 de diciembre de 2021 recomendó la expedición del presente Acuerdo.

ACUERDA:

- 1 **DEFINICIONES.** Para el correcto entendimiento de este Acuerdo, se define:  
FACTS distribuidos (DFACTS): Es un SSSC modular (del inglés: Static Series Synchronous Compensator)  
SAT: Pruebas de aceptación en sitio o comisionamiento, por sus siglas en inglés.  
FAT: Pruebas de aceptación en fábrica, por sus siglas en inglés.  
Hardware in the loop: Verificación de las tarjetas de control en el simulador en tiempo real
- 2 **PLAZO PARA LA ENTREGA DE MODELOS VALIDADOS DE NUEVOS PROYECTOS DE FACTS DISTRIBUIDOS.** Los agentes propietarios de dispositivos FACTS distribuidos que entren en operación comercial en fecha posterior a la entrada en vigencia de este Acuerdo, deberán declarar ante el CND el modelo validado del dispositivo correspondiente y todos los modelos de control asociados definidos para cumplir con la función que les fue asignada, en un plazo no mayor a 90 días calendario después de su entrada en operación comercial, siguiendo lo especificado en el Anexo 1, sin perjuicio de la información que debe ser suministrada para entrar a la operación comercial de acuerdo con la regulación vigente.  
Se recomienda que la validación de los parámetros de los FACTS distribuidos y todos los modelos de

control, sea realizada en la herramienta de simulación de sistemas eléctricos de potencia utilizada por el CND, sin embargo, dicha validación puede presentarse en otras herramientas de simulación dinámica aprobadas por el CNO. En este último caso se deben entregar los diagramas de bloques del sistema de control en el dominio de Laplace con los valores de los parámetros asociados.

3

**AMPLIACIÓN DE PLAZOS.** Cuando un agente no pueda cumplir con los plazos de entrega de la información establecidos en este Acuerdo, deberá solicitar ampliación del plazo con una antelación mínima de 15 días calendario a la fecha de vencimiento del mismo y presentar la justificación correspondiente de tal situación al Subcomité de Controles, el cual llevará el control de las fechas de presentación de los resultados en un cronograma.

4

**ACTUALIZACIÓN DE PARÁMETROS Y MODELOS DE FACTS DISTRIBUIDOS.** Ante cualquier cambio en los parámetros de estos dispositivos, que afecte el funcionamiento eléctrico, los agentes deberán informarlo al CND siguiendo lo establecido en la regulación vigente.

- En caso de que se produzcan modificaciones en los Datos Técnicos o en los Parámetros Técnicos definidos en el Acuerdo CNO 1429 de 2021 o en el que lo modifique o lo sustituya, el agente debe reportar al CND a más tardar 5 días hábiles después de realizado el cambio, el nuevo valor de los parámetros anexando sustentación técnica para la modificación correspondiente. En este caso se acordará entre los Agentes y el CND, las pruebas de validación necesarias dependiendo de los parámetros modificados.
- En caso de que se presente un cambio en la función o estructura de control, se debe validar el modelo correspondiente siguiendo el procedimiento establecido en el presente Acuerdo y se debe enviar este modelo al CND a más tardar 30 días calendario después de estar operativos los cambios reportados.

5

**SUBSISTEMAS A VALIDAR.** El agente propietario de los FACTS distribuidos debe entregar al CND como mínimo la estructura y los parámetros de los modelos que reproduzcan adecuadamente los resultados esperados para flujos de carga en condiciones operativas normales y a máxima capacidad, así como la respuesta dinámica en simulaciones RMS de los siguientes subsistemas para todos los modos de operación de los FACTS distribuidos:

- Todos los modos de control disponibles y requeridos para el cumplimiento de la función para la que se implementa el dispositivo. En este caso se deben incluir las variables medidas y las variables controladas conectadas tal como es la operación real del dispositivo.
  - Incluir la curva de capacidad V-I.
  - Limitadores de corriente y tensión.
  - Lógicas de protección relacionadas con el control (por ejemplo, lógicas subtensión y sobretensión serie), con sus respectivas temporizaciones.
- Todos los subsistemas deben tener modeladas todas las no linealidades que apliquen (por ejemplo: bandas muertas, límites, histéresis).
- El CND comparará los resultados de las simulaciones con los resultados de las pruebas y aplicará los índices de evaluación del Anexo 2 del presente Acuerdo, con el fin de verificar la validez del modelo de los FACTS distribuidos.
- El Anexo 3 define el tipo de pruebas que deben ser realizadas como mínimo para validar los modelos de los subsistemas referenciados en este artículo.
- Adicionalmente, el agente debe solicitar al fabricante que en el registrador de eventos del dispositivo FACTS estén disponibles al menos las señales que se mencionan en el Anexo 2 del presente Acuerdo.

6

**ENTREGA DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE FACTS DISTRIBUIDOS.** El agente mediante comunicación oficial debe enviar al CND la siguiente información, cumpliendo con los plazos resumidos en el artículo DÉCIMO del presente Acuerdo:

- Informe de resultados donde se describan los datos y parámetros técnicos, la metodología utilizada para la obtención de los parámetros, las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en el proceso de validación de los modelos de los subsistemas de los FACTS distribuidos definidos en el presente Acuerdo.
- Datos necesarios para reproducir los registros de pruebas y las simulaciones en formato de texto (.txt).

7

**REVISIÓN DEL INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE LOS FACTS DISTRIBUIDOS.** 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 dicha situación, para que éste en un plazo no mayor a 30 días calendario, contados a partir de recibida la comunicación, envíe al CND el informe incluyendo los datos faltantes. Si para la tercera entrega del informe persiste la omisión de envío de información, esta situación será reportada al CNO.

Para cumplir con los requerimientos de los modelos validados, el agente debe realizar pruebas de validación en fábrica (FAT) y en campo (SAT), en las que se pueda contrastar la respuesta del sistema real con la simulada. Las pruebas que se realicen deben considerar perturbaciones en las que se exciten las dinámicas lineales y no lineales de los sistemas modelados. En el Anexo 3 del presente Acuerdo, se

presenta la guía de pruebas mínimas que deben ser realizadas para verificar la validez de los modelos. Una vez el CND reciba oficialmente el informe de resultados por parte del agente, el CND debe verificar la coherencia de la respuesta con base en los índices de comparación establecidos en el Anexo 2 del presente Acuerdo. Esta verificación debe hacerse sobre al menos las siguientes variables:

- Modo de Operación (Inyección de tensión):

Variables que aplican: tensión de referencia, tensión inyectada por el equipo (señal de salida del equipo), corriente a través del dispositivo

- Modo de Operación (Inyección de reactancia):

Variables que aplican: reactancia de referencia, tensión inyectada por el equipo(señal de salida del equipo), corriente a través del dispositivo

- Curva V-I

- Limitadores, lógicas de protección relacionadas con el control: Para evaluar validez de modelos de limitadores y de las lógicas de protección relacionadas con el control se debe incluir aquellas limitaciones y protecciones con las que cuente el dispositivo y que permitan evaluar su respuesta en estudios RMS (por ejemplo limitación por tensión máxima que puede inyectar el dispositivo, limitación por máxima corriente ajustada en el equipo y protección de sobrecorriente trifásica), se debe verificar las salidas de los limitadores o de las lógicas correspondientes (si se dispone de estas) y la señal que están controlando los FACTS.

Para las pruebas a estos subsistemas se requiere un mínimo de 100 muestras por segundo hasta que se logre la estabilización de las señales.

8

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS MODELOS VALIDADOS.** Una vez el CND reciba el informe completo, revisará los modelos validados de subsistemas de los FACTS a los que hace referencia el presente Acuerdo. Esta revisión será realizada por el CND en su herramienta de simulación, e incluirá la verificación de la estabilidad de los modelos. En caso de presentarse diferencias entre la respuesta del modelo suministrado y los registros de pruebas de campo, teniendo en cuenta los requerimientos considerados en el Anexo 2 del presente Acuerdo, el CND informará tal situación al agente para que se inicie la revisión conjunta del modelo y, si es necesario, realizar las respectivas correcciones. Asimismo, en caso de que a partir de la validación de los modelos el CND identifique alguna inestabilidad en el sistema de control del FACTS, el agente deberá realizar el ajuste correspondiente en el control para garantizar su estabilidad y actualizar el modelo para que cumpla con lo establecido en el presente Acuerdo.

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.

Cuando se requiera el reajuste de los parámetros, el CND y los agentes involucrados deberán revisar y analizar los cambios y la justificación técnica correspondiente. Para la implementación de los cambios, se tendrá en cuenta las posibilidades de configuración del sistema de control (límites configurables y pasos en: ganancias, constantes de tiempo, pendientes, etc.). El agente realizará la actualización de los parámetros siguiendo lo estipulado en el artículo CUARTO y la responsabilidad de dichos ajustes se detallan en el artículo NOVENO del presente Acuerdo.

9

**RESPONSABILIDAD POR EL AJUSTE DE PARÁMETROS DE LOS SUBSISTEMAS QUE CONFORMAN LOS FACTS DISTRIBUIDOS EXISTENTES Y FUTUROS.** Los parámetros ajustables de los subsistemas de los FACTS que se describen en el artículo QUINTO del presente Acuerdo serán revisados conjuntamente por el CND y el agente, con el fin de determinar el ajuste que más convenga a la operación segura del equipo y del SIN. En todo caso, es el agente el responsable de verificar que los ajustes definidos garanticen una operación segura para la integridad física del equipo y es el CND el responsable de verificar que los ajustes definidos garanticen una operación segura del SIN.

10

**RESUMEN DE PLAZOS PARA LOS AGENTES.** En la siguiente Tabla se resumen los plazos establecidos para los agentes, asociados al cumplimiento del presente Acuerdo, respecto a la entrega de informes con los modelos validados.

CASO	Entrega de informes de resultados de las pruebas de validación de los FACTS para verificación del CND	Plazos para realizar correcciones del informe	Plazos para realizar correcciones de los modelos y entregar informe definitivo
Nuevos Proyectos	90 días calendario después de su entrada en operación comercial	30 días calendario	60 días calendario después de la notificación del CND
			60 días calendario

Actualización de modelos	de	30 días después de modificación del control	de	30 días calendario	después de la notificación del CND
--------------------------	----	---	----	--------------------	------------------------------------

11

**RESUMEN DE PLAZOS PARA EL CND.** En la siguiente Tabla se resumen los plazos establecidos para los agentes, asociados al cumplimiento del presente Acuerdo, respecto a la entrega de informes con los modelos validados.

CASO	Revisión del Informe de resultados y notificación al agente	Validación de los modelos y notificación
Proyectos Nuevos y Actualización de modelos	30 días calendario después del envío por parte del Agente	60 días calendario

12

**TRANSICIÓN.** Para aquellos proyectos de FACTS distribuidos que tengan fecha prevista de operación hasta el 31 de diciembre de 2022, de acuerdo con el Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2020-2034 y/o los planes de expansión aprobados a los operadores de red a la entrada en vigencia del presente Acuerdo, no aplicará lo definido en el Acuerdo en lo que respecta a pruebas mínimas, señales en las que se realiza la validación de los modelos, índices de coherencia con los correspondientes umbrales, tiempo de muestreo, por lo cual, únicamente aplicará el siguiente procedimiento:

Realizar un escalón ascendente y otro descendente al menos en el modo de operación establecido para el equipo y considerando como punto de partida el valor mínimo, un valor intermedio y el máximo que el sistema permita para la variable controlada teniendo en cuenta las condiciones operativas del sistema. Los escalones que se realicen deben ser de una magnitud tal que estén dentro del rango normal de operación del dispositivo y su valor sea superior al error de medición de la variable controlada. En ningún caso, el tamaño del escalón debe poner en riesgo la operación del sistema

Para cada uno de los escalones se calculará el error de valor final, este deberá cumplir con alguno de los siguientes criterios:

- EVF es menor o igual al 10%.
- Error absoluto máximo obtenido al comparar las señales simulada y real es menor o igual al error de medición.

El agente deberá enviar un informe con los escalones realizados, máximo 60 días calendario después de la entrada en operación del equipo, indicando la fecha y hora en la cual se realizaron cada uno de los escalones y anexando los registros de las siguientes variables con la mejor resolución disponible: corriente a través del dispositivo, tensiones en las barras en las que se encuentran conectadas las líneas que incluyen los dispositivos FACTS distribuidos, tensión inyectada por el dispositivo y la reactancia efectiva que inyectan estos dispositivos.

El agente debe enviar las curvas comparativas de las señales indicadas considerando los registros y los resultados obtenidos a través de simulaciones en la base de datos del sistema eléctrico colombiano.

El CND verificará que para todas las pruebas realizadas se cumpla con los criterios de calidad definidos e informará al agente en un plazo máximo de 30 días calendario el resultado de la revisión. En caso de que se requiera un ajuste por parte del agente a la información reportada, este tendrá 30 días calendarios adicionales para su envío al CND.

Parágrafo: En caso de que los dispositivos FACTS distribuidos asociados a los proyectos que están en el alcance de la etapa de transición se reubiquen como parte de las recomendaciones de la expansión, el proceso de validación de modelos a aplicar seguirá siendo el establecido en este numeral. Será responsabilidad del agente transportador informar al CND con al menos una anticipación de 30 días calendario previo al traslado, en qué circuitos se reubicarán los equipos a que hace referencia este numeral.

13

**SEGUIMIENTO A DESEMPEÑO DE MODELOS.** El CND realizará seguimiento semestral al modelo de los DFACTS con los registros disponibles.

14

El presente Acuerdo rige a partir de la fecha de su expedición.

