

Capítulo 2. ANEXO A.

PRUEBAS QUE DEBEN REALIZAR LOS SAEB ANTES DE SU ENTRADA EN OPERACIÓN

A continuación, se definen los protocolos de las pruebas que deben realizar los SAEB antes de su entrada en operación comercial.

PROTOCOLO 1. VERIFICACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE ACTIVACIÓN DEL SAEB POR OPERACIÓN PARA ALIVIO DE RESTRICCIONES.

1. OBJETO

Definir el procedimiento de las pruebas requeridas para verificar la correcta actuación del SAEB ante la activación de un esquema para alivio de restricciones.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a los SAEB definidos para prestar la función de alivio de restricciones sistémicas según lo establecido en la Resolución CREG 098 del 2019.

3. PROCEDIMIENTO

Teniendo identificada la variable que debe activar la función y el umbral establecido para la misma que dependerá del punto de conexión y de la solución correspondiente, se debe realizar el siguiente procedimiento para verificar el funcionamiento del esquema de control asociado:

3.1. Evaluación de la respuesta del SAEB (RESTRICCIONES OPERATIVAS).

En este paso se debe verificar si el SAEB recibe consignas de potencia activa que se gestionen en un lapso no superior a 3 segundos. Para esto se deben realizar las siguientes verificaciones:

- Partiendo del estado de flotación del SAEB, se debe enviar desde el CND una consigna en forma de escalón de la potencia de referencia al SAEB correspondiente al 100 % de su capacidad (El valor del escalón podrá ser modificado por el CND en función de las condiciones de seguridad del sistema). Se debe verificar que el SAEB alcance el valor definido en un tiempo de establecimiento no superior a 3 segundos a partir del envío de la consigna del CND. Luego de esto se debe enviar una consigna de bajada desde el CND para verificar si el SAEB reduce la potencia tal como lo define la consigna enviada por el CND. Para esta acción se requiere que se reciban la señal desde el SAEB del estado de carga de este. Se debe verificar que el tiempo de retardo máximo entre la señal enviada y el valor obtenido en el SAEB sea de 2 segundos.
- Partiendo del estado de flotación del SAEB, se debe realizar a nivel local un escalón en la potencia de referencia del SAEB correspondiente al 100 % de su capacidad (El valor del escalón podrá ser modificado por el CND en función de las condiciones de seguridad del sistema). Se debe graficar el escalón inyectado en la misma ventana de tiempo de la potencia de salida del SAEB. Se debe verificar que el SAEB alcanza el valor de consigna en un tiempo de establecimiento no superior a 1

segundo. Los registros deben reportarse de forma que incluyan un segundo ante de la consigna y cuando se alcance el tiempo de establecimiento de la Potencia de salida del SAEB.

3.2. Evaluación de la respuesta del conjunto: control + SAEB.

En este paso se debe verificar el desempeño de la operación del esquema de control dispuesto para aliviar la restricción. Para esto se debe realizar la siguiente verificación:

Se deben inyectar señales en la(s) entrada(s) del control a través de la cuales se lleva a cabo la activación/desactivación del esquema de control, para verificar la correcta actuación de este: al menos una que no active el esquema de control y otra que lo active en el mínimo valor de funcionamiento de este. En todos los casos se debe registrar en una misma ventana de tiempo las señales que definen la actuación del esquema, el estado de carga del SAEB, la señal de salida del control al SAEB y la potencia de salida del SAEB. Los registros deben reportarse de forma que incluyan un segundo antes del cambio en la señal de entrada al control y cuando se alcance el tiempo de establecimiento de la potencia de salida del SAEB.

En esta prueba se debe verificar que:

Para el primer caso el SAEB permanezca en la consigna operativa que tenía antes de la inyección de la señal.

Para el segundo caso se alcanza el valor de consigna definido por la señal de entrada $\pm$ error de medición, en un tiempo de establecimiento no superior a 3 segundos, y que el valor de consigna definido por el control sea el requerido según el umbral de activación considerado.

PROTOCOLO 2. VERIFICACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE LAS RAMPAS OPERATIVAS DE LOS SAEB CONECTADOS AL SIN (RESTRICCIONES ELÉCTRICAS).

1. OBJETO

Documentar el procedimiento general para la verificación de las rampas operativas de los SAEB conectados al SIN.

2. ALCANCE

Este procedimiento deberá ser realizado en todos los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

3.1 Realizar dos escalones en la consigna operativa de potencia activa, uno ascendente y otro descendente considerando los tamaños de escalón definidos en la Tabla A1, de la capacidad nominal (Cn) del SAEB tanto para subir como para bajar teniendo en cuenta cada uno de los siguientes ajustes de rampa en una condición de flotación: Mínimo valor de rampa, un valor intermedio entre el mínimo valor de rampa y el 14% Cn/min considerando la granularidad del ajuste, el 14 % Cn/min, y el máximo valor que alcance si este es superior al 14 % Cn/min.

Capacidad máxima disponible (MW)	Tamaño del escalón
Hasta 20 MW	50 % del tamaño del rango
Mayor a 20 MW y hasta 50 MW	40 % del tamaño del rango
Mayor a 50 MW y hasta 100 MW	20 % del tamaño del rango
Mayor a 100 MW y hasta 200 MW	10 % del tamaño del rango
Mayor a 200 MW	3 % del tamaño del rango

Tabla A1. Tamaño de la rampa según rango de generación.

3.2 Registrar la potencia activa en cada caso con una resolución no inferior a 1 muestra por segundo.

3.3 Para cada caso (al menos 5 rampas de subida y 5 de bajada), se debe calcular el valor de rampa medido y diligenciar el Anexo A1. Para que la prueba sea considerada exitosa se debe asegurar que el valor del coeficiente de variación de estas rampas sea inferior al 15% y que el promedio de los datos tomados difiera del valor de rampa ajustado en menos del 2%, utilizando para su cálculo la Ecuación 1.

3.4 Se debe reportar la siguiente información:

- Rango de rampas en que puede operar la unidad de generación.
- Fecha y hora de las pruebas realizadas.
- Registros de potencia, potencia/frecuencia de referencia y frecuencia en formato txt y en formato gráfico, obtenidos durante las pruebas en los valores de rampa verificados y el valor del parámetro o parámetros ajustados para lograr la rampa requerida.
- Cálculo de las rampas, cálculo del coeficiente de variación y del error final.

PROTOCOLO 3. VERIFICACIÓN DE LA CARGA/DESCARGA DEL SAEB.

1. OBJETO

Verificar la característica de carga y descarga de los SAEB conectados al SIN.

2. ALCANCE

El siguiente procedimiento especifica los pasos a seguir para verificar la característica de carga y descarga de los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

Para la prueba de carga se debe partir del estado de carga mínimo del SAEB y una potencia activa igual a cero. En este estado, se debe enviar una consigna igual a la máxima potencia activa de absorción del SAEB, la cual se debe mantener hasta que el SAEB llegue a su máximo estado de carga teniendo en cuenta el perfil de carga del SAEB. El tiempo de carga del SAEB que se debe declarar es igual al tiempo que tarda el SAEB en llegar a su máximo estado de carga. En caso de que no sea posible por restricciones del sistema llevar el SAEB a su máxima potencia en carga, el CND definirá el valor de consigna de la potencia activa. En este último caso el tiempo de carga deberá extrapolarse según la potencia alcanzada. Como resultado de esta prueba se debe enviar la consigna de potencia activa Vs tiempo, la potencia activa del SAEB en el punto de conexión vs tiempo y el estado de carga vs tiempo.

Para la prueba de descarga se debe partir del estado de carga máximo del SAEB y una potencia activa igual a cero. En este estado, se debe enviar una consigna igual a la máxima potencia activa de entrega del SAEB, la cual se debe mantener hasta que el SAEB llegue a su mínimo estado de carga teniendo en cuenta el perfil de descarga del SAEB. El tiempo de descarga del SAEB que se debe declarar es igual al tiempo que tarda el SAEB en llegar a su mínimo estado de carga. En caso de que no sea posible por restricciones del sistema llevar el SAEB a su máxima potencia en descarga, el CND definirá el valor de consigna de la potencia. Como resultado de esta prueba se debe enviar la consigna de potencia activa Vs tiempo, la potencia activa del SAEB en el punto de conexión vs tiempo y el estado de carga vs tiempo.

PROTOCOLO 4. VERIFICACIÓN DE RECEPCIÓN DE CONSIGNAS TIPO LOCAL Y REMOTO ASOCIADAS AL CONTROL DE TENSIÓN DE LOS SAEB.

1. OBJETO

Evaluar la capacidad de los SAEB para recibir consignas de tipo local y remota.

2. ALCANCE

El siguiente procedimiento especifica los pasos a seguir para verificar la adecuada recepción de consignas tanto de forma local y remota de control de tensión, potencia reactiva y factor de potencia de los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

Se debe enviar una consigna tal que se evite activar los márgenes de potencia reactiva disponibles en el SAEB. En caso de que por las condiciones del nodo de conexión no se logre alcanzar la consigna dada, se debe demostrar que el SAEB realiza el control máximo posible en el punto de conexión alcanzando el valor máximo de potencia reactiva según su curva de carga.

Se debe tener habilitada la función de aporte rápido de reactivos y verificar que la misma no se active. Esta verificación se debe realizar mediante la evaluación de la respuesta en el tiempo de la potencia activa y la velocidad de aporte de potencia reactiva del SAEB.

Pruebas considerando consignas de tipo local: Este procedimiento aplica para la verificación de consignas de tipo local para las siguientes variables: potencia reactiva, factor de potencia y tensión, considerando respectivamente la operación del SAEB en modo control de potencia reactiva, factor de potencia y tensión.

Para esta verificación se debe coordinar con el CND el valor de la consigna. En el momento de la prueba se deberá coordinar con la sala de control del CND la posibilidad de iniciar estas pruebas. Se deben realizar dos cambios de consigna de las variables (potencia reactiva, factor de potencia y tensión), una ascendente y otra descendente. Se debe registrar en cada caso el valor de consigna, y los registros de factor de potencia, potencia reactiva, tensión y potencia activa, todos vs. el tiempo, en el punto de conexión. La evaluación del cumplimiento del requisito de cambio de consignas de forma local se realizará verificando que el SAEB alcance los valores de consigna definidos. La consigna implementada, deberá ser tal que:

- El cambio en la tensión no exceda el $\pm 2\%$ del valor inicial.
- El cambio en la potencia reactiva no exceda el $\pm 10\%$ del valor inicial.
- El cambio en el factor de potencia no exceda el $\pm 2\%$ del valor inicial.

Se deben consignar los resultados de las pruebas en los formatos que se encuentran en el Anexo A2 del presente documento.

Pruebas considerando consignas de tipo remoto: Este procedimiento aplica para la verificación de consignas de tipo remoto para las siguientes variables: potencia reactiva, factor de potencia y tensión, considerando respectivamente la operación del SAEB en modo control de potencia reactiva, factor de potencia y tensión.

El propósito de este protocolo es verificar que el SAEB recibe y ejecuta las consignas que aplican a control en forma remota. Para esta verificación el CND enviará una consigna de forma remota ascendente y otra descendente para cada una de las variables (potencia reactiva, factor de potencia y tensión). Se debe registrar en cada caso el valor de consigna indicado por el CND, y los registros de factor de potencia, potencia reactiva, tensión y potencia activa, todos vs. el tiempo, en el punto de conexión. La evaluación del cumplimiento del requisito de cambio de consignas de forma remota se realizará verificando que el SAEB alcance los valores de consigna definidos por el CND.

Las consignas enviadas desde el CND, deberán ser tales que:

- El cambio en la tensión no exceda el $\pm 2\%$ del valor inicial.
- El cambio en la potencia reactiva no exceda el $\pm 10\%$ del valor inicial.
- El cambio en el factor de potencia no exceda el $\pm 2\%$ del valor inicial.

Se deben consignar los resultados de las pruebas en los formatos que se encuentran en el Anexo A2 del presente documento.

Las pruebas de verificación de consignas se consideran exitosas si se verifica que se reciben y ejecutan de forma local y remota las consignas de: tensión, potencia reactiva y factor de potencia en los modos de control correspondientes. En caso de que no se alcance el valor de la consigna, se debe calcular el error de medición asociado a PTs y CTs y al tipo de registrador y reportar la fuente bibliográfica que define el cálculo del error de los equipos de medición correspondientes.

PROTOCOLO 5. VERIFICACIÓN DE MODOS DE CONTROL DEL REGULADOR DE TENSIÓN.

1. OBJETO

Verificar el cumplimiento de los requerimientos de los modos de control del regulador de tensión que corresponden a: tensión, potencia reactiva y factor de potencia de los SAEB conectados al SIN.

2. ALCANCE

El siguiente procedimiento especifica los pasos a seguir para verificar el adecuado desempeño de los modos de control del regulador de tensión de los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

Se deben realizar pruebas tipo escalón con los SAEB en las siguientes condiciones operativas: P_{min} , 50 % y 90 % de la capacidad nominal en cada uno de los modos de control. La magnitud y número de escalones para cada modo de control se muestra en la Tabla A2. Durante las pruebas se debe garantizar que no se superan los márgenes de potencia reactiva disponibles en el SAEB. Se debe tener habilitada la función de aporte

rápido de reactivos. Se deben tomar los siguientes registros con una resolución mínima de 100 muestras por segundo: Consigna, tensión, potencia activa y potencia reactiva del SAEB en el punto de conexión.

Utilizando los registros obtenidos, para cada una de las pruebas realizadas se debe verificar en el registro de potencia reactiva medido en el punto de conexión que el SAEB no tenga un comportamiento oscilatorio sostenido (debido a su operación) y que tenga un tiempo de respuesta inicial menor a 2 segundos y un tiempo de establecimiento menor a 10 segundos. Este tiempo se cuenta a partir del envío de la consigna correspondiente. Se debe identificar que para cada escalón enviado se obtiene un control continuo.

Modo de control	Número de escalones	Magnitud del escalón
Control de tensión sin estatismo	Un escalón ascendente a Pmin del SAEB y un escalón descendente al 90 % de la capacidad nominal del SAEB.	$\pm 2\%$ en la tensión (Ejemplo: 0.9 – 0.92 p.u)
Control de tensión con estatismo	Un escalón ascendente a Pmin del SAEB y un escalón descendente al 90 % de la capacidad nominal del SAEB. Se debe reportar un documento del fabricante que especifique el rango en el que se puede configurar el estatismo. En caso de que el documento no esté disponible se debe realizar adicionalmente la prueba en el mínimo y el máximo valor configurable del estatismo. En las pruebas se debe verificar que se obtiene la respuesta esperada según el estatismo definido para ello se debe calcular la relación entre la potencia reactiva y la tensión.	$\pm 2\%$ en la tensión (Ejemplo: 0.9 – 0.92 p.u)
Control de potencia reactiva	Un escalón ascendente a Pmin SAEB y un escalón descendente al 90 % de la capacidad nominal del SAEB en la región inductiva y a Pmin del SAEB y un escalón descendente al 90 % de la capacidad nominal del SAEB en la región capacitiva.	$\pm 2\%$ en la potencia reactiva
Control de factor de potencia	Un escalón ascendente a Pmin del SAEB y un escalón descendente al 90 % de la capacidad nominal del SAEB en la región inductiva y un	$\pm 2\%$ en el factor de potencia

	escalón ascendente a $P_{min}\%$ y un escalón descendente al 90 % de la capacidad nominal del SAEB en la región capacitiva.	(Ejemplo fp: 0.9 – 0.95)
--	---	--------------------------

Tabla A2. Características de las pruebas de escalón

Se deben consignar los resultados de las pruebas en los formatos que se encuentran en el Anexo A3 del presente documento.

PROTOCOLO 6. VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE CARGA DE LOS SAEB.

1. OBJETO

Verificar el cumplimiento de los requerimientos asociados a la curva de carga de los SAEB conectados al SIN.

2. ALCANCE

El siguiente procedimiento especifica los pasos a seguir para verificar la curva de carga de los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

A continuación se encuentra el procedimiento que se debe seguir desde el momento en que el agente declara al CND la intención de realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad, hasta que se presenta al Subcomité de Controles la solicitud de declaración/modificación de los parámetros con el concepto favorable del CND, para concepto técnico de la expedición del Acuerdo correspondiente.

- 3.1. **CURVA DE REFERENCIA:** Los SAEB conectados al SIN deben cumplir como mínimo en el punto de conexión con la curva de capacidad definida en el Numeral 3 del Documento de Requisitos técnicos de los SAEB.
- 3.2. **DEFINICIÓN DE PUNTOS A PROBAR:** Con base en la curva de carga declarada por el agente que debe cumplir con los requerimientos de curva de referencia definidos en el Numeral 3 del *Documento de requisitos técnicos de los SAEB*, los Agentes y el CND acordarán los puntos operativos en el plano P – Q de los SAEB que serán sometidos a prueba. Como mínimo se deberán verificar dos (2) puntos en la zona de subexcitación y dos (2) puntos en la zona de sobreexcitación para las potencias correspondientes al mínimo técnico, un valor intermedio y la potencia nominal del SAEB. Con base en las condiciones del Sistema y características de la curva de carga, pueden considerarse más de dos puntos de prueba en cada región para mejorar la precisión de la curva a declarar.

3.3. CUMPLIMIENTO DE LA PRUEBA DE VERIFICACIÓN DE CURVA DE CARGA:

Se entenderá que las pruebas de verificación de la curva de capacidad son exitosas, si se alcanzan los puntos definidos en el presente documento, o mínimamente los puntos definidos por la curva de referencia en el punto de conexión, y se sostienen los valores de potencia reactiva en cada punto de prueba en los tiempos de duración y con las tolerancias que se definen en el presente documento.

Durante pruebas en campo se debe verificar la potencia reactiva asociada al mínimo técnico, a un valor intermedio y a la capacidad nominal del SAEB tanto para la región de subexcitación como de sobreexcitación.

Si la prueba no se puede llevar a cabo por las condiciones del SIN en la fecha programada, ésta deberá ser reprogramada de común acuerdo entre el CND y el agente, una vez se restablezcan las condiciones operativas propicias para la prueba.

3.4. REPORTE DE CURVA DE CAPACIDAD EN EL PUNTO DE CONEXIÓN PARA LOS SAEB: Los agentes representantes de los SAEB que se conectarán al STN y STR deben reportar al CND la curva PQ dentro del rango normal de operación según lo previsto en la regulación vigente.

Asimismo el agente debe suministrar la función matemática o una familia de curvas con un paso de tensión de 0.01 p.u desde una tensión en el punto de conexión de 0.9 p.u a 1.1 p.u, que permita calcular la potencia reactiva de acuerdo con la tensión que se tenga en el punto de conexión.

3.5. AUDITORÍA DE LAS PRUEBAS: Las funciones del auditor de las pruebas para verificar la curva de carga de los SAEB son:

- Verificar conjuntamente con el CND si las condiciones del sistema para las pruebas están dadas y si las mismas pueden realizarse.
- El auditor deberá verificar el cumplimiento de la prueba conforme a lo establecido en el presente documento.
- Verificar la obtención de registros de la prueba con el uso de un registrador con certificado de calibración con una vigencia menor o igual a 5 años.
- Reportar los resultados de las pruebas de acuerdo con lo definido en el presente documento.
- Elaborar el informe preliminar según lo definido en el Anexo A4 del presente documento, al finalizar la prueba y el informe detallado cuya mínima información se presenta en el Anexo A5 del presente documento.

3.6. FECHAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE CARGA

Las pruebas de campo requeridas para verificar la curva de capacidad de los SAEB deberán coordinarse con el CND al menos con 15 días de antelación a la realización de estas, a fin de garantizar la seguridad operativa del Sistema. El CND analizará en la semana anterior la factibilidad de realizar estas pruebas. El agente realizará la oferta de estas pruebas de acuerdo con lo establecido en la regulación vigente, para el día y periodos analizados teniendo en cuenta el código de pruebas que aplica

para la verificación de curva de carga. Producto de esta actividad de coordinación con el CND, pueden surgir reprogramaciones o consignas operativas para el periodo de las pruebas.

En caso de que una prueba no se pueda realizar por causas ajenas al agente, esta no se considerará como un intento de prueba.

3.7. **VERIFICACIONES Y REAJUSTES POR PARTE DEL AGENTE QUE REALIZA LAS PRUEBAS**

Para la realización de las pruebas se recomienda realizar las siguientes verificaciones:

- Verificación de los transformadores elevadores

Se recomienda revisar que antes del inicio de las pruebas, los niveles de alarma y disparo de los transformadores elevadores sean coherentes con su clase de aislamiento y con sus especificaciones técnicas.

- Verificación del controlador del SAEB y compensaciones

Se recomienda revisar que antes del inicio de las pruebas, el controlador de planta y compensaciones (si están disponibles) hayan sido exitosamente comisionados, conforme a los diferentes modos de control disponibles.

3.8. **REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE CURVA DE CARGA EN LA REGIÓN DE ABSORCIÓN DE POTENCIA REACTIVA**

Después de haber realizado las verificaciones iniciales, y de ser necesarios reajustes, se debe seguir el siguiente procedimiento.

1. Coordinar con el centro de control del CND el inicio de la prueba, el cual, a su vez, coordinará las consignas operativas requeridas antes y durante la prueba. Estas consignas pueden incluir consideraciones de topología y despacho particulares para el SAEB con el fin de evaluar la curva de cada SAEB. El SAEB se debe llevar a una de las potencias activas definidas para la prueba.
2. Asegúrese que el SAEB esté en modo de control automático de tensión.

En caso de que el CND o el agente identifiquen la necesidad de realizar las pruebas iniciando en un modo de control diferente al de tensión, previa revisión conjunta y

evaluación de la posibilidad de las condiciones del sistema por parte de CND, se podrá realizar la prueba considerando una alternativa diferente.

3. Durante la realización de esta prueba el agente generador registrará las potencias activa, reactiva y la tensión en el punto de conexión con una resolución mínima de un dato por segundo utilizando un registrador con certificado de calibración vigente.
4. La realización de esta prueba requiere que el SAEB controle la variable que corresponda, según el modo de control que aplique, a un valor definido por el CND según las condiciones del sistema. Para lograr este valor, se pueden utilizar otras unidades de la zona de influencia, igualmente puede hacerse uso de equipos de compensación de reactivos o cambiadores de tomas de transformadores, en cuyo caso el CND coordinará las acciones necesarias para lograr el objetivo, sin violar los límites establecidos en tensiones o cargabilidad de elementos del sistema.
5. Si agotadas las consignas, el SAEB no puede llegar al límite esperado de absorción de potencia reactiva por condiciones del sistema, este punto será declarado como Conforme y se consignará esta situación en el informe de resultados de la prueba.
6. Después de obtenido el valor de potencia reactiva máxima a la potencia activa seleccionada, el SAEB debe ser mantenido en este punto de operación mínimo durante 5 minutos para el registro de las variables de la prueba.
7. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en el modo de control de tensión, se deberá realizar la misma verificación de la curva de carga en la potencia activa definida, cambiando el modo de control a potencia reactiva y factor de potencia, tomando los registros definidos en el paso 3 por un tiempo mínimo de 1 minuto adicional para cada uno de los modos restantes. Previo al cambio del modo de control, se debe procurar que la consigna de la nueva variable a controlar sea igual o muy cercana a su medida en tiempo real, de forma que, al realizar el cambio del modo de control, se minimicen los cambios en el punto de operación. Según el caso la variable a controlar puede ser factor de potencia, potencia reactiva o tensión.
8. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en todos los modos de control, se debe realizar el mismo procedimiento anterior para los otros puntos acordados entre el CND y el agente.

3.9. REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE CARGA EN LA REGIÓN DE ENTREGA DE POTENCIA REACTIVA

Después de haber realizado las verificaciones iniciales, y de ser necesarios reajustes, se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento.

1. Coordinar con el centro de control del CND el inicio de la prueba, el cual, a su vez, coordinará las consignas operativas requeridas antes y durante la prueba. Estas consignas pueden incluir consideraciones de topología y despacho particulares para los recursos de generación con el fin de evaluar la curva de cada SAEB. El SAEB se debe llevar a una de las potencias activas definidas para la prueba.
2. Asegúrese que el SAEB esté en modo de control automático de tensión. En caso de que el CND o el agente identifiquen la necesidad de realizar las pruebas iniciando en un modo de control diferente al de tensión, previa revisión conjunta y evaluación de la posibilidad de las condiciones del sistema por parte de el CND, se podrá realizar la prueba considerando una alternativa diferente.
3. Durante la realización de esta prueba el agente generador registrará las potencias activa, reactiva y la tensión en el punto de conexión con una resolución mínima de un dato por segundo utilizando un registrador con certificado de calibración vigente.
4. La realización de esta prueba requiere que el SAEB controle la variable que corresponda, según el modo de control que aplique, a un valor definido por el CND según las condiciones del sistema. Para lograr este valor, se pueden utilizar otras unidades de la zona de influencia, igualmente puede hacerse uso de equipos de compensación de reactivos o cambiadores de tomas de transformadores, en cuyo caso el CND coordinará las acciones necesarias para lograr el objetivo, sin violar los límites establecidos en tensiones o cargabilidad de elementos del sistema.
5. Si agotadas las consignas, el SAEB no puede llegar al límite esperado de entrega de potencia reactiva por condiciones del sistema, este punto será declarado como Conforme y se consignará esta situación en el informe de resultados de la prueba.
6. Después de obtenido el valor de potencia reactiva máxima a la potencia activa seleccionada, el SAEB debe ser mantenido en este punto de operación mínimo durante 5 minutos para el registro de las variables de la prueba.
7. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en el modo de control de tensión, se deberá realizar la misma verificación de la curva de carga en la potencia activa definida, cambiando el modo de control a potencia reactiva y factor de potencia, tomando los registros definidos en el paso 3 por un tiempo mínimo de 1 minuto adicional para cada uno de los modos restantes. Previo al cambio del modo de control, se debe procurar que la consigna de la nueva variable a controlar sea igual o muy cercana a su medida en tiempo real, de forma que, al realizar el cambio del modo de control, se minimicen los cambios en el punto de operación. Según el caso la variable a controlar puede ser factor de potencia, potencia reactiva o tensión.

8. Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en todos los modos de control, se debe realizar el mismo procedimiento anterior para los otros puntos acordados entre el CND y el agente.

3.10. **CÁLCULO DE TOLERANCIAS ASOCIADAS AL RESULTADO DE LAS PRUEBAS**

A continuación, se describe el procedimiento que debe ser usado para el cálculo del error de medición asociado a la potencia activa y la potencia reactiva registradas durante las pruebas de verificación de la curva de capacidad, con el cual se determina el cumplimiento de la prueba.

El cálculo del error está definido por las desviaciones porcentuales de los puntos de operación obtenidos durante las pruebas, con respecto a los puntos esperados. Estos errores se encuentran asociados a la cadena de medición de potencia activa y reactiva.

Teniendo como base los registros en el tiempo de cada uno de los puntos operativos logrados durante las pruebas, los errores de medición de transformadores de potencial, de corriente y el equipo de registro, se define el siguiente procedimiento:

1. Cuando aplique, corregir los valores de potencia reactiva obtenidos durante la prueba calculando la potencia reactiva esperada a la tensión en el punto de conexión de la prueba.
2. Después de haber corregido por tensión la serie de datos de potencia reactiva, se promedian los valores obtenidos en el periodo de prueba y se obtiene un valor representativo para cada punto operativo evaluado.
3. Calcular el error de medición relativo asociado a PTs y CTs y al tipo de registrador, reportando la fuente bibliográfica que define el cálculo del equipo de medición correspondiente.
4. Graficar la curva de carga dada por los puntos P, Q que se definieron en la etapa de planeación. A esta curva se deben adicionar dos curvas que forman una envolvente conformada por la curva original considerando una tolerancia de $\pm 1\%$.
5. En la misma gráfica dibujar el valor promedio de los puntos medidos corregidos por tensión para cada punto operativo probado. A cada punto se debe adicionar y restar el error absoluto de medición, para generar un rectángulo representativo del error de medición en potencia reactiva.
6. La prueba se da como válida en la región de entrega de potencia reactiva si al menos un punto del rectángulo de tolerancia de error de medida está dentro de la zona de tolerancia del 1%, para los puntos auditados en la prueba.

7. La prueba se da como válida en la región de absorción de potencia reactiva si al menos un punto del rectángulo de tolerancia por error de medida está dentro de la zona de tolerancia del 1%, para los puntos auditados en la prueba.

3.11. **CURVA DE CARGA DEFINITIVA**

Una vez que el Agente y el CND hayan verificado la capacidad del SAEB para entregar y absorber potencia reactiva mediante la prueba correspondiente, el agente representante del SAEB deberá declarar como Curva de Carga, la región obtenida durante las pruebas de verificación siempre y cuando las mismas hayan sido exitosas. Esta declaración debe hacerse en un tiempo no superior a 15 días luego de recibir el concepto correspondiente del CND.

En caso de que durante la prueba de verificación de la curva de carga no se alcancen los valores de potencia reactiva esperados porque las condiciones del sistema de potencia no lo permiten, el agente deberá declarar la curva de carga delimitada por los valores de potencia reactiva esperados.

El CND realizará seguimiento al cumplimiento de la curva de carga, en caso de que no se cumpla con la curva de carga declarada, el agente representante del SAEB deberá realizar nuevamente las pruebas de verificación de curva de carga definidas en el presente Acuerdo.

3.12. **REPROGRAMACIÓN DE LA PRUEBA**

En caso de que, durante una prueba de verificación de la curva de capacidad, el CND determine que por las condiciones de seguridad del Sistema la prueba no puede continuar, esta deberá ser reprogramada.

En caso de que las pruebas no sean exitosas, estas deberán ser reprogramadas por el agente en coordinación con el CND.

3.13. **INFORME DE RESULTADOS**

3.13.1. **Informe preliminar**

Inmediatamente finalizada una prueba de verificación de curva de carga, el Agente responsable enviará mediante correo electrónico a despachoenergiacndxm@xm.com.co, cccnd@xm.com.co y controles@xm.com.co, un informe preliminar de los resultados obtenidos siguiendo el formato definido en el Anexo A4 del presente Acuerdo.

Este informe consiste en el diligenciamiento del formato en el que se consignan los puntos obtenidos de máxima entrega y absorción de potencia reactiva alcanzados durante la prueba, en comparación con los puntos previamente acordados con el CND.

3.13.2. Informe final

A más tardar 30 días calendario después de la realización de la prueba de verificación de la curva de carga, el agente debe entregar al CND el informe escrito del auditor en el que se detallen los resultados de las pruebas, además de los diferentes soportes técnicos de las mismas. Este informe debe contener como mínimo lo siguiente:

- Procedimiento o protocolo de pruebas detallado, que contenga fecha y hora precisas indicando cada una de las maniobras y consignas seguidas durante las pruebas en el SAEB.
- Certificado vigente de calibración del registrador de medidas.
- Curva de carga con los puntos acordados en la etapa de planeación de las pruebas y los puntos obtenidos durante las pruebas.
- Gráficos que presenten la evolución en el tiempo de las principales variables del SAEB medidas durante las pruebas en el punto de conexión con el uso del registrador de medidas:
 - Potencia activa.
 - Potencia reactiva.
 - Tensión.
- Gráficos que presenten la evolución en el tiempo de variables adicionales medidas durante las pruebas.

Estos pueden ser obtenidos del sistema SCADA u otro sistema de medición disponible en el SAEB:

- Tensión en servicios auxiliares.
- Temperaturas que estén disponibles.
- Cálculo de los errores y tolerancias finales obtenidas con respecto a los puntos esperados en la etapa de planeación.

- Si es del caso, las justificaciones técnicas de limitaciones adicionales encontradas durante el desarrollo de las pruebas, que puedan limitar el alcance de los puntos previamente acordados, siempre y cuando los mismos superen la curva de referencia definida en el Numeral 3 del presente Acuerdo.
- Conclusiones, recomendaciones y veredicto de la auditoría certificando los resultados de las pruebas, indicando si la prueba es exitosa o debe ser reprogramada, indicando las correcciones o modificaciones que deben ser realizadas.
- Firma de la auditoría.

En el Anexo A5 se presenta el contenido del informe de auditoría de las pruebas con la información descrita.

PROTOCOLO 7. VERIFICACIÓN DE LAS CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE DEPRESIONES DE TENSIÓN (LVRT) Y SOBRETENSIONES (HVRT).

1. OBJETO

Verificar el cumplimiento de los requerimientos asociados a las curvas de comportamiento de depresiones de tensión (LVRT) y sobretensiones (HVRT) de los SAEB conectados al SIN.

2. ALCANCE

El siguiente procedimiento especifica los pasos a seguir para verificar las curvas de comportamiento de depresiones de tensión y sobretensiones de los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

Esta verificación se realiza a través de un certificado de laboratorio o de fábrica, que deberá estar avalado por entidades a nivel nacional o internacional que estén acreditadas bajo la norma NTC-ISO/IEC 17065 (o aquellas normas equivalentes o las que la modifiquen o sustituyan) para la certificación de productos, procesos o servicios bajo la norma IEC 61400-21 (o aquella que la modifique o sustituya) que aplica a inversores de plantas eólicas, e IEC 62910 (o aquella que la modifique o sustituya) que aplica a inversores asociados a plantas solares fotovoltaicas).

Para la verificación, se aceptarán también las normas nacionales o internacionales equivalentes a las mencionadas en el párrafo anterior, siempre y cuando apliquen a la realización de las pruebas de verificación de las curvas de comportamiento de depresiones de tensión (LVRT) y sobretensiones (HVRT) para los SAEB.

Para que el certificado sea aceptado, debe incluir la verificación del cumplimiento de los procedimientos definidos en las normas señaladas y el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Demostrar que el ajuste de las características de operación ante depresiones de tensión y sobretensiones cumple con los requerimientos definidos en el Numeral 4 del presente Acuerdo.
- b) El hueco de tensión se considera superado cuando la tensión de línea – línea es mayor a 0.85 p.u. Una vez superado el hueco de tensión, el SAEB debe recuperar el 90% de la potencia activa que estaba suministrando antes del hueco en un tiempo no superior a 1 segundo.
- c) Para el caso de los SAEB conectados en 500 kV, el límite superior de la curva es 1.05 p.u, en vez de 1,1 p.u.

PROTOCOLO 8. VERIFICACIÓN DE LA PRIORIZACIÓN DE INYECCIÓN DE CORRIENTE REACTIVA.

1. OBJETO

Verificar el cumplimiento de los requerimientos asociados a la priorización de corriente reactiva de los SAEB conectados al SIN.

2. ALCANCE

El siguiente procedimiento especifica los pasos a seguir para verificar el cumplimiento de los requerimientos asociados a la priorización de corriente reactiva de los SAEB conectados al SIN.

3. PROCEDIMIENTO

Esta verificación se realiza a través de un certificado de laboratorio o de fábrica, que deberá estar avalado por entidades a nivel nacional o internacional que estén acreditadas bajo la norma NTC-ISO/IEC 17065 (o aquellas normas equivalentes o las que la modifiquen o sustituyan) para la certificación de productos, procesos o servicios bajo la norma IEC 61400-21 (o aquella que la modifique o sustituya) que aplica a inversores de plantas eólicas, e IEC 62910 (o aquella que la modifique o sustituya) que aplica a inversores de plantas solares fotovoltaicas).

Para la verificación, se aceptarán también las normas nacionales o internacionales equivalentes a las mencionadas en el párrafo anterior, siempre y cuando apliquen a la realización de las pruebas de verificación de priorización de inyección de corriente reactiva para los SAEB.

Para que el certificado sea aceptado, debe incluir la verificación del cumplimiento de los procedimientos definidos en las normas señaladas y el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a. Priorización de la inyección de corriente reactiva de forma que alcance un 90% del valor final esperado en un tiempo de respuesta inferior a 50 ms, con una tolerancia del 20%, ante desviaciones de tensión que excedan los límites operativos de la tensión nominal. El tiempo de respuesta definido incluye la duración de detección de la falla.

El valor del delta de cambio de inyección de corriente reactiva (ΔI_r), en el punto de conexión, se calcula de acuerdo con la Figura A10:

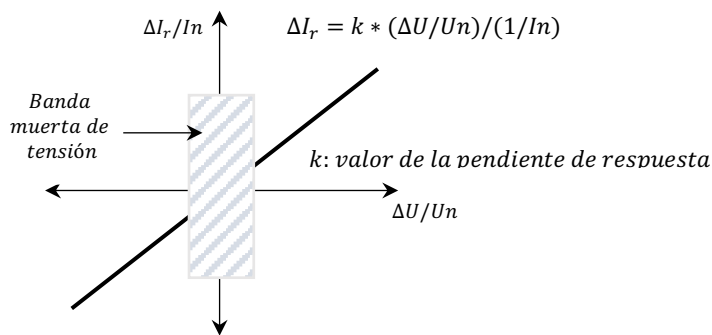


Figura A10. Función de priorización de inyección de corriente reactiva

Para la figura anterior, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

ΔI_r es el valor de la siguiente relación:

$$\Delta I_r = \frac{k * (\Delta U / U_n)}{(1 / I_n)}$$

Donde:

ΔI_r : es la variación de corriente reactiva respecto al valor de corriente reactiva que tenía antes del evento

I_n : es la corriente nominal

ΔU : es la variación de tensión respecto al valor de tensión que tenía antes del evento

U_n : es la tensión nominal

k : valor de la pendiente de respuesta. Debe ser ajustable con valores entre 0 y 10

- b. Limitación del aporte de potencia reactiva adicional al 100% de la corriente nominal de cada inversor.

- c. Sostenimiento del aporte de potencia reactiva adicional siempre que la tensión esté por fuera del rango normal de operación.
- d. Se debe mantener un aporte de potencia reactiva por 500 ms después de que la tensión entre a la banda muerta manteniendo un aporte adicional proporcional a la desviación de la tensión con respecto al valor de referencia (1 p.u).
- e. Posibilidad de configurar la ganancia k en cada inversor. Debe demostrarse que al menos es configurable entre 0 y 10.
- f. Demostrar rango de ajuste de la banda muerta.

PROTOCOLO 9. VERIFICACIÓN DE RECEPCIÓN DE CONSIGNAS DE POTENCIA ACTIVA DE FORMA LOCAL

El propósito de este protocolo es verificar que el SAEB recibe y gestiona consignas de potencia activa de forma local. Para esta verificación se deben realizar dos cambios de consigna de potencia activa al SAEB, uno descendente y uno ascendente, de máximo 10% de la capacidad nominal del SAEB con una velocidad igual a la máxima rampa operativa definida en el presente Acuerdo.

Se deben presentar las señales de potencia activa en el punto de conexión vs tiempo y la potencia de referencia en el punto de conexión vs. tiempo. La información se debe reportar considerando lo definido en el Anexo A6. La evaluación del cumplimiento del requisito de cambio de consignas de forma local se realizará verificando que el SAEB alcance la potencia de consigna.

PROTOCOLO 10. VERIFICACIÓN DE RECEPCIÓN DE CONSIGNAS DE POTENCIA ACTIVA DE FORMA REMOTA

El propósito de este protocolo es verificar que el SAEB recibe y gestiona consignas de potencia activa de forma remota.

Para esta verificación el CND enviará una consigna de forma remota ascendente y la otra descendente para la potencia activa. Se debe registrar en cada caso el valor de consigna indicado por el CND, y los registros de potencia activa vs. el tiempo en el punto de conexión. La información se debe reportar considerando lo definido en el Anexo A6. La evaluación del cumplimiento del requisito de cambio de consignas de forma remota se realizará verificando que el SAEB alcance los valores de consigna definidos por el CND. La consigna deberá ser tal que el cambio esperado en la potencia activa no exceda el $\pm 10\%$ del valor inicial.