Norma técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el P.O. 12.2 SENP

Revisión	Motivo	Fecha	Comentarios
1.0	Publicación	3/11/2020	
1.1	Publicación versión 1.1	9/7/2021	Incorporación de las correcciones de la versión 1.0 y otras modificaciones

Índice

Contenido

Índice 2
1. INTRODUCCIÓN 7
2. DEFINICIONES 8
3. APLICABILIDAD 9
4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD 10
4.1. Aspectos generales 10
4.1.1. Certificado final de MGE 14
4.2. Procedimiento de evaluación de conformidad por certificados de equipo (PEC por C) 18
4.2.1. Evaluación de los MGE 19
4.2.1.1. Evaluación de conformidad por certificado. 19
4.2.1.2. Evaluación de conformidad por prueba y/o simulación. 20
4.3. Procedimiento de evaluación de conformidad por prueba (PEC por P) 21
4.4. Procedimiento de evaluación de conformidad por simulación (PEC por S) 23
4.5. UGE tipo de características similares 25
4.6. Evaluación del CAMGE 27
4.7. Pruebas y simulaciones de unidades generadoras de electricidad según otra normativa 28
5. METODOLOGÍA DE PRUEBAS Y SIMULACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS 29
5.1. Modo de regulación potencia-frecuencia limitado sobrefrecuencia (MRPFL-O). 30
5.1.1. Objetivo 30
5.1.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE 32
5.1.2.1. Método de ensayo de la UGE 32
5.1.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE 35
5.1.2.3. Método de simulación de la UGE 37
5.1.2.4. Criterio de aceptación de las simulaciones de la UGE 37
5.1.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE 38
5.1.4. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE 39
5.2. Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U) 40
5.2.1. Objetivo 40
5.2.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE 40
5.2.2.1. Método de ensayo de la UGE 40
5.2.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE 43
5.2.2.3. Método de simulación de la UGE 45

5.2.2.4. Criterio de aceptación de las simulaciones de la UGE 45
5.2.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE 46
5.2.4. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE 47
5.3. Modo de regulación potencia frecuencia (MRPF) 48
5.3.1. Objetivo 48
5.3.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE 50
5.3.2.1. Método de ensayo de la UGE 50
5.3.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE 52
5.3.2.3. Método de simulación de la UGE 52
5.3.2.4. Criterio de aceptación de las simulaciones de la UGE 52
5.3.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE 52
5.3.4. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE 53
5.4. Capacidad de limitar las rampas de subida o bajada de la producción 55
5.4.1. Objetivo 55
5.5. Capacidad y rango de control de la potencia activa 56
5.6. Emulación de inercia 57
5.6.1. Objetivo 57
5.7. Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima y por debajo de la capacidad máxima 58
5.7.1. Objetivo 58
5.7.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE 58
5.7.2.1. Método de ensayo para UGE de MPE 58
5.7.2.2. Método de ensayo para UGE de MGES 59
5.7.2.3. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE 61
5.7.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE 61
5.7.3.1. Procedimiento de modelización completa en PCR 61
5.7.3.2. Procedimiento de modelado alternativo en el caso de existencia de instalaciones compartidas 62
5.7.4. Criterio de aceptación de la simulación complementaria 64
5.7.5. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE 65
5.8. Control de potencia reactiva en MPE 66
5.8.1. Objetivo 66
5.8.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE 66
5.8.2.1. Modo de control de tensión 66
5.8.2.1.1. Ensayo del modo de control de tensión 66
5.8.2.1.2. Criterio de aceptación de los ensayos del modo de control de tensión de la UGE 68

5.8.2.2. Modo de control de factor de potencia 68
5.8.2.2.1. Ensayo del modo de control de factor de potencia de la UGE 68
5.8.2.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos del modo de control de factor de potencia de la UGE 69
5.8.3. Simulaciones complementarias para obtención del certificado de MPE 69
5.8.3.1. Simulación complementaria del modo de regulación de tensión. .. 70
5.8.3.1.1. Procedimiento de modelado completo en PCR..... 71
5.8.3.1.2. Procedimiento de modelado alternativo en BC. Caso A..... 72
5.8.3.1.3. Procedimiento de modelado alternativo en BC. Caso B..... 73
5.8.3.2. Criterio de aceptación de la simulación complementaria del modo de regulación de tensión. 74
5.8.3.3. Simulación complementaria del control de factor de potencia. 74
5.8.3.3.1. Procedimiento de modelización completa en PCR..... 75
5.8.3.3.2. Procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso A 76
5.8.3.3.3. Procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso B..... 76
5.8.3.4. Criterio de aceptación de la simulación complementaria del control de factor de potencia. 77
5.8.4. Evaluación a nivel MPE para la obtención de certificado de MPE 77
5.9. Amortiguamiento de oscilaciones de potencia en MGES..... 78
5.10. Amortiguamiento de las oscilaciones de potencia en MPE 79
5.11. Requisitos de robustez: Capacidad para soportar huecos de tensión y sobretensiones transitorias y capacidad de inyección rápida de corriente de falta 80
5.11.1. Objetivo 80
5.11.2. Método de ensayo 82
5.11.2.1. Equipo de ensayo..... 83
5.11.2.2. Tipos de ensayos sobre UGE 83
5.11.2.2.1. Ensayos a realizar en UGE de MPE 84
5.11.2.2.2. Documentación de los ensayos a MPE..... 86
5.11.2.2.3. Criterios de evaluación del requisito de hueco de tensión 89
5.11.2.2.4. Criterios de evaluación del requisito de inyección rápida de intensidad reactiva 89
5.11.2.2.5. Criterios de evaluación del requisito de sobretensiones transitorias 90
5.11.3. Método de simulación y criterio de aceptación de las simulaciones 90
6. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN..... 91

7. ANEXOS 92
7.1. Modelos de certificado de MGE 92
7.1.1. Modelo de certificado de cumplimiento de requisitos técnicos a través de certificador autorizado 92
7.1.2. Tabla de equivalencias entre certificaciones 97
7.1.2.1. Equivalencias entre certificados de NTS SEPE y NTS SENP 97
7.1.2.2. Equivalencias entre certificados de MGE por requisito entre versiones de la NTS SENP 98
7.1.3. Alcances de acreditación 99
7.2. Red eléctrica equivalente del Sistema Eléctrico Peninsular y Sistema Europeo Interconectado para simulación 100
7.3. Formato de intercambio de datos entre entidades acreditadas para la realización de ensayos y simulaciones 101
7.4. Procedimiento de Modelado para simulaciones complementarias de capacidad de potencia reactiva y los modos de control de potencia reactiva 102
7.4.1. Objeto 102
7.4.2. Procedimiento de modelado para simulaciones complementarias de capacidad de potencia reactiva 102
7.4.2.1. Procedimiento de modelización completa en PCR 102
7.4.2.2. Procedimiento de modelado alternativo en BC. 106
7.4.2.2.1. Caso A. 107
7.4.2.2.2. Caso B 108
7.4.3. Procedimiento de modelado para simulaciones complementarias de los modos de control de potencia reactiva 110
7.5. Modelo equivalente para MPE fotovoltaicos mediante agregación en baja tensión 111
8. REFERENCIAS 112
9. TABLAS y FIGURAS 113
9.1. Lista de figuras 113
9.2. Lista de tablas 115

1. INTRODUCCIÓN

Este procedimiento de evaluación de requisitos de conexión[1] de generadores a la red, denominado **Norma Técnica de Supervisión** (en adelante **Norma Técnica**), desarrolla el proceso de verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos del **P.O. 12.2 SENP** [1] por parte de los módulos de generación de electricidad (**MGE**) que les resulte de aplicación el RD 647/2020 [3].

A efectos de la actualización de esta **Norma Técnica**, su entrada en vigor será la de su fecha de publicación y dejará de estar en vigor transcurrido un **período transitorio de 12 meses,** tras la publicación de una nueva versión de esta **Norma Técnica**. Ante cualquier modificación sustancial de la regulación anterior, los gestores de la red se reservan el derecho de modificar la duración de este período transitorio.

Se aceptarán los **certificados** de **MGE** de determinados requisitos, emitidos según la versión 2.0 de esta **Norma Técnica,** para la obtención del **certificado final de MGE** según esta versión de la **Norma Técnica**, conforme a lo especificado en las equivalencias de la **Tabla 45**.

Importante:

- Esta **Norma Técnica** siempre podrá ser modificada y actualizada por el Grupo de Trabajo de supervisión (**GTSUP**), tras su publicación en la web del **operador del sistema** y la web de los Gestores de la Red de Distribución.
- Se recomienda siempre consultar la versión vigente de esta **Norma Técnica** antes de iniciar el proceso de evaluación de los requisitos técnicos de un **MGE**. La evaluación mediante una **Norma Técnica** no vigente podrá ser motivo de denegación de la evaluación de conformidad del **MGE** por parte del Gestor de la Red Pertinente (**GRP**).
- Toda información recibida, intercambiada o transmitida en virtud de esta **Norma Técnica**, tendrá carácter confidencial por parte de los sujetos implicados en la supervisión de la conformidad y estará sujeta al secreto profesional y a la obligación de confidencialidad. Dichos sujetos deberán garantizar la confidencialidad de la referida información y adoptarán todas las medidas necesarias para ello, siendo responsables de las consecuencias de su incumplimiento.
- Es responsabilidad del **propietario del MGE** custodiar durante toda la vida útil del MGE toda aquella información y documentación que forme parte de esta **Norma Técnica**.

[1] El alcance de la presente **Norma Técnica** es diferente a los criterios de Acceso y Conexión que sirven para determinar el punto de conexión a la red. Ambos documentos regulan aspectos diferentes.

2. DEFINICIONES

De manera adicional a las definiciones del artículo 8.1 de [1] y de la **NTS SEPE** [2], se utilizarán en esta **Norma Técnica** las siguientes definiciones:

1. «**PCR»:** A los efectos de esta **Norma Técnica** se utilizará el término PCR, Punto de Conexión a la Red, para referirse al PART, Punto de Aplicación de los Requisitos Técnicos, según se define en [1].

3. APLICABILIDAD

Esta **Norma Técnica** es de aplicación para todo **MGE** que le resulte de aplicación el **P.O. 12.2 SENP** [1] es decir:

- Las instalaciones de producción conectadas a la red de transporte de los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares (**SENP**).
- Las instalaciones de producción conectadas a la red de distribución con afección significativa a la red de transporte[2] según se define en [1].

Asimismo, los **MGE** se dividen en módulos de parque eléctrico (**MPE**) y módulos de generación de electricidad síncronos (**MGES**).

Sin perjuicio de lo establecido en esta **Norma Técnica**, los gestores de red (**GRT**, **GRP** o **GRD**), de acuerdo a la normativa vigente, podrán realizar o requerir a los **MGE**, antes de su puesta en servicio o en cualquier momento durante toda su vida útil, pruebas y simulaciones adicionales para verificar el cumplimiento de cualquier de los requisitos técnicos establecidos en la normativa en vigor ([1], [3] o normativa que la sustituya o complemente). En particular, será necesaria la realización de las pruebas estipuladas por el **operador del sistema** conforme a los protocolos de pruebas establecidos en la regulación vigente en el momento de la puesta en servicio del **MGE**.

[2] En el **P.O 12.2 SENP** se considerarán los generadores o agregaciones de generadores cuya potencia nominal registrada sea superior o igual a 1 MW por nudo asociado de la red de transporte, siempre que dicha afección sea producida por contingentes de generación iguales o superiores a 100 kW que compartan nudo de conexión a la red de distribución, incluyendo dentro de dicho contingente los generadores existentes.

4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

El objetivo de la evaluación de la conformidad es obtener un **Certificado final de MGE**.

4.1. Aspectos generales

La **evaluación de la conformidad de cada requisito** se podrá llevar a cabo mediante:

- **Pruebas de conformidad (P)**: las **pruebas de conformidad del MGE para cada requisito** serán realizadas por una **entidad acreditada** que elaborará un informe de los ensayos y enviará los resultados a un **certificador autorizado** para su evaluación. Para cada requisito se evaluará el cumplimiento del **MGE** o la **UGE**, según proceda, y se emitirá el correspondiente **certificado de cumplimiento por prueba de cada requisito** o la conformidad por parte del **GRP**, según proceda.
- **Simulaciones de conformidad (S)**: las **simulaciones de conformidad del MGE para cada requisito** serán realizadas, con carácter general, por una **entidad acreditada**, a partir del modelo certificado conforme al apartado 6 de esta **Norma Técnica**. La **entidad acreditada** elaborará un informe de las simulaciones y enviará los resultados a un **certificador autorizado** para su evaluación. Para cada requisito se evaluará el cumplimiento del **MGE** o la **UGE**, según proceda, y se emitirá el correspondiente **certificado de cumplimiento por simulación de cada requisito**.
- **Certificados de equipo (C)**: la **evaluación de la conformidad del MGE para cada requisito** podrá ser realizada a través de **certificados de equipo** – en base a ensayos de la **UGE** y los **CAMGE**– emitidos por un **certificador autorizado, teniendo en consideración que**:
    - El hecho de disponer de los **certificados de equipo** de todos los **CAMGE** y **UGE**, no siempre implica una conformidad automática del **MGE** (en su conjunto), dado que:
        - La recopilación de **certificados de equipo** (**UGE** y **CAMGE**) no siempre garantiza el cumplimiento de los requisitos técnicos en el **PCR**, por lo que, en función del requisito técnico a evaluar, será necesaria, con carácter general, la realización de **simulaciones complementarias**[3].
        - El **GRD o GRT**, según corresponda**,** podrá requerir evaluar, mediante prueba o simulación, determinados requisitos técnicos a nivel **MGE**. En estos casos, si el resultado de la evaluación fuera satisfactorio, el **GRD o GRT** notificará mediante un **escrito de conformidad del GRD o GRT** al **propietario** del **MGE** la conformidad del **MGE** con el requisito en cuestión. Dicha conformidad tendrá que ser adjuntada por el **certificador autorizado** en **el certificado final de MGE**, en los casos que sea de aplicación.

[3] Las **simulaciones complementarias** que están indicadas en algunos de los requisitos técnicos a evaluar del apartado 5 requerirán de la utilización de un modelo certificado según en el apartado 6, pero no se exige que su ejecución la realice una **entidad acreditada**, no obstante, sí deberán ser remitidas al **certificador autorizado** para su evaluación. Las simulaciones complementarias deberán considerar las capacidades de potencia activa y reactiva del inversor cuando la temperatura ambiente sea la máxima de diseño del **MGE**, que será definida por el propietario del **MGE**, de tal forma que se deberá comprobar que las potencias del inversor no superen estos valores.

- La validez de los **certificados de equipo** de las **UGE** y los **CAMGE** está condicionada a la no modificación posterior a la certificación de los parámetros usados en el proceso de evaluación que tengan impacto relevante en las funcionalidades de control necesarias para el cumplimiento de los requisitos de esta **Norma Técnica**.

La evaluación de la conformidad se realizará a una frecuencia nominal de 50 Hz.

En la **Tabla 1** se indican los requisitos técnicos a evaluar y la(s) posible(s) forma(s) de evaluación según el tipo de **MGE** para obtener el **Certificado Final de MGE**, así como los apartados de esta **Norma Técnica** y los artículos del [1] correspondientes:

REQUISITO			FORMA DE EVALUACIÓN	
Artículo [1]	**Definición del Requisito**	**Subapartado de la Norma Técnica**	**MPE**	**MGES**
8.2.3	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O)	5.1	(S y P) o C**	(S y P) o C**
8.2.4	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)	5.2	(S y P) o C**	(S y P) o C**
8.2.5	Modo regulación potencia-frecuencia (MRPF)	5.3	(S y P) o C**	(S y P) o C**
8.2.2 c)	Capacidad de limitar las rampas de subida o bajada de la producción	5.4	P	P
8.2.2 a)	Capacidad de control y el rango de control de la potencia activa en remoto	5.5	P o C	P o C
8.4.1	Emulación de inercia durante variaciones de frecuencia muy rápidas*	5.6	S	N/A
8.3.1 b)	Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	5.7	N/A	(P) o C**
8.3.1 c)	Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima	5.7	N/A	(P) o C**
8.4.2 a)	Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima	5.7	(P) o C**	N/A
8.4.2 b)	Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima	5.7	(P) o C**	N/A
8.4.2 c)	Modos de control de la potencia reactiva	5.8	P o C**	N/A
8.3.1 f)	Control de amortiguamiento de oscilaciones de potencia	5.9	N/A	S o C
8.4.2 d)	Control de amortiguamiento de oscilaciones	5.10	S o C	N/A
8.4.3 a) y b)	Inyección rápida de corriente de falta en el punto de conexión en caso de faltas (trifásicas) equilibradas y en caso de faltas (monofásicas o bifásicas) desequilibradas	5.11	P (S***) o C**	N/A
8.4.3 d), e) y f)	Capacidad para soportar huecos de tensión de los MPE	5.11	P (S***) o C**	N/A
8.4.3 g) y h)	Capacidad para soportar sobretensiones transitorias de los MPE	5.11	P (S***) o C**	N/A

Tabla 1. Evaluación de los requisitos técnicos según está definido en esta Norma Técnica.

Leyenda:

- En la columna "Forma de Evaluación": **S** significa simulación de conformidad, **P** prueba de conformidad, **C** certificado de equipo y **N/A** no aplica.
- *: Requisito no obligatorio conforme a [1].
- **: Podrá requerir la realización de **simulaciones complementarias** para su evaluación, conforme a lo desarrollado en el subapartado correspondiente de esta **Norma Técnica**.
- ***: En aquellos casos que se indique P (S***), se realizará la prueba en **UGE** y, si no es exitosa, se realizará la simulación del **MGE** completo, incorporando el **CAMGE** que permita cumplir el requisito en cuestión.

Para aquellos requisitos donde existan varios métodos de evaluación de la conformidad (columna "Formas de Evaluación" en la **Tabla 1**), **el propietario** del **MGE**[4] **tendrá la potestad para escoger la forma de su evaluación**. En cualquier caso, el **certificado final de MGE** siempre incorporará el método de evaluación seguido para cada requisito evaluado.

El **propietario** del **MGE** solicitará autorización previa al **GRP** para la realización de pruebas con el **MGE** conectado.

En el momento de la evaluación inicial de un **MGE** y a lo largo de su vida útil, los gestores de red podrán solicitar al **propietario** del **MGE** todo el expediente técnico de certificación, es decir, la documentación relativa a pruebas y simulaciones realizadas por las **entidades acreditadas** y los **certificadores autorizados** en el proceso de evaluación de la conformidad del **MGE**.

El esquema general de la evaluación de la conformidad se representa en la **Figura 1**, y se puede dividir en dos etapas, previas a la operación comercial del **MGE**: 1) obtención **de certificados de equipos**, es decir, de **UGE** y **CAMGE**, que constituyan el **MGE**; 2) Obtención del **certificado final** de **MGE** y emisión de la **notificación final operacional (FON)** correspondiente, que junto a otros requisitos de información, técnicos y operativos, permiten llegar a la etapa tercera, que es la operación comercial del **MGE**.

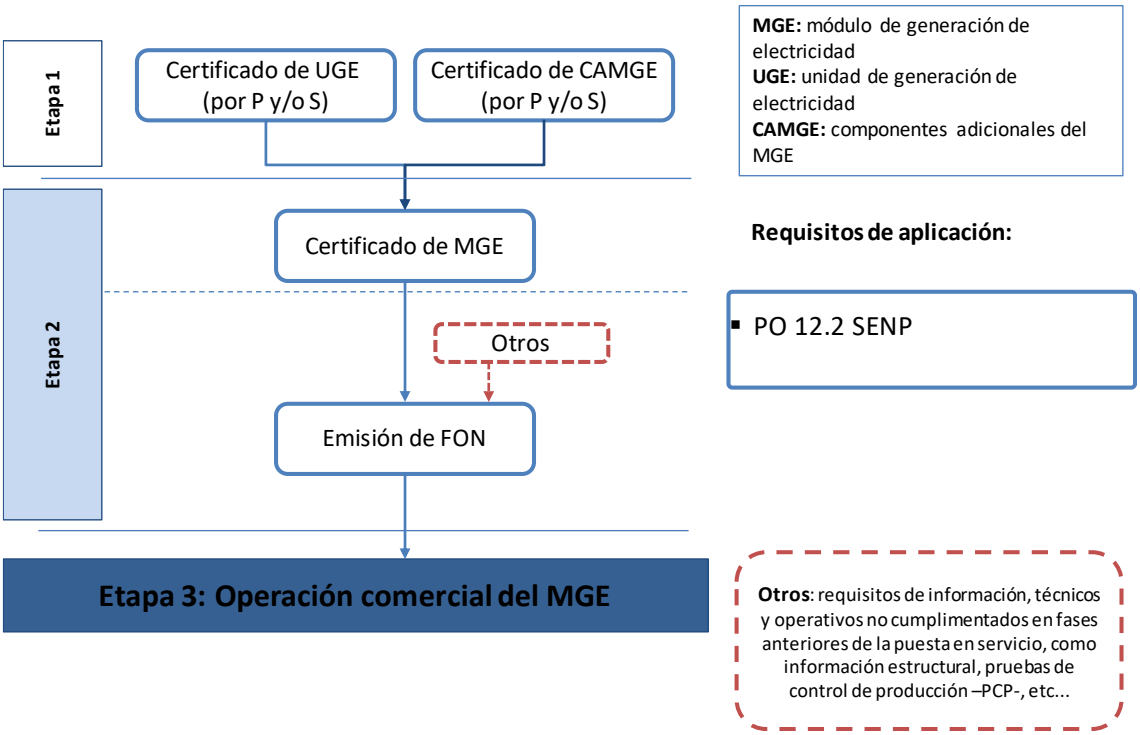


Figura 1. Etapas esquema general supervisión.

[4] El **P.O 12.2 SENP** define al «**propietario de instalación de generación de electricidad**» como la entidad física o jurídica propietaria de una instalación de generación de electricidad"

El esquema general de la etapa 1 se muestra en la **Figura 2** y la **Figura 3**:

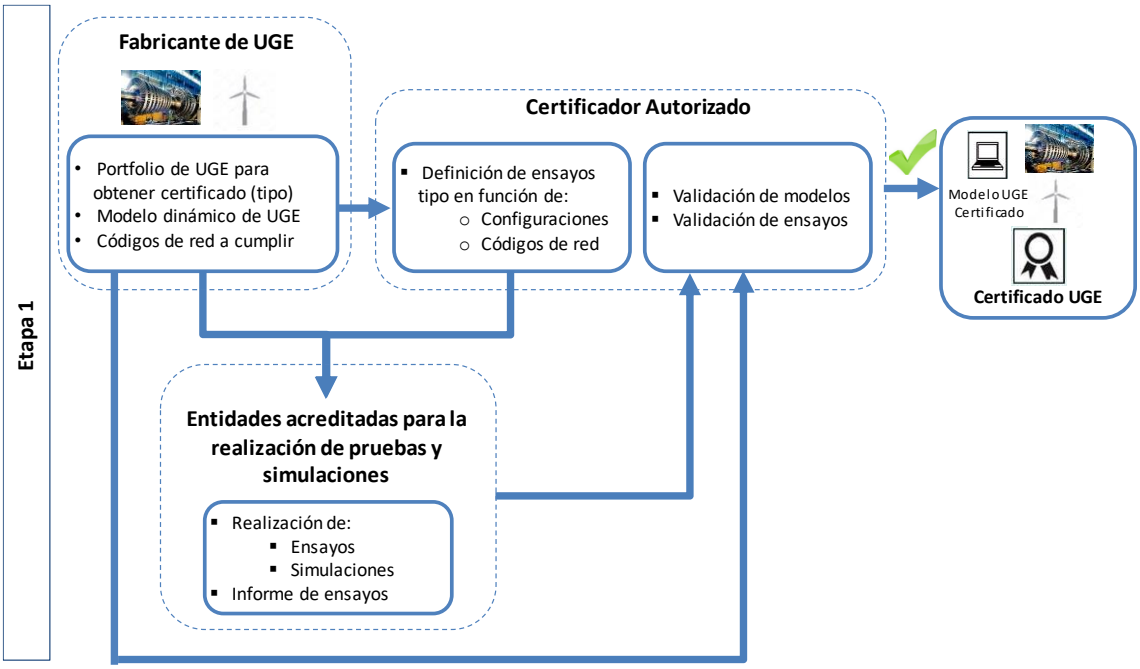


Figura 2. Esquema de obtención del certificado de UGE.

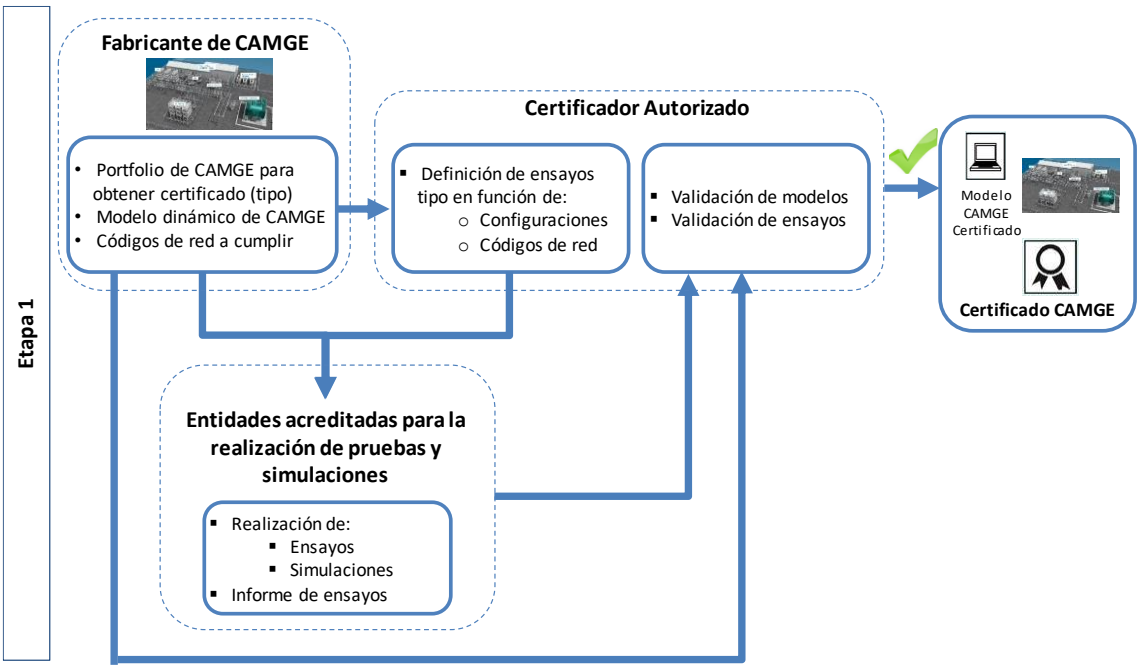


Figura 3. Esquema de obtención del certificado de CAMGE.

El esquema general de la etapa 2 se muestra en la **Figura 4**:

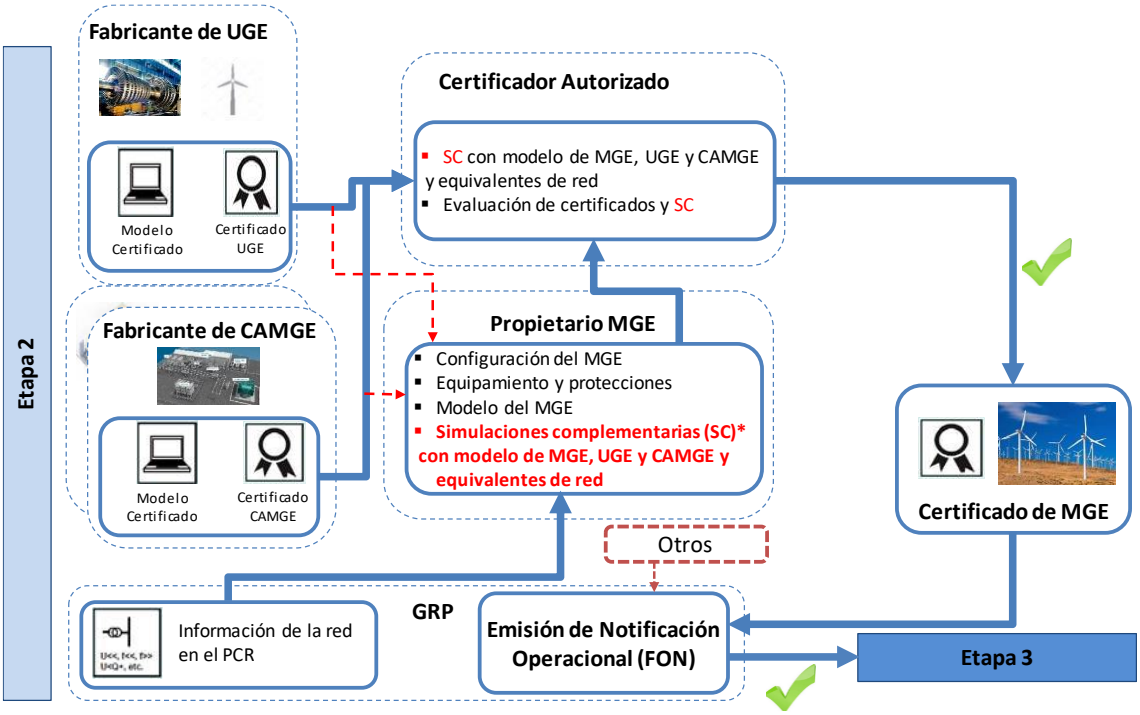


Figura 4. Esquema de obtención del certificado final de MGE a partir de certificados de equipo.

En los subapartados siguientes se desarrollan los esquemas planteados en las figuras de este subapartado.

4.1.1. Certificado final de MGE

El **certificado final** de **MGE** será emitido por un **certificador autorizado y especificará que el MGE cumple con la totalidad de requisitos que se han de evaluar.** El **propietario** del **MGE** tendrá que aportarlo al **GRP**.

El **propietario** del **MGE** tendrá la potestad de obtener de forma separada, y a través de diferentes **certificadores autorizados**, el certificado de cumplimiento para cada uno de los requisitos que le sean de aplicación según la **Tabla 1.** En estos casos, el **certificado final de MGE** deberá indicar claramente qué **certificador autorizado** ha certificado cada uno de los requisitos. Cuando el **GRP** sea quién dé la conformidad a un requisito, el **propietario** del **MGE** proporcionará al **certificador autorizado** dicha conformidad, y el **certificador autorizado** tendrá que adjuntar la conformidad escrita del **GRP** a dicho requisito en el **certificado final** de **MGE** (ver subapartado 4.1).

La **Figura 5** representa de forma esquemática los elementos que componen el **certificado final** de **MGE**:

1) Para cada requisito técnico, el fabricante de los equipos (**UGE y CAMGE**) facilitará los **certificados** los mismos, por simulación y/o prueba, que previamente habrá emitido un **certificador autorizado**. La evaluación de dichos requisitos técnicos la llevará a cabo el **certificador autorizado**, utilizando las **simulaciones complementarias**, de manera adicional a los **certificados de equipo**, donde sea de aplicación.

2) Para aquellos requisitos evaluados por el **GRD o GRT**, según corresponda, éste enviará una comunicación escrita de conformidad al **propietario** del **MGE**, o la entidad designada por el mismo (por ejemplo, el fabricante de **UGE** o **CAMGE**), si la evaluación es favorable. Será necesario que el propietario proporcione al **certificador autorizado** esta comunicación escrita para que sea incluida en el **certificado final** de **MGE**, para aquellos requisitos que sea necesario incorporar al **certificado final** de **MGE** y que están indicados en la **Figura 5**. En particular, los requisitos relacionados con amortiguamiento de oscilaciones (subapartados 5.9 y 5.10) serán evaluados por el **GRT** pero no formarán parte del **certificado final de MGE**.

3) El **certificador autorizado** encargado de emitir el **certificado final** de **MGE** evaluará todos los certificados del **MGE** para dar su conformidad. Para aquellos requisitos de obligado cumplimiento, el **certificador autorizado** podrá emitir el **certificado final** de **MGE** cuando disponga de todos los certificados y las comunicaciones de conformidad del **GRP** que procedan.

4) Las excepciones al cumplimiento de requisitos técnicos que hayan sido proporcionadas al propietario del **MGE**.

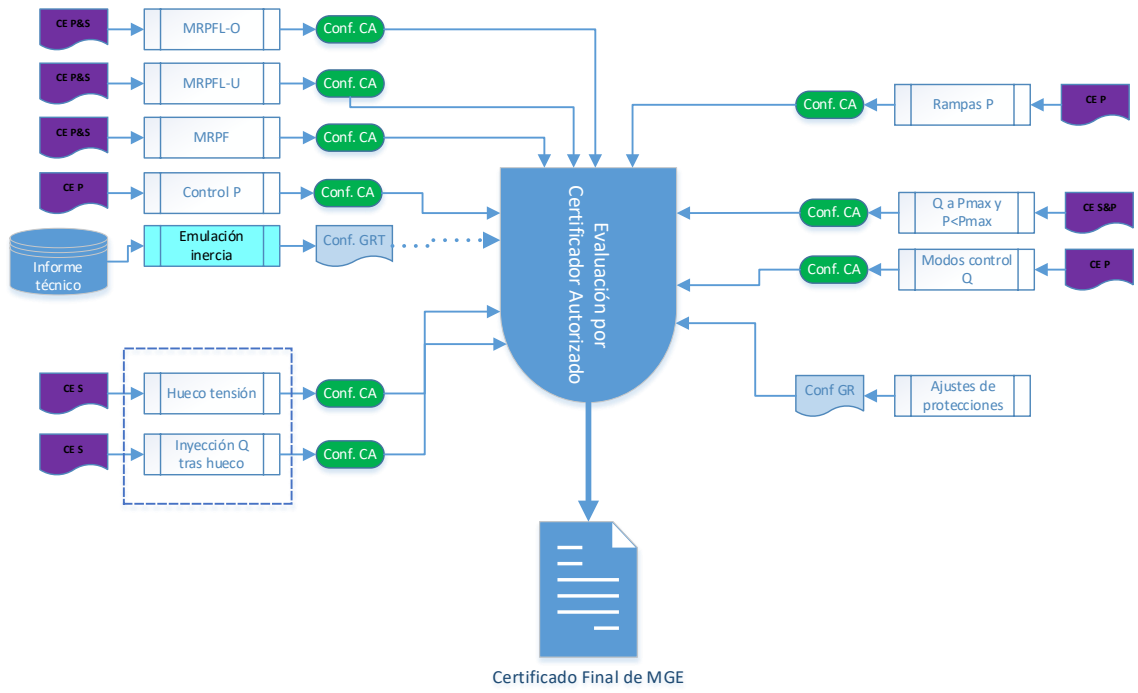


Figura 5. Esquema de obtención del certificado final de MGE a partir de certificados de equipo.

La **Figura 6** muestra los procedimientos generales que puede seguir un **MGE** para la evaluación de la conformidad de un requisito determinado, tal como vienen descritos en el apartado 5 de esta **Norma Técnica**. En la **Figura 7** se detalla el proceso completo que ha de seguir un **MGE** para cada requisito a evaluar.
El propietario del **MGE** podrá utilizar **certificados de equipo** proporcionados **por el fabricante** de las **UGE** y/o **CAMGE,** emitidos por un **certificador autorizado** en base a esta **Norma Técnica**, para demostrar el cumplimiento de un requisito (PEC por C). En estos casos, serán necesarias las

pruebas y simulaciones indicadas en el procedimiento de evaluación por prueba (PEC por P) y por simulación (PEC por S).

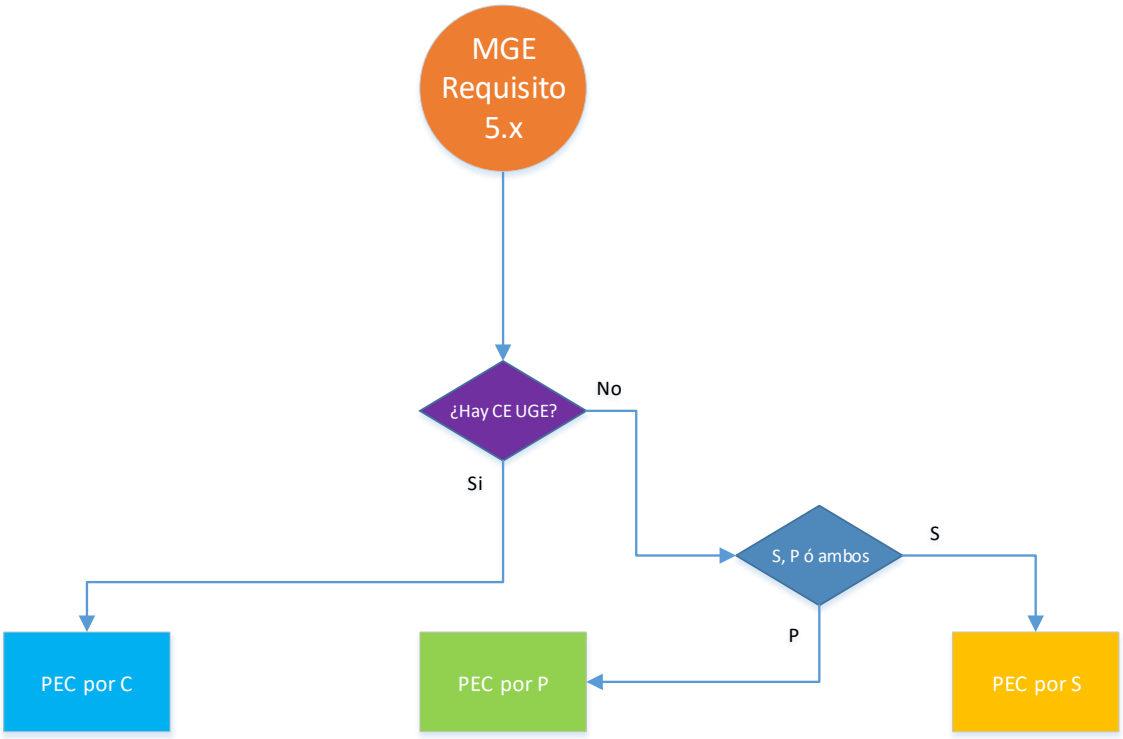


Figura 6. Procedimientos de Evaluación de la Conformidad (PEC). General.

El detalle de los procedimientos de evaluación de la conformidad (PEC) – **certificado**, **prueba y simulación** - está descrito en los subapartados 4.1, 4.2 y 4.3, respectivamente, y la **Figura 7** refleja de forma completa todo el proceso de evaluación que seguirá un **MGE** para cada requisito técnico.

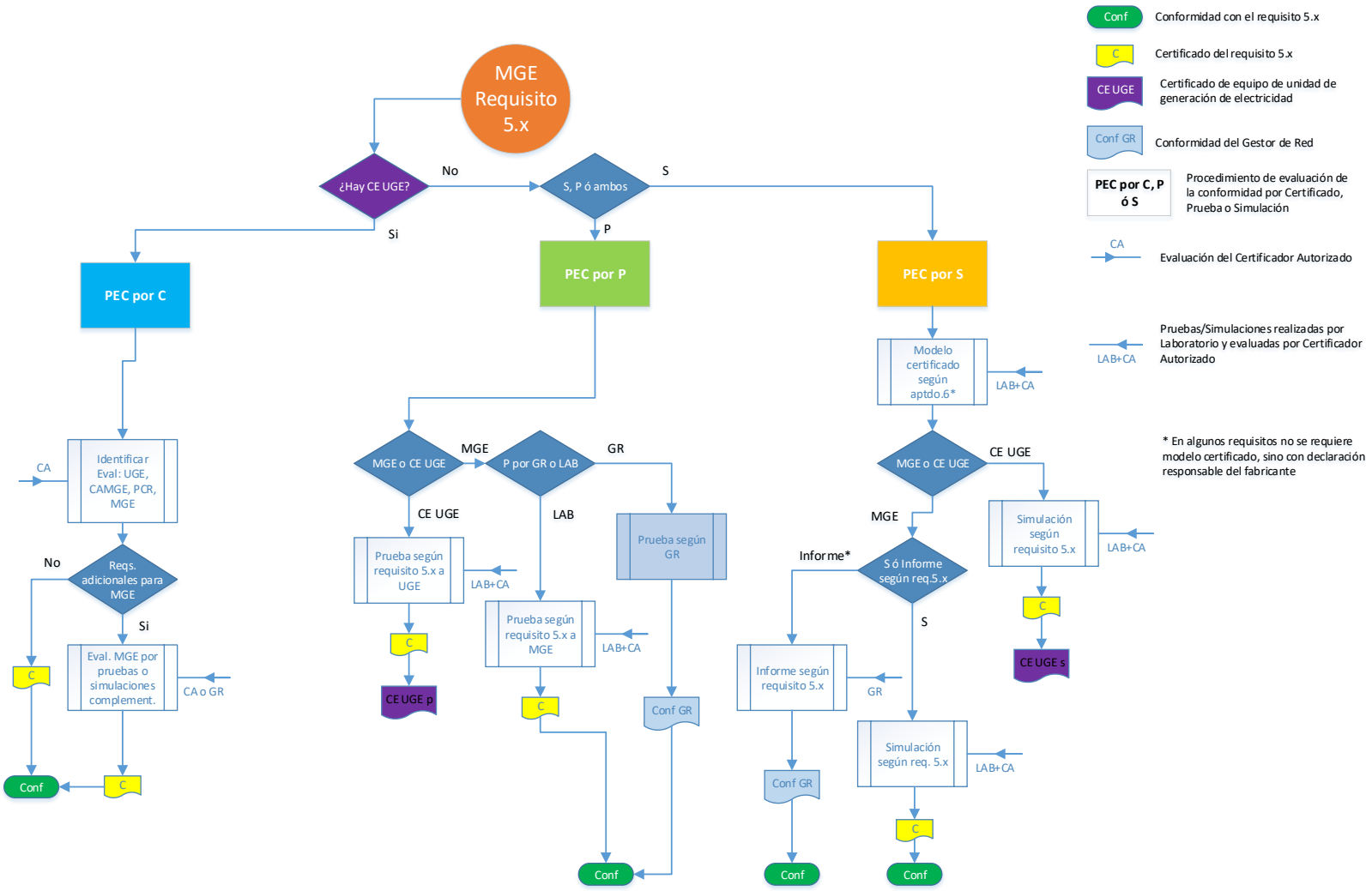


Figura 7. Procedimientos de evaluación de la conformidad. Detallado.

4.2. Procedimiento de evaluación de conformidad por certificados de equipo (PEC por C)

Los **MGE** están formados por las **UGE** y los **CAMGE** que puedan afectar al cumplimiento de los requisitos del **MGE**. Si los **CAMGE** pudieran influir en el cumplimiento de un requisito del **MGE**, deberán tenerse en cuenta a la hora de evaluar su conformidad. En estos casos, será necesario disponer de los **certificados de equipo de todos estos CAMGE** para emitir el **certificado de cumplimiento de un requisito del MGE**.

Los fabricantes de las **UGE** podrán obtener los **certificados de equipo** mediante las pruebas y simulaciones estipuladas en el apartado 5. Por otra parte, los fabricantes de los **CAMGE** podrán obtener los certificados de equipo mediante las pruebas y simulaciones estipuladas en el subapartado 4.6. Dichos **certificados de equipo** serán facilitados posteriormente a los **propietarios** de los **MGE.** En la Figura 8 se detalla procedimiento a seguir para obtener **el certificado del MGE para un requisito:**

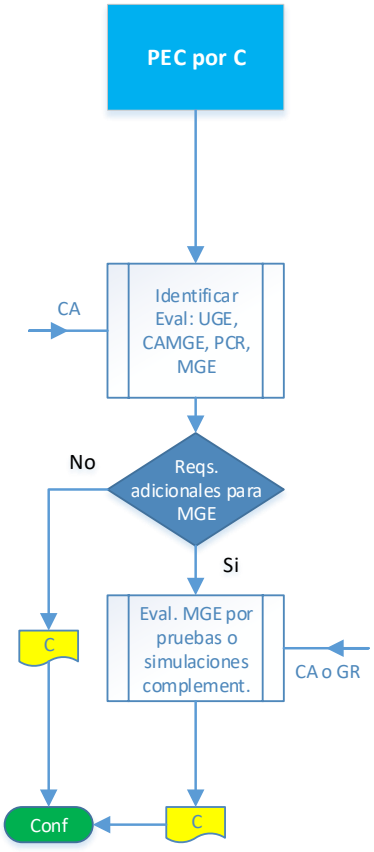


Figura 8. Procedimiento de evaluación de la conformidad por certificado de equipo (PEC por C).

A continuación, se especifica la evaluación de la conformidad por **certificado de equipo** según la significatividad del **MGE**, si bien habrá que tener en cuenta adicionalmente lo indicado en el último párrafo del apartado 3 relativo a las capacidades del **GRP** para poder realizar las verificaciones que resulten oportunas de acuerdo con la legislación vigente.

4.2.1. Evaluación de los MGE

La **evaluación de la conformidad de cada requisito para los MGE** podrá realizarse a partir de los siguientes métodos, considerando siempre la **Tabla 1.**

4.2.1.1. Evaluación de conformidad por certificado.

La **evaluación de la conformidad a través de** los **certificados de equipo** se realizará de la siguiente forma:

1) El **certificador autorizado** identificará los componentes del **MGE** que pudieran afectar al requisito a evaluar: **UGE, CAMGE** y otros elementos (transformador de generación, cables, líneas…).

2) Etapas de la evaluación de la conformidad para cada requisito de la **Tabla 1**:

1. **Evaluación de cada UGE**: Se comprobará que la **UGE** es la misma que la indicada en el **certificado de equipo** o pertenece al mismo tipo (ver subapartado 4.5), comprobando también la coincidencia con la versión de su **firmware** y **software**.
2. **Evaluación de los CAMGE**: Se comprobará que los **CAMGE** son los mismos que los indicados en los **certificados de equipo** o pertenecen al mismo tipo (ver subapartado 4.6), comprobando también la coincidencia con la versión de su **firmware** y **software**.
3. Evaluación del resto de elementos desde **BC** del **MGE** hasta el **PCR**. Se evaluará por parte del certificador autorizado, de forma documental, si tanto la aparamenta, como otros elementos de potencia (transformadores) hasta el PCR, tienen impacto en la evaluación de los requisitos técnicos y se modelarán convenientemente en las simulaciones de conformidad.
4. **Evaluación del MGE en su conjunto**: Englobará todos los puntos anteriores.

3) Para **MGE** que se conecten a la **red de distribución**:

a. Como requisito imprescindible para solicitar la energización del **MGE** al **GRD**, deberá revisarse que los ajustes implementados cumplen el "*Acuerdo sobre ajustes de los sistemas de protección y control adecuados al punto de conexión entre el gestor de red pertinente y el propietario de la instalación de generación de electricidad*" [3] y deberá entregarse un **Informe de revisión de protecciones** realizado por un **organismo de control autorizado**[5], conforme al contenido mínimo especificado en el apartado 7.1.5 de [2].

b. Para el **certificado final de MGE**, el **certificador autorizado** deberá comprobar la compatibilidad de los ajustes según se indica en el punto 4) siguiente. Para realizar dicha comprobación, el **certificador autorizado** podrá utilizar el **Informe de revisión de protecciones**, indicado en el punto a) anterior u otra información.

Para los **MGE** que se conecten a la **red de transporte**, la implementación de los ajustes de protección que requiera coordinación con las protecciones de la **red de transporte** será suministrada por el **propietario del MGE** al **GRT** y será revisado por el **GRT**

[5] Los sistemas de protección están regulados por los reglamentos electrotécnicos. La ITC-RAT-22 en su apartado 3 establece su inspección por parte de un organismo de control autorizado.

conforme a lo establecido en el **procedimiento de operación 11.1 "Criterios generales de protección de la red gestionada"**.

4) Para los **MGE** conectados tanto a la **red de transporte** como a la **red de distribución**, el **propietario del MGE** deberá remitir al **certificador autorizado** los ajustes de los relés o funciones de tensión y frecuencia del **MGE** que pudieran existir. El **certificador autorizado** verificará su compatibilidad con los requisitos de no desconexión establecidos en [1] siguientes:

- Ajustes de frecuencia y tiempo compatibles con lo establecido en la Tabla 1 del artículo 8.2.1 de [1].
- Ajustes de tensión y tiempo compatibles con lo establecido en las Tabla 4 del artículo 8.2.6 de [1].
- Ajustes de tensión y tiempo compatibles con el perfil de hueco de tensión que corresponda al MGE, según lo indicado en el artículo 8.4.3 de [1].
- Ajustes de tensión y tiempo compatibles con las sobretensiones transitorias que correspondan al MGE, según lo indicado en el artículo 8.4.3 de [1].

Esta información quedará reflejada en el certificado final de **MGE**, en el subapartado 7.1.1.

5) Adicionalmente, para aquellos requisitos técnicos del apartado 5 de la **Norma Técnica** en los que no sea suficiente la recolección de los **certificados de equipo** de las **UGE** y los **CAMGE** que así lo requieran, será necesaria su evaluación a nivel **MGE** mediante prueba y/o **simulaciones complementarias** en las condiciones establecidas para cada requisito.

En cualquier caso, para la **emisión del certificado final** de **MGE** se cumplirá lo especificado en el subapartado 4.1.1.

4.2.1.2. Evaluación de conformidad por prueba y/o simulación.

El **procedimiento de evaluación de conformidad de un requisito técnico por prueba y/o simulación** tendrá como objetivo uno de los dos siguientes puntos:

- Obtener directamente la conformidad de dicho requisito para el **MGE** por prueba y/o simulación, u
- obtener el **certificado de equipo** de la **UGE** para dicho requisito por prueba y/o simulación.

4.3. Procedimiento de evaluación de conformidad por prueba (PEC por P)

El **procedimiento de evaluación de conformidad de un requisito técnico por prueba** tendrá como objetivo uno de los dos siguientes puntos:

- Obtener directamente la conformidad de dicho requisito para el **MGE** por prueba, u
- obtener el **certificado de equipo** de la **UGE** para dicho requisito por prueba.

En la **Figura 9** se detalla procedimiento por prueba a seguir para obtener el **certificado final** de **MGE** para un requisito:

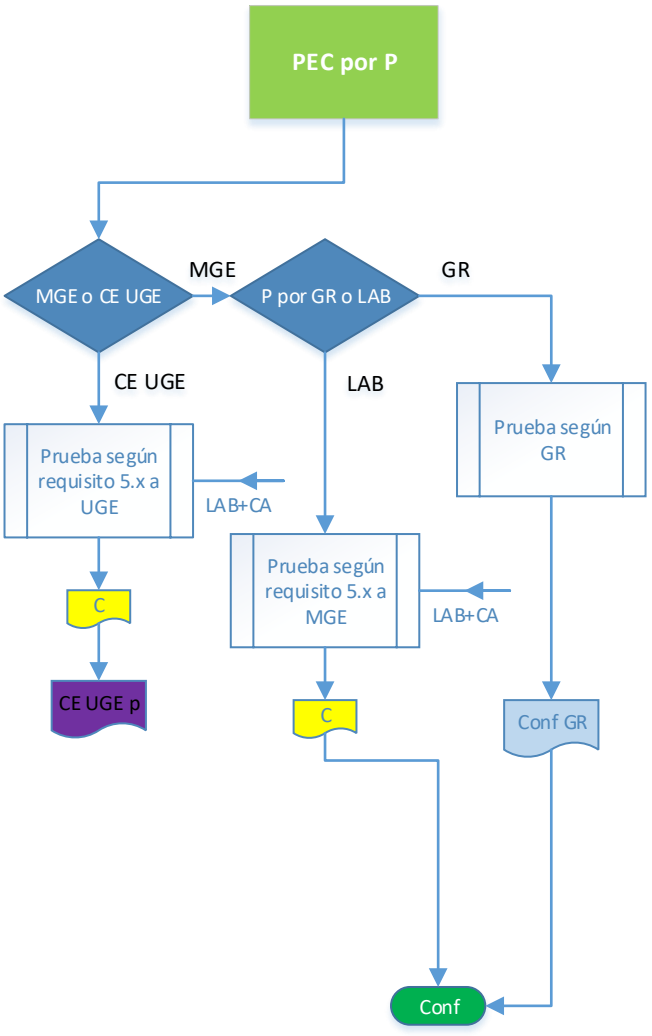


Figura 9. Procedimiento de evaluación de la conformidad por prueba. (PEC por P).

A diferencia del procedimiento de evaluación de conformidad por certificado, no se establecen procedimientos diferenciados según la significatividad del **MGE**. En este caso, la **evaluación de la conformidad a través de pruebas** se realizará de la siguiente forma:

1) El **certificador autorizado** realizará la identificación de componentes del **MGE**: Identificará las **UGE,** los **CAMGE** y otros elementos (transformador de generación, cables, líneas…) que puedan afectar al requisito técnico a evaluar. Estos elementos deberán ser tenidos en cuenta en la realización de los ensayos.

2) La prueba de cada requisito será realizada por la **entidad acreditada** o el **GRD o GRT,** según corresponda, y podrá ser sobre:

   - **MGE** en campo: Se realizarán los ensayos descritos en el apartado 6 de esta **Norma Técnica**. Se deberá identificar si las pruebas las realiza la **entidad acreditada** o el **GRD o GRT,** según corresponda**.** En el primer caso los resultados de los ensayos serán incorporados a un informe de ensayos para evaluación del **certificador autorizado**. En el segundo caso, el **GRD o GRT**, según corresponda**,** evaluará los resultados y notificará por escrito al **propietario** del **MGE** la conformidad del **MGE** para el requisito en cuestión no siendo necesario que se incluya en el certificado final la referencia a dicho escrito.
   - **UGE**: Las pruebas se realizarán sobre la **UGE** con el objetivo de obtener un **certificado de equipo** de la **UGE** por prueba para un determinado requisito.
   - **CAMGE**: Las pruebas se realizarán sobre los **CAMGE** y la **UGE** asociada, con el objetivo de obtener un **certificado de equipo** del **CAMGE** (para una determinada **UGE**) por prueba para un determinado requisito.

3) El **certificador autorizado** evaluará los resultados de las pruebas realizadas por la **entidad acreditada** y emitirá, si la evaluación es positiva, un **certificado de equipo** de la **UGE** o bien un **certificado** de **MGE** para el requisito técnico por parte del **MGE**.

En cualquier caso, para la **emisión del certificado final** de **MGE** se cumplirá lo especificado en el subapartado 4.1.1.

4.4. Procedimiento de evaluación de conformidad por simulación (PEC por S)

El **procedimiento de evaluación de conformidad de un requisito técnico por simulación** tendrá como objetivo uno de los dos siguientes puntos:

- Obtener la conformidad de dicho requisito para el **MGE** por simulación, u
- obtener el **certificado de equipo** de la **UGE o de un CAMGE** para dicho requisito por simulación.

En la **Figura 10** se detalla procedimiento por simulación a seguir para obtener el **certificado del MGE** para un requisito:

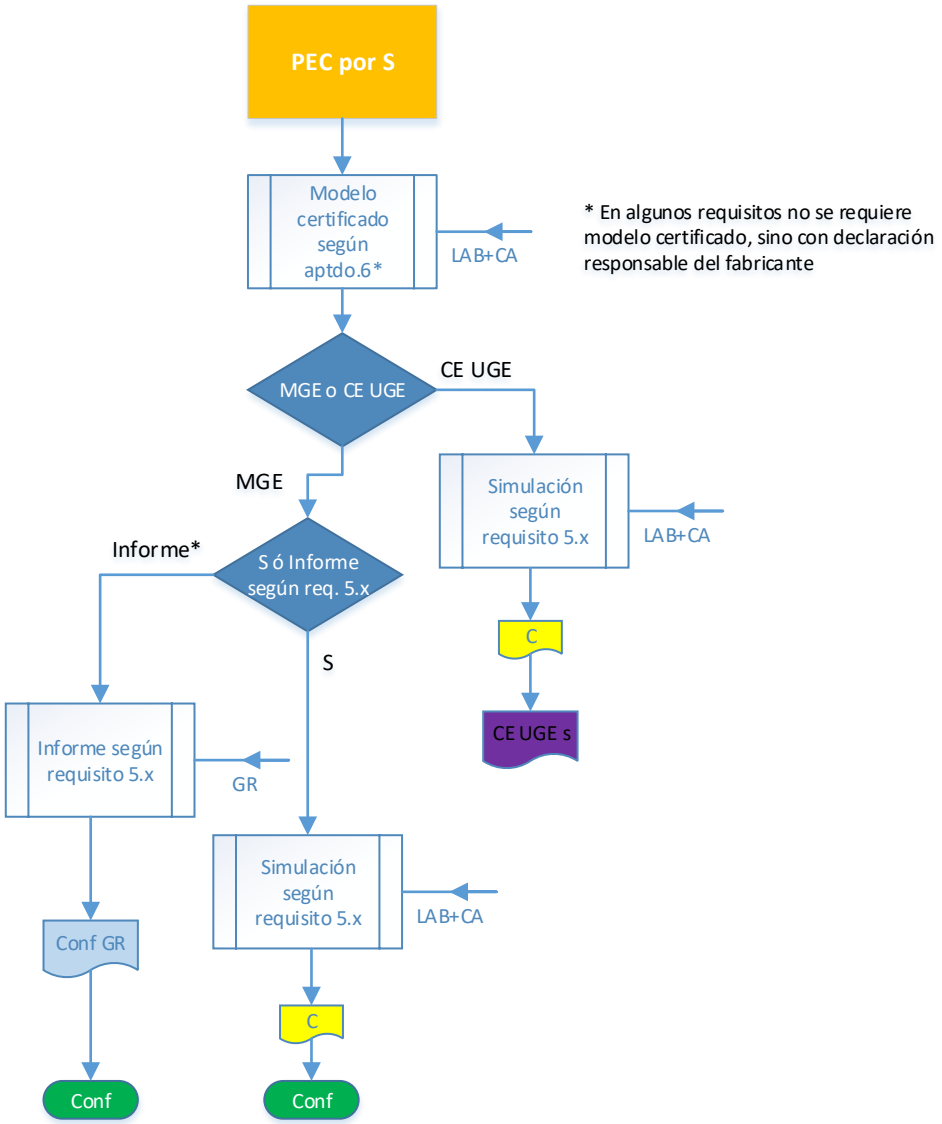


Figura 10. Procedimiento de evaluación de la conformidad por simulación. (PEC por S).

La evaluación de la conformidad a través de simulaciones se realizará de la siguiente forma:

1) En primer lugar, será necesario disponer de un modelo de **MGE**, **UGE** y **CAMGE** certificado por un **certificador autorizado** conforme a lo expuesto en el apartado 6 de la **Norma Técnica**. Las características del modelo para cada requisito a evaluar están indicadas en el apartado 6.

2) La **simulación de un requisito** será realizada por la **entidad acreditada**, con la excepción de las **simulaciones complementarias**, y podrá ser sobre:

   - **MGE**: Se realizarán las **simulaciones** descritas en el apartado 6 de la **Norma Técnica,** y en función de lo especificado en las mismas se procederá de la siguiente manera:
     - Si el **certificador autorizado** requiere simulaciones de una **entidad acreditada**, éstas serán incorporadas a un **informe de simulación** para su posterior evaluación.
     - Si el **GRP** requiere un informe de la **entidad acreditada o de la entidad designada por el MGE (que podría ser el fabricante), el GRP** será quien evaluará y notificará por escrito al **propietario** del **MGE** la conformidad del **MGE** para el requisito en cuestión.

   - **UGE**: La **entidad acreditada** realizará las simulaciones sobre la **UGE** con el objetivo de obtener un **certificado de equipo de la UGE por** simulación para un determinado requisito.
   - **CAMGE:** Las simulaciones se realizarán por una **entidad acreditada** sobre los **CAMGE** y la **UGE** asociada, con el objetivo de obtener un **certificado de equipo del CAMGE (**para una/s determinada/s **UGE**) por simulación para un determinado requisito.

3) El **certificador autorizado** evaluará los resultados de las simulaciones realizadas por la **entidad acreditada,** así como las **simulaciones complementarias**, que no es necesario que sean realizadas por una **entidad acreditada**, y emitirá, si la evaluación es positiva, un **certificado de equipo** de la **UGE** para el requisito evaluado o bien un certificado de cumplimiento del requisito técnico por parte del **MGE**.

En cualquier caso, para la **emisión del certificado final** de **MGE** se cumplirá lo especificado en el subapartado 4.1.1.

4.5. UGE tipo de características similares

Se podrán utilizar **certificados de equipo de una UGE** para otras **UGE de características similares**, sin necesidad de volver a realizar los ensayos. En estos casos, los **certificados de equipo** original se denominarán "**certificados de UGE tipo por requisito**" a efectos de la presente **Norma Técnica**.

El **certificado de UGE para un requisito** tendrá consideración de **certificado de UGE tipo por requisito** cuando se cumplan las condiciones siguientes. En todos los casos, el **certificador autorizado** será quién realice la evaluación:

- **MPE**: se seguirán los siguientes criterios con respecto al equipo ensayado:
    - **UGE** de tecnología eólica:
        - Generador eléctrico con las mismas especificaciones de diseño:
            - Potencia activa nominal ±25% del valor correspondiente al generador eléctrico ensayado.
            - Misma tipología (por ejemplo: asíncrono de jaula de ardilla, doblemente alimentado, etc).
            - Misma tensión de conexión estator (solo generadores asíncronos), considerando una tolerancia en la tensión del ±10%.
            - Relación de transformación ±20% (solo generadores asíncronos).
        - Convertidor(es) electrónico(s), en caso de que existan, con el mismo hardware (que podría ser de diferente fabricante) y especificaciones para soportar huecos de tensión.
        - Tensión de cortocircuito porcentual del transformador, referida a la base de la potencia activa nominal del aerogenerador, comprendida en un intervalo del ±20% del valor correspondiente al aerogenerador ensayado. Este punto no será de aplicación en el caso de **UGE** sin transformador de conexión al circuito de media tensión.
        - Potencia activa nominal del aerogenerador comprendida en un intervalo del ±25% del valor correspondiente al aerogenerador ensayado.

      El fabricante de las **UGE** evaluará si el cumplimiento de los requisitos técnicos se ve afectado por actualizaciones en el **software o el firmware**, y aportará al **certificador autorizado** la información adicional que el **certificador autorizado** considere oportuna, para que determine si dicha actualización tiene impacto en el cumplimiento de los requisitos técnicos.

      Finalmente, el **certificador autorizado** deberá emitir un informe favorable, si procede, sobre la adecuación del cambio propuesto al aerogenerador para seguir considerando la validez de los **certificados de UGE tipo por requisito.**

    - **UGE** de tecnología fotovoltaica u otras tecnologías:

- Misma topología de etapas de potencia. Es decir, misma disposición de etapas de conversión, misma localización de filtros, misma localización de relés, etc.
- Misma clase de aislamiento (transformador de baja frecuencia, de alta frecuencia o sin transformador).
- Mismo régimen de conexión AC (monofásico o trifásico).
- Corriente alterna nominal ±50% con respecto al tipo ensayado.
- Mismo algoritmo de control referente a todos los requisitos técnicos.
- Se considerarán válidas las agrupaciones de varias etapas de potencia (sistemas modulares), sin ser necesaria la repetición de ensayos.

El fabricante de las **UGE** evaluará si el cumplimiento de los requisitos técnicos se ve afectado por actualizaciones en el **software o el firmware**, y aportará al **certificador autorizado** la información adicional que el **certificador autorizado** considere oportuna, para que determine si dicha actualización tiene impacto en el cumplimiento de los requisitos técnicos.

Finalmente, el **certificador autorizado** deberá emitir un informe favorable, si procede, sobre la adecuación del cambio propuesto a la **UGE** para seguir considerando la validez de los **certificados de UGE tipo por requisito.**

- **MGES**: Se admitirá una variación del ±25% de la potencia activa nominal de la **UGE**, considerando que:
  - La **UGE** de **MGES** en su conjunto, es decir, considerando todos los componentes individuales conforme a la denominación empleada en [2] (alternador y motor primario, control de velocidad y potencia, control de tensión incluido PSS, si éste es de aplicación) ha sido certificada previamente conforme a esta **Norma Técnica**.
  - Los componentes individuales comparten el mismo modelo de simulación con los mismos parámetros. No obstante, se admitirán variaciones en estos parámetros si el **certificador autorizado** determina que no tienen impacto en el resultado de las simulaciones que se realicen para evaluar un determinado requisito técnico.

  El fabricante de las **UGE** evaluará si el cumplimiento de los requisitos técnicos se ve afectado por actualizaciones en el **software o el firmware**, y aportará al **certificador autorizado** la información adicional que el **certificador autorizado** considere oportuna, para que determine si dicha actualización tiene impacto en el cumplimiento de los requisitos técnicos.

  Finalmente, el **certificador autorizado** deberá emitir un informe favorable, si procede, sobre la adecuación del cambio propuesto a la **UGE** del **MGES** para seguir considerando la validez de los **certificados de UGE tipo por requisito.**

El **certificado de UGE tipo** por requisito, tanto de **MPE** como de **MGES**, **podrá** contener en su alcance todos los tipos de **UGE** para los que es de aplicación, considerando los criterios anteriormente indicados para definir una **UGE tipo**. De esta forma, en el momento de emitir el **certificado final de MGE**, el **certificador autorizado** utilizará esta información para determinar la aplicabilidad a las **UGE** del **MGE** en evaluación.

4.6. Evaluación del CAMGE

La metodología para la obtención de los certificados de **CAMGE**, se realizará según lo establecido en la **Norma Técnica de Supervisión SEPE** [2].

4.7. Pruebas y simulaciones de unidades generadoras de electricidad según otra normativa

El fabricante de la **UGE o CAMGE** podrá presentar al **certificador autorizado:**

- **Certificados de equipo de UGE y CAMGE por requisito mediante prueba y/o simulación**, siempre emitidos por un **certificador autorizado,** pero según otras normas técnicas de alcance similar a esta **Norma Técnica**.
- **Informes de pruebas y/o simulaciones por requisito**, realizados por una **entidad acreditada** según otras normas técnicas similares a la establecida en esta **Norma Técnica**.

El **certificador autorizado** podrá admitir dichos informes y/o **certificados de equipo** para la evaluación de la conformidad del requisito técnico en cuestión - sin necesidad de repetir el ensayo o simulación - siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

1. El **nivel de exigencia del requisito** en cuestión es igual o mayor al indicado en [1]**.**
2. La norma técnica de certificación del requisito será preferiblemente europea o, en su defecto, reconocida internacionalmente (IEC, IEEE, etc.).
3. Los **métodos de ensayo o simulación** empleados en dicha **Norma Técnica** deberán de ser iguales o más exigentes[6] que los indicados en esta **Norma Técnica**.
4. El ensayo y/o simulación ha sido realizado por una **entidad acreditada** y el **certificado de equipo** emitido por un **certificador autorizado**.

En todos los casos, el **certificador autorizado** siempre indicará en el **certificado de equipo** qué requisitos se evalúan en cada **informe de ensayos, simulación o certificado de equipo** y bajo qué norma técnica han sido emitidos.

No obstante, con el objetivo de aclarar la equivalencia que puede existir entre los certificados emitidos según esta **Norma técnica para SENP** y los emitidos según la **Norma técnica de Supervisión SEPE** [2] se ha elaborado una tabla de equivalencia que se describe en el subapartado 7.1.2.1.

[6] Mayor número de ensayos y simulaciones y menor tolerancia en los errores admitidos

5. METODOLOGÍA DE PRUEBAS Y SIMULACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS

A continuación, del subapartado 5.1 al subapartado 5.11, se explica la metodología a seguir para realizar las **pruebas y simulaciones** sobre el **MGE** y **UGE**, conforme a los procedimientos indicados en el apartado 4.

Los **equipos de medida e instrumentación** (conjunto de filtro, convertidor analógico/digital y sistema de adquisición de datos (los osciloscopios y/o analizadores de potencia)), para realizar las pruebas, tendrán la capacidad de medir con un error máximo conforme a la **Tabla 2** y estar calibrados.

Magnitud	Valor
Error máximo en la medida de tensión	±0,5 % de Un
Error máximo en la medida de corriente	±0,5 % de In
Error máximo en la medida de frecuencia	±10 mHz

Tabla 2. Errores máximos admitidos en las medidas debidos a los equipos de medida.

Adicionalmente también se considerarán los **siguientes aspectos** para los equipos de medida e instrumentación:

- La exactitud del equipo utilizado como fuente de tensión y frecuencia en las pruebas que lo requieran será asegurada y verificada por el equipo de medida, requiriendo un THD < 1% (**IEC 61000-3-7**) y una asimetría inferior a μ< 0,5 % (**IEC 61000-3-13**) en funcionamiento estable (sin transitorios de cambio).
- La frecuencia de muestreo mínima para la tensión e intensidad será al menos de 3 kHz, no obstante, se requerirá una frecuencia de muestreo igual o superior a 10 kHz para la evaluación de los requisitos relacionados con la robustez.

Los transductores (transformadores de tensión, transformadores de intensidad, sondas Rogowsky, divisores resistivos compensados electrónicamente, etc.) necesarios para la conexión al **PCR** deberán ser al menos de clase 1 y podrán ser los ya instalados en el **MGE**.

5.1. Modo de regulación potencia-frecuencia limitado sobrefrecuencia (MRPFL-O)

5.1.1. Objetivo

El objetivo es verificar que el **MGE** es **capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia** conforme a lo indicado en:

- Artículo 8.2.3 de [1].

La **conformidad del MGE** con este requisito se podrá evaluar a través de:

- **prueba y simulación,** o
- **certificado de equipo**

Los posibles **niveles de evaluación** para este requisito son:

- **MGE**
- **UGE cuando:**
  - El **MGE** no tenga un control de regulación potencia-frecuencia de orden jerárquico superior a la propia **UGE**, y
  - El **CAMGE** no limite la respuesta de la **UGE** para este requisito.

Cuando exista un **CAMGE** que pueda afectar a la regulación proporcionada por el **MRPFL-O** de la **UGE**, además del ensayo de las **UGE**, o de los **certificados de equipo** por ensayo de las **UGE**, será necesaria una **simulación complementaria** del **MGE**, de acuerdo con lo estipulado en 5.1.3 para verificar que el requisito de **MRPFL-O** se cumple en **BC**, y no sólo a nivel de **UGE**.

En el caso de que no exista dicho **CAMGE**, será necesario el ensayo y simulación de las **UGE**, o sus **certificados de equipo** por ensayo y simulación, no siendo necesaria la **simulación complementaria**.

El **operador del sistema** especificará al **propietario** del **MGE e**l valor requerido del ajuste final de la **UGE.** El **propietario** del **MGE** será responsable de comunicar este ajuste al **certificador autorizado** para que pueda evaluar los criterios de aceptación**.**

Es importante tener en cuenta los siguientes términos:

- **Δf**: desvío de la frecuencia f respecto de 50 Hz (Δf = f – 50).
- **ΔP**: respuesta en potencia activa esperada ante un desvío de frecuencia (Δf) calculada a través de la siguiente ecuación:

$$|\Delta P| = \frac{|\Delta f| - |\Delta f_1|}{f_n} \times \frac{P_{max}}{s_2} \times 100$$

A efectos de esta **Norma Técnica** y para la determinación de los tiempos de respuesta, se introducen los siguientes términos:

- $\mathbf{P_0}$: potencia activa de la **UGE** previa a la aplicación de un ensayo (o cambio de frecuencia).
- $\mathbf{P_{fin}}$: potencia activa final de la **UGE** tras la aplicación de un ensayo (o cambio de frecuencia).

- **ΔP_{ensayo}:** desvío de la potencia activa respecto de la potencia activa (P_0) previa a la aplicación de un ensayo: $\Delta P_{ensayo} = P_{fin} - P_0$
- **Tiempo de retraso inicial (t_a)**: tiempo de activación del **MRPFL-O**. En lo que aplica a esta **Norma Técnica**, la referencia que se empleará para medir este tiempo será desde que se detecte un cambio de frecuencia del cual se espere regulación hasta cuando se produzca una variación del 1% del ΔP_{ensayo}. En caso de modificar la frecuencia mediante una fuente de alimentación conectada al controlador, se restarán 20 ms desde el cambio de consigna a la **UGE**, para que se pueda detectar un ciclo completo con esta nueva frecuencia.
- **Tiempo de respuesta (t_r)**: En lo que aplica a esta **Norma Técnica**, el valor de t_r será el tiempo para alcanzar el 90% de ΔP_{ensayo} (sin incluir el tiempo de retraso inicial t_a) teniendo en cuenta los valores de potencia activa previa a la perturbación (P_0) y final (P_{fin}) **medidos**. Es decir, si, por ejemplo, P_0=7%P_{max} y la potencia final medida es P_{fin}=14%P_{max}**, ΔP_{ensayo}=7%P_{max},** siendo el 90%ΔP_{ensayo}= 6,3%P_{max}, y el valor de t_r será el correspondiente al valor de P_0+6,3%P_{max} = 13,3% P_{max}.
- **Tiempo de establecimiento (t_e):** En lo que aplica a esta **Norma Técnica** el valor de t_e será el tiempo para que la respuesta permanezca dentro de una banda de tolerancia menor al ±5% del ΔP_{ensayo} (sin incluir el tiempo de retraso inicial t_a) (**Figura 11**). Si, por ejemplo, P_0=7%P_{max} y la potencia final medida es P_{fin}=14%P_{max}, ΔP_{ensayo}=7%P_{max}, siendo el 5%ΔP_{ensayo}= 0,35%P_{max}, y el valor de t_e será el correspondiente al último valor de P que entra dentro de la banda entre P_{fin}-5%ΔP = 13,65% P_{max} y P_{fin}+5%ΔP = 14,35% P_{max}. No obstante, y en lo que aplica a esta **Norma Técnica** en los **ensayos**, se considerará como admisible, un error permanente, entre el valor final medido y el valor esperado, menor del ±5% de la P_{max} de la **UGE.** Además, para los ensayos en los que el desvió de potencia sea menor o igual al 20% de **P_{max}** de la **UGE** y en caso de que la respuesta sea oscilatoria y no permita evaluar el tiempo de establecimiento, se podrá utilizar una línea de tendencia para verificar que la respuesta sea amortiguada y coherente con el tiempo de establecimiento requerido en el requisito.

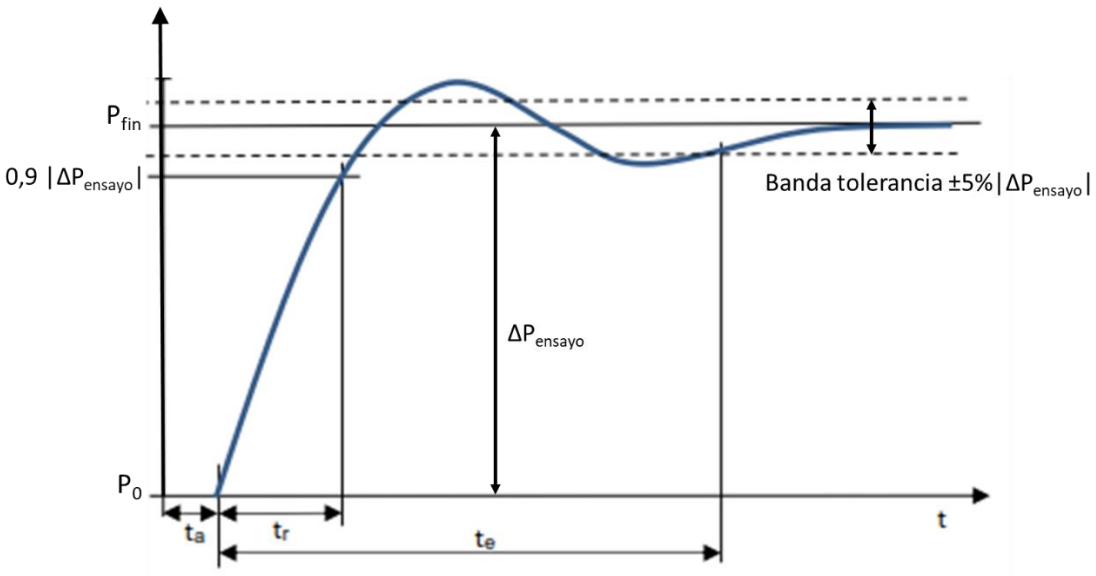


Figura 11. Ejemplo de respuesta en potencia que ilustra los tiempos t_a, t_r, y t_e definidos más arriba.

5.1.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE

5.1.2.1. Método de ensayo de la UGE

En este subapartado se detalla cómo se **ensayará** la **activación del MRPFL-O** en los umbrales de frecuencia establecidos y los **tiempos de activación del MRPFL-O**.

Las **condiciones de ensayo** serán las siguientes alternativas:

- Una fuente de alimentación conectada en los bornes de la **UGE** cuando la **UGE** esté desconectada de la red.
- Una **UGE** conectada a la red.

Independientemente de si la **UGE** está conectada o no a la red, se procederá a **modificar la frecuencia de entrada** a la **UGE** mediante una de las siguientes alternativas:

1. Un dispositivo (interno o externo) para introducir una entrada digital o analógica en el sistema de control de la **UGE**.
2. Una modificación directa del valor de referencia de la frecuencia en el sistema de control de la **UGE**.
3. Modificación directa de la frecuencia en los bornes de la **UGE** cuando la fuente de alimentación tenga capacidad para modificar la frecuencia de salida.

Para **ensayar este requisito** se seguirá la siguiente **secuencia de acciones**:

- Se **deshabilitarán** los controles **MRPF y MRPFL-U** de la **UGE**.
- Se **realizarán** los **ensayos** descritos en las tablas siguientes: **Tabla 3** a **Tabla 6.**
- Para cada ensayo anterior se **medirá en bornes de UGE,** en función del punto de conexión de la fuente de alimentación. En cualquier caso, el equipo de medida siempre registrará tensión y corriente, siendo el resto de las magnitudes calculadas a partir de éstas.
- Se **habilitarán** los controles **MRPF y MRPFL-U** de la **UGE**.
- Se comprobará, y se dejará constancia en el informe de ensayos, que el **MRPFL-O** tiene implementados los siguientes ajustes en la **UGE**:
    - El umbral de activación Δf_1 será igual a 0,25 Hz (50,25 Hz).
    - El estatismo s_2 será igual al 4%.

Para ello, se efectuarán los ensayos correspondientes a los rangos de frecuencia extremos (50,2 Hz y 50,5 Hz) y a los valores de estatismo extremos (2% y 12%), de forma que quede cubierta toda la capacidad.

Las condiciones iniciales para desarrollar el ensayo serán a frecuencia nominal, f_n, (50 Hz ± 10 mHz), a tensión nominal (±5%) y a la siguiente potencia activa inicial (P_{ini}), que garantice la posibilidad de evaluar las reducciones de potencia requeridas en los tiempos establecidos en [1]:

- Para ensayos en laboratorio**:** La **Potencia activa inicial previa a la secuencia de ensayos se corresponderá con la capacidad máxima de la UGE.**

- Para ensayos en campo**:** La **Potencia activa inicial previa a la secuencia de ensayos se corresponderá, como mínimo, con:**
  - El nivel mínimo de regulación de la **UGE** (de un **MGES**) será mayor o igual al 45% de la capacidad máxima (P_{max}) de la **UGE**. En el caso de que el nivel mínimo de regulación declarado por el fabricante sea superior al 55% de P_{max}, el ensayo se realizará a una potencia activa inicial igual a P_{max}.
  - El nivel mínimo de regulación de la **UGE** (de un **MPE**) será mayor o igual al 50% de la capacidad máxima (P_{max}) de la **UGE**.

En ningún caso los ensayos implicarán una reducción de potencia activa por debajo del nivel mínimo de regulación declarado por el fabricante.

En cuanto a la potencia reactiva inicial en el ensayo, será nula, tanto para **MPE** como **MGES**.

A continuación, se detalla cómo se **ensayará la capacidad de activación del MRPFL-O** a 50,2 Hz y 50,5 Hz, para estatismos del 2% y del 12%, conforme a los requisitos indicados en [1]. Los escalones de frecuencia generados serán lo suficientemente amplios para activar un cambio de potencia activa mayor o igual al 10% de la P_{max} de la **UGE**. Por lo tanto, en los ensayos en los que el desvío de potencia activa esperado es menor o igual del 10% de la P_{max} de **UGE** no se evaluará los tiempos de respuesta t_r y t_e.

Se medirá, cómo mínimo durante 1 minuto en cada escalón de frecuencia, y en cualquier caso suficiente tiempo para que se estabilice la respuesta por escalón de frecuencia, y se registrará la potencia activa media (P (%) registrada) y los tiempos correspondientes (t_r y t_e).

Se realizarán los ensayos para todo el rango admisible de s_2 y Δf_1, considerando las siguientes combinaciones para evaluar la **capacidad de la UGE para este requisito**. Los ensayos a realizar se denominarán de la siguiente forma:

- Ensayo **OS2F2**: s_2=2% y Δf_1=0,2 Hz (**Tabla 3**).
- Ensayo **OS2F5**: s_2=2% y Δf_1=0,5 Hz (**Tabla 4**).
- Ensayo **OS12F2**: s_2=12% y Δf_1=0,2 Hz (**Tabla 5**).
- Ensayo **OS12F5**: s_2=12% y Δf_1=0,5 Hz (**Tabla 6**).

En las tablas siguientes se describen estos ensayos y los escalones de frecuencia (Δf) necesarios, así como la variación de potencia activa esperada en cada ensayo (ΔP_{ensayo}) y los tiempos de respuesta necesarios.

Se seguirá la secuencia del ensayo indicada en las tablas siguientes, fila a fila, partiendo del valor final de frecuencia del ensayo anterior. Los ensayos en los que en la primera columna se especifique **MGES** o **MPE**, serán sólo de aplicación a **UGE** de **MGES** o **MPE**, respectivamente. Por ejemplo, en el ensayo OS2F2, una **UGE** de un **MPE** realizará los ensayos: 1, 2, 3, 4, 5 y 6b, en este orden.

OS2F2									
Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})	90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)	t_a (s)	t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	50,10	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	50,10	50,50	-30%						
3	50,50	50,70	-20%						
4	50,70	50,50	+20%						
5	50,50	50,10	+30%			N/A	N/A	N/A	N/A
6a MGES	50,10	50,65	-45%						
6b MPE	50,10	50,70	-50%						

Tabla 3. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 50,2 Hz.

OS2F5									
Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})	90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)	t_a (s)	t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	50,40	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	50,40	50,80	-30%						
3	50,80	51,00	-20%						
4	51,00	50,80	+20%						
5	50,80	50,10	+30%			N/A	N/A	N/A	N/A
6a MGES	50,10	50,95	-45%						
6b MPE	50,10	51,00	-50%						

Tabla 4. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 50,5 Hz.

OS12F2									
Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})	90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)	t_a (s)	t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	50,10	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	50,10	51,40	-20%						
3	51,40	50,30	+18,33%						

Tabla 5. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 50,2 Hz.

OS12F5									
Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})	90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)	t_a (s)	t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	50,40	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	50,40	51,40	-15%						
3	51,40	50,60	+13,33%						

Tabla 6. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 50,5 Hz.

5.1.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE

Se considerará que la **UGE** es **capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia** si se cumplen todas las condiciones siguientes:

1) No se producen oscilaciones no amortiguadas en la respuesta en la transición entre puntos de ensayo.
2) Los resultados cumplen todos los requisitos establecidos en [1].
3) Ante **reducciones de potencia activa** durante la subida de frecuencia y estando el MRPFL-O activo:
   - El **tiempo de retraso inicial (t_a)** será:
     - t_a será menor o igual al tiempo de activación de la respuesta en potencia establecido para el modo **MRPF** porque éste define la capacidad técnica de respuesta en potencia del **MGE**.
     - Si t_a fuera superior al valor máximo admisible de retraso inicial t_1 definido en el apartado 5.3.2.2 de esta **Norma Técnica**: el **propietario** del **MGE** deberá aportar pruebas técnicas que justifiquen dicho valor al **GRT,** tal y como se establece en [1]. Si el **GRT** aceptara la justificación, éste emitirá su conformidad por escrito al **propietario** del **MGE** que deberá remitirla al **certificador autorizado** para que sea incorporada en el **certificado final** de **MGE**.

De manera opcional y con finalidad de certificar la UGE según la NTS SEPE, se deberán cumplir los siguientes criterios:

- El **tiempo de respuesta** (t_r) será:
  - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 8 s para una variación de potencia activa de hasta el 45% de la potencia máxima.
  - Para **UGE** de **MPE**: menor o igual a 2 s para una variación de potencia activa de hasta el 50% de la potencia máxima.
  -
- El **tiempo de establecimiento** (t_e) será:
  - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 30 s.
  - Para **UGE** de **MPE**: menor o igual a 20 s.

4) Ante **incrementos de potencia activa** durante la bajada de frecuencia y estando el **MRPFL-O** activo:
   - El **tiempo de retraso inicial (t_a)** será:
     - t_a será menor o igual al tiempo de activación de la respuesta en potencia establecido para el modo **MRPF** porque éste define la capacidad técnica de respuesta en potencia del **MGE**.
     - Si t_a fuera superior al valor máximo admisible de retraso inicial t_1 definido en el apartado 5.3.2.2 de esta **Norma Técnica**, el propietario del **MGE** deberá aportar pruebas técnicas que justifiquen dicho valor al **GRT**, tal y

como se establece en [1]. Si el **GRT** aceptara la justificación, éste emitirá su conformidad por escrito al propietario del **MGE** que deberá remitirla al certificador autorizado para que sea incorporada en el certificado final de **MGE**.

De manera opcional y con finalidad de certificar la UGE según la NTS SEPE, se deberán cumplir los siguientes criterios:

- El **tiempo de respuesta** (t_r) será:
    - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 5 minutos para una variación de potencia activa de hasta el 20% de la potencia máxima. Este comportamiento lento no será aceptable cuando el sentido de la variación de frecuencia hubiera revertido pocos segundos antes, en cuyo caso, se esperarán tiempos de repuesta similares al caso de reducción de potencia activa.
    - Para **UGE** de **MPE** no eólicos: menor o igual a 10 s para una variación de potencia activa de hasta el 50% de la potencia máxima.
    - Para **UGE** de **MPE** eólicos: menor o igual a 5 s para una variación de potencia activa de hasta el 20% de la potencia máxima si la potencia está por encima del 50% de la potencia máxima. Para potencias inferiores al 50% de la potencia máxima, el tiempo de respuesta será tan bajo como técnicamente sea posible. El **propietario** del **MGE** deberá aportar pruebas técnicas que justifiquen dicho valor al **GRT**. Si el **GRT** aceptara la justificación, éste emitirá su conformidad por escrito al **propietario** del **MGE** que deberá remitirla al **certificador autorizado** para que sea incorporada en el **certificado final** de **MGE**.

- El **tiempo de establecimiento** (t_e) será:
    - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 6 minutos. Este comportamiento lento no será aceptable cuando el sentido de la variación de frecuencia hubiera revertido pocos segundos antes, en cuyo caso, se esperarán tiempos de repuesta similares al caso de reducción de potencia activa.
    - Para **UGE** de **MPE**: menor o igual a 30 s.

5) En los ensayos, se admitirá una desviación del ±5% de la P_{max} en la potencia activa registrada respecto a la potencia activa esperada conforme a las tablas del subapartado 5.1.2.1.

El **certificador autorizado** emitirá un **certificado de equipo de UGE por ensayo para este requisito,** dejando constancia del método de ensayo seguido, cuando evalúe positivamente que:

- El requisito **MRPFL-O** se cumple para los rangos de estatismo y frecuencias ensayados.
- El ajuste de la **UGE** se corresponde con el requerido por el **operador del sistema**.

5.1.2.3. Método de simulación de la UGE

En el caso de que el **MGE** no cuente con un **CAMGE** que pueda modificar la respuesta **MRPFL-O** de la **UGE**, será necesaria la simulación de la **UGE**, o sus **certificados de equipo por simulación**, no siendo necesaria la **simulación complementaria**.

En este subapartado se detalla cómo se **evaluará** el **requisito de MRPFL-O mediante simulación**.

Se utilizará el **modelo certificado** conforme al apartado 6 y se replicarán los ensayos del subapartado 5.1.2.1. Para llevar a cabo las simulaciones se considerarán los siguientes aspectos:

- Red utilizada en la simulación: se utilizará una red infinita representada por un generador de constante de inercia (H) de 5 s (en caso de que la herramienta de simulación requiriese este dato) y potencia aparente al menos cien veces superior a la potencia aparente de la **UGE** a analizar.
- Configuración de otros sistemas de control de la **UGE**: se mantendrán activos los sistemas de control de tensión y regulación potencia-frecuencia. Sus parámetros serán fijos durante la simulación.

El proceso de ejecución de las simulaciones será el siguiente:

La simulación se inicializará correctamente, es decir, las derivadas de las variables de estado del sistema serán nulas.

- Se comenzará en estado estacionario, estableciendo:
  - Tensión 1 p.u. en **bornas de la UGE**.
  - **UGE** de **MGES:** Potencia reactiva menor o igual a cero.
  - **UGE** de **MPE**: Potencia reactiva nula.
  - Se simularán tres niveles de potencia activa: mínimo nivel de regulación, 20%P_{max} y 90%P_{max}. Si el nivel mínimo de regulación coincide con el 20%P_{max}, se elegirá 30%P_{max} como segundo nivel de potencia activa.

- Se iniciará la simulación sin perturbación. Transcurridos 100 ms, se aplicarán incrementos de frecuencia de 0,1 Hz, como máximo, y si la herramienta de simulación lo permite, mediante la aplicación de pares mecánicos adicionales al generador que representa a la red infinita (equivale a disminuir la demanda del sistema) hasta que se alcance un nuevo régimen permanente.

5.1.2.4. Criterio de aceptación de las simulaciones de la UGE

El informe de simulación a realizar por la **entidad acreditada** recogerá los resultados de las simulaciones indicadas en el subapartado 5.1.2.3.

Los criterios de aceptación de los resultados de las simulaciones serán los mismos que los indicados para los ensayos en el subapartado 5.1.2.2, excepto el punto 5) donde se admitirá sólo una desviación, entre la potencia activa esperada y registrada, del ±5% respecto ΔP_{ensayo} (en lugar de P_{max}). Adicionalmente se deberá observar una evolución de la potencia activa estable y bien amortiguada.

En caso de que se cumpla lo anterior, el **certificador autorizado** dará la aprobación al informe y emitirá un c**ertificado de UGE por simulación para este requisito.** Este certificado incluirá toda

la información de las simulaciones además de la identificación de forma inequívoca de las mismas.
El **certificador autorizado** emitirá el **certificado para este requisito** a nivel de **UGE**, según el alcance de la simulación realizada. Los certificados se emitirán tras evaluar positivamente que:

- El requisito **MRPFL-O** se cumple para los rangos de estatismo y frecuencias ensayados.
- El ajuste de la **UGE** se corresponde con el requerido por el **operador del sistema**.

5.1.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE

En el caso de que exista un **CAMGE** que pueda afectar a la regulación proporcionada por el **MRPFL-O** de la **UGE,** además del **ensayo** de las **UGE**, o de los **certificados de equipo** de las **UGE,** será necesaria una **simulación complementaria** del **MGE** para verificar que el requisito de **MRPFL-O** se cumple en **BC**, y no sólo a nivel de **UGE.**

Con el modelo completo del **MGE**, - no se admitirán modelos equivalentes, con la excepción especificada en el subapartado 7.5 - se realizarán las simulaciones con las siguientes condiciones iniciales:

- $P=P_{max}$ a nivel de **MGE**.
- Tensión de 1 p.u. en el lado de alta del transformador de **MGE**.
- Q = 0 a nivel de **MGE**.
- S_{cc} infinita o equivalente de red.
- El umbral de activación Δf_1 igual a 0,25 Hz.
- El estatismo s_2 igual al 4%.

En las simulaciones se realizará un barrido de frecuencias según la **Tabla 7:**

Nº punto de simulación	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5% ΔP_{ensayo})	90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)	t_a (s)	t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	50,25	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	50,25	50,65	-20%						
3	50,65	51,05	-20%						
4	51,05	51,45	-20%						
5	51,45	51,05	20%						
6	51,05	50,65	20%						
7	50,65	50,30	17,5%						
8	50,30	50,00	2,5%			N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 7. Simulación complementaria MRPFL-O.

Los criterios de aceptación serán los mismos que los indicados en el subapartado 5.1.2.4.
El certificado de **MGE** para este requisito se emitirá bajo la versión correspondiente con la de los certificados de **UGE** y/o **CAMGE** utilizados, aunque las **simulaciones complementarias** se hayan realizado según esta versión de la **Norma Técnica**.

El informe de **simulación complementaria** deberá contener, al menos, la siguiente información:

- Descripción del **MGE**, incluyendo **BC.**
- Modelo del **MGE:**

  - Plataforma de simulación y versión.
  - Características de la red equivalente.
  - Datos del modelo(s) de **UGE**(s), incluyendo su certificado/informe de validación, plataforma de simulación y versión y parámetros utilizados en las simulaciones.
  - Datos del modelo(s) de **CAMGE**(s), incluyendo su certificado/informe de validación, plataforma de simulación y versión y parámetros utilizados en las simulaciones.
  - Descripción del modelado de los demás componentes del **MGE.**
- Resultados:
  - Tabla similar a la **Tabla 7** cumplimentada, indicando el cumplimiento de cada una de las simulaciones.
  - Exportables de los paquetes de simulación. A petición del **GRP**, se entregará el modelo del **MGE** utilizado en las simulaciones.
- Conclusiones.

5.1.4. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE

En el caso de que el **propietario** del **MGE** no disponga de los **certificados de equipo** para **UGE** y **CAMGE** para este requisito técnico, será necesario que se realicen los ensayos y simulaciones descritos en los subapartados 5.1.2.1 y 5.1.2.3, respectivamente, a nivel de **MGE**. Si se cumplen los criterios de aceptación para ensayos y simulaciones descritos en los subapartados 5.1.2.2 y 5.1.2.4, respectivamente, el **certificador autorizado** emitirá un **certificado** de **MGE** para este requisito sin necesidad de realizar las **simulaciones complementarias** estipuladas en el subapartado 5.1.3.

5.2. Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)

5.2.1. Objetivo.

El objetivo es verificar que el **MGE** es **capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia** conforme a lo indicado en:

- artículo 8.2.4 de [1]

La conformidad del MGE con este requisito se podrá evaluar a través de:

- **prueba y simulación,** o
- **certificado de equipo**.

Los posibles **niveles de evaluación** para este requisito son:

- **MGE,** o
- **UGE cuando:**
  - El **MGE** no tenga un control de regulación potencia-frecuencia de orden jerárquico superior a la propia **UGE**, y
  - El **CAMGE** no limite la respuesta de la **UGE** para este requisito.

En el caso de que exista un **CAMGE** que pueda afectar a la regulación proporcionada por el **MRPFL-U** de la **UGE,** además del **ensayo** de las **UGE**, o de los **certificados de equipo** de las **UGE,** será necesaria una **simulación complementaria** del **MGE**, de acuerdo a lo estipulado en 5.2.3 para verificar que el requisito de **MRPFL-U** se cumple en **BC**, y no sólo a nivel de **UGE.**

En el caso de que no exista dicho **CAMGE**, será necesario el ensayo y simulación de las **UGE**, o sus **certificados de equipo**, no siendo necesaria la **simulación complementaria**.

El **operador del sistema** especificará al **propietario** del **MGE e**l valor requerido del ajuste final de la **UGE.** El **propietario** del **MGE** será responsable de comunicar este ajuste al **certificador autorizado** para que pueda evaluar los criterios de aceptación**.**

Se utilizarán los mismos términos que los definidos en el subapartado 5.1.1.

5.2.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE

5.2.2.1. Método de ensayo de la UGE

En este subapartado se detalla cómo se **ensayarán** tanto la **activación del MRPFL-U** en los umbrales de frecuencia establecidos como los **tiempos de activación** del **MRPFL-U**.

Para **ensayar este requisito** se utilizarán los términos, las condiciones de ensayo, la forma de modificar la frecuencia de entrada y la **secuencia de acciones** análoga a la llevada a cabo en el subapartado 5.1.2.1 (**MRPFL-O**).

Se comprobará, y se reflejará en el informe de ensayos, que el **MRPFL-U** tiene implementados los siguientes ajustes en la **UGE**:

- El umbral de activación Δf_1 será igual a -0,25 Hz (49,75 Hz).
- El estatismo s_2 será igual al 4%.

Para ello, se efectuarán los ensayos correspondientes a los rangos de frecuencia extremos (49,8 Hz y 49,5 Hz) y a los valores de estatismo extremos (2% y 12%), de forma que quede cubierta toda la capacidad.

Las condiciones iniciales para desarrollar el ensayo serán a frecuencia nominal, f_n, (50 Hz ± 10 mHz), a tensión nominal (±5%) y a la siguiente potencia activa inicial (P_{ini}), que garantizará la posibilidad de evaluar los incrementos de potencia requeridos en los tiempos establecidos en [1]:
Tanto para ensayos en laboratorio como en campo, la potencia inicial previa a la secuencia de ensayos (P_{ini}) deberá corresponder:

- Para **UGE** de **MGES** y **UGE** de **MPE** no eólicos: con el nivel mínimo de regulación de la **UGE**. Si el nivel mínimo de regulación es tan elevado que se alcanza la capacidad máxima de la **UGE** en alguno de los escalones de frecuencia presentados los ensayos, se deberán reajustar los escalones de frecuencia.
- Para **UGE** de **MPE** eólicos: con el 50% de la capacidad máxima (P_{max}) de la **UGE**.

En ningún caso los ensayos implicarán un incremento de potencia activa superior a la **capacidad máxima** declarada por el fabricante.

En cuanto a la potencia reactiva inicial en el ensayo, será nula, tanto para **MPE** como **MGES**.

A continuación, se detalla cómo se **ensayará la activación del MRPFL-U** a 49,8 Hz y 49,5 Hz, para estatismos del 2% y del 12%, conforme a los requisitos indicados en [1]. Los escalones de frecuencia generados deben ser lo suficientemente grandes como para activar un cambio de potencia activa de al menos el 10% de la P_{max} de la **UGE**. Por lo tanto, en los ensayos en los que el desvío de potencia activa esperado es menor al 10% de P_{max} de la **UGE** no se evaluará los tiempos de respuesta t_r y t_e.

Se medirá, como mínimo durante 1 minuto en cada escalón de frecuencia, y en cualquier caso suficiente tiempo para que se estabilice la respuesta por escalón de frecuencia y se registrará la potencia activa media y los tiempos correspondientes.

Se realizarán los ensayos para todo el rango admisible de s_2 y Δf_1, considerando las siguientes combinaciones de cara a certificar la capacidad de la **UGE**. Los ensayos a realizar se denominarán de la siguiente forma:

- Ensayo **US2F2**: s_2=2% y Δf_1=-0,2 Hz (**Tabla 8**).
- Ensayo **US2F5**: s_2=2% y Δf_1=-0,5 Hz (**Tabla 9**).
- Ensayo **US12F2**: s_2=12% y Δf_1=-0,2 Hz (**Tabla 10**).
- Ensayo **US12F5**: s_2=12% y Δf_1=-0,5 Hz (**Tabla 11**).

En las tablas siguientes se describen estos ensayos y los escalones de frecuencia (Δf) necesarios, así como la variación de potencia activa esperada en cada ensayo (ΔP_{ensayo}). Se seguirá la secuencia de ensayos indicada en las tablas siguientes, fila a fila partiendo del valor final del ensayo anterior.

US2F2									
Nº punto de ensayo	**f_0 (Hz)**	**f_{fin} (Hz)**	**ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})**	**ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})**	**90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)**	**t_a (s)**	**t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)**
1	50,00	49,90	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	49,90	49,60	+20%						
3	49,60	49,40	+20%						
4	49,40	49,70	-30%						
5	49,70	50,00	-10%			N/A	N/A	N/A	N/A
6 MPE No éol.	50,00	49,30	+50%						

Tabla 8. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 49,8 Hz.

US2F5									
Nº punto de ensayo	**f_0 (Hz)**	**f_{fin} (Hz)**	**ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})**	**ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})**	**90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)**	**t_a (s)**	**t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)**
1	50,00	49,60	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	49,60	49,30	+20%						
3	49,30	49,10	+20%						
4	49,10	49,40	-30%						
5	49,40	50,00	-10%			N/A	N/A	N/A	N/A
6 MPE No éol.	50,00	49,00	+50%						

Tabla 9. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 49,5 Hz.

US12F2									
Nº punto de ensayo	**f_0 (Hz)**	**f_{fin} (Hz)**	**ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})**	**ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})**	**90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)**	**t_a (s)**	**t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)**
1	50,00	49,90	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	49,90	48,75	17.50%						
3	48,75	47,70	17.50%						
4	47,70	49,70	-33,33%						
5	49,70	50,00	-1,67%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6 MPE No éol.	50,00	47,60	36,67%						

Tabla 10. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 49,8 Hz.

US12F5									
Nº punto de ensayo	**f_0 (Hz)**	**f_{fin} (Hz)**	**ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})**	**ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**Desviación (%P_{max}) (<5%P_{max})**	**90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})**	**t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)**	**t_a (s)**	**t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)**
1	50,00	49,60	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	49,60	48,60	15%						
3	48,60	47,70	15%						
4	47,70	49,40	-28,33%						
5	49,50	50,00	-1,67%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6 MPE No éol	50,00	47,70	30%						

Tabla 11. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 49,5 Hz.

5.2.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE

Se considerará que la **UGE** es **capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia** si se cumplen las condiciones siguientes:

1) No se producen oscilaciones no amortiguadas después en la respuesta en la transición entre puntos de ensayos.

2) Los resultados cumplen con los requisitos establecidos en [1].

3) Para **MGES** cuya tecnología utiliza turbinas de gas o motores de gas, se considerará, en cuanto a la posible reducción de la potencia activa desde su capacidad máxima con la caída de frecuencia, de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

4) Para los incrementos de potencia activa durante la bajada de frecuencia, estando activado el **MRPFL-U**:

   - El **tiempo de retraso inicial (t_a)** será:
     - t_a será menor o igual al tiempo de activación de la respuesta en potencia establecido para el modo **MRPF** porque éste define la capacidad técnica de respuesta en potencia del **MGE**.
     - Si t_a fuera superior al valor máximo admisible de retraso inicial t_1 definido en el subapartado 5.3.2.2 de esta **Norma Técnica**: el **propietario** del **MGE** deberá aportar pruebas técnicas que justifiquen dicho valor al **GRT,** tal y como se establece en [1]. Si el **GRT** aceptara la justificación, éste emitirá su conformidad por escrito al **propietario** del **MGE** que deberá remitirla al **certificador autorizado** para que sea incorporada en el **certificado final** de **MGE**.

De manera opcional y con finalidad de certificar la UGE según la NTS SEPE, se deberán cumplir los siguientes criterios:

- El **tiempo de respuesta (t_r)** deberá ser:
  - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 5 minutos para una variación de potencia activa de hasta el 20% de la potencia máxima. Este comportamiento lento no será aceptable en el caso de que el sentido de la variación de frecuencia hubiera revertido pocos segundos antes, en cuyo caso, se esperarán tiempos de repuesta similares al caso de reducción de potencia activa.
  - Para **UGE** de **MPE** no eólicos: menor o igual a 10 s para una variación de potencia activa de hasta el 50% de la potencia máxima. En las tablas anteriores se indica en la primera columna el ensayo "No eól." Correspondiente a la evaluación de este tiempo de respuesta.
  - Para UGE de **MPE** eólicos: menor o igual a 5 s para una variación de potencia activa de hasta el 20% de la potencia máxima si la potencia está por encima del 50% de la potencia máxima. Para potencias por debajo del 50% de la potencia máxima, el tiempo de respuesta tan bajo como técnicamente sea posible, no obstante, se deberá justificar al **operador del sistema** si supera los 5 s.

- El **tiempo de establecimiento (t_e)** deberá ser:
  - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 6 minutos. Este comportamiento lento no será aceptable en el caso de que el sentido de la variación de frecuencia hubiera revertido pocos segundos antes, en cuyo caso, se esperarán tiempos de repuesta similares al caso de reducción de potencia activa.
  - Para **UGE** de **MPE**: menor o igual a 30 s.

5) Para reducciones de potencia activa durante la subida de frecuencia estando activado el **MRPFL-U**:

- El **tiempo de retraso inicial (t_a)** será:

  o igual al tiempo de activación de la respuesta en potencia establecido para el modo **MRPF** porque éste define la capacidad técnica de respuesta en potencia del **MgE**.
  - Si t_a fuera superior al valor máximo admisible de retraso inicial t_1 definido en el subapartado 5.3.2.2 de esta **Norma Técnica**: el **propietario** del **MGE** deberá aportar pruebas técnicas que justifiquen dicho valor al **GRT,** tal y como se establece en [1]. Si el **GRT** aceptara la justificación, éste emitirá su conformidad por escrito al **propietario** del **MGE** que deberá remitirla al **certificador autorizado** para que sea incorporada en el **certificado final** de **MGE**.

De manera opcional y con finalidad de certificar la UGE según la NTS SEPE, se deberán cumplir los siguientes criterios:

- El **tiempo de respuesta (t_r)** deberá ser:
    - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 8 s para una variación de potencia activa de hasta el 45% de la capacidad máxima.
    - Para **UGE** de **MPE**: menor o igual a 2 s para una variación de potencia activa de hasta el 50% de la capacidad máxima.
- El **tiempo de establecimiento (t_e)** deberá ser:
    - Para **UGE** de **MGES**: menor o igual a 30 s.
    - Para **UGE** de **MPE**: menor o igual a 20 s.

6) En los ensayos, se admitirá una desviación del ±5% de la P_{max} en la potencia activa registrada respecto a la potencia activa esperada conforme a las tablas del subapartado 5.2.2.1.

El **certificador autorizado** emitirá un **certificado de equipo de UGE por ensayo para este requisito,** dejando constancia del método de ensayo seguido, cuando evalúe positivamente que:

- El requisito **MRPFL-U** se cumple para los rangos de estatismo y frecuencias ensayados.
- El ajuste de la **UGE** o **MGE** se corresponde con el requerido por el **operador del sistema**.

5.2.2.3. Método de simulación de la UGE

En el caso de que el **MGE** no cuente con **CAMGE** que modifique la respuesta **MRPFL-U** de la **UGE**, será necesaria la simulación de la **UGE**, o sus **certificados de equipo por simulación**, no siendo necesaria la **simulación complementaria**.

Se utilizará el **modelo certificado** conforme al apartado 6, es decir, el modelo cuyas características permitan simular la capacidad de regulación potencia-frecuencia y se replicarán los ensayos del subapartado 5.2.2.1. El método de simulación será análogo al definido en el subapartado 5.1.2.3, considerando que se han de simular decrementos de frecuencia de 0,1 Hz mediante, como máximo, y si la herramienta de simulación lo permite, la aplicación de un par mecánico negativo al generador que representa a la red infinita (equivale a aumentar la demanda del sistema) hasta que se alcance un nuevo régimen permanente.

5.2.2.4. Criterio de aceptación de las simulaciones de la UGE

El criterio de aceptación será análogo el descrito en el subapartado 5.1.2.4., considerando las diferencias entre las tolerancias admitidas para ensayos y simulaciones que se exponen en dicho subapartado.

5.2.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE

En el caso de que exista un **CAMGE** que afecte a la regulación proporcionada por el **MRPFL-U** de la **UGE,** además del **ensayo** de las **UGE**, o de los **certificados de equipo** de las **UGE,** será necesaria una **simulación complementaria** del **MGE** para verificar que el requisito de **MRPFL-U** se cumple en **BC**, y no sólo a nivel de **UGE.**

Con el modelo completo del **MGE**, - no se admitirán modelos equivalentes, con la excepción especificada en el subapartado 7.5 – se realizarán las simulaciones con las siguientes condiciones iniciales:

- P= 50% P_{max} a nivel de **MGE**.
- Una tensión de 1 p.u. en el lado de alta del transformador de **MGE**.
- Q = 0 a nivel de **MGE**.
- S_{cc} infinita o equivalente de red.
- El umbral de activación Δf_1 igual a -0,25 Hz.
- El estatismo s_2 igual al 4%.

En la simulación se realizará un barrido de frecuencias según la **Tabla 12**:

Nº punto de simulación	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5% ΔP_{ensayo})	90% ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	t_r (s) (a 90% ΔP_{ensayo} registrado)	t_a (s)	t_e (s) (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	49,75	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
2	49,75	49,35	20%						
3	49,35	48,95	20%						
4*	48,95	48,75	0%			N/A	N/A	N/A	N/A
5	48,75	49,35	-20%						
6	49,35	49,70	-17,5%						
7	49,70	50,00	-2,5%			N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 12. Ejemplo de Simulación complementaria MRPFL-U.

* El valor de potencia activa inicial del **MGE** será igual al 60% de P_{max}, por lo que existirá una saturación de la respuesta del modo MRPFL-U tras un incremento del 40% de P_{max} al alcanzar la potencia máxima de la planta.

Los criterios de aceptación serán los mismos que los indicados en el subapartado 5.2.2.4.

El certificado de **MGE** para este requisito se emitirá bajo la versión correspondiente con la de los certificados de **UGE** y/o **CAMGE** utilizados, aunque las **simulaciones complementarias** se hayan realizado según esta versión de la **Norma Técnica**.

La información que deberá contener el informe de **simulación complementaria** será análoga a lo establecido en el subapartado 5.1.3.

5.2.4. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE

En el caso de que el **propietario** del **MGE** no disponga de los **certificados de equipo** para **UGE** y **CAMGE** para este requisito técnico, será necesario que se realicen los ensayos y simulaciones descritos en los subapartados 5.2.2.1 y 5.2.2.3, respectivamente, a nivel de **MGE**. Si se cumplen los criterios de aceptación para ensayos y simulaciones descritos en los subapartados 5.2.2.2 y 5.2.2.4, respectivamente, el **certificador autorizado** emitirá un **certificado** de **MGE** para este requisito sin necesidad de realizar las **simulaciones complementarias** estipuladas en el subapartado 5.2.3.

5.3. Modo de regulación potencia frecuencia (MRPF)

5.3.1. Objetivo.

El objetivo es verificar que el **MGE** es capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia conforme a lo indicado en:

- artículo 8.2.5 de [1].

La conformidad del MGE con este requisito se podrá evaluar a través de**:**

- **prueba y simulación,** o
- **certificado de equipo**.

Los posibles **niveles de evaluación** para este requisito son:

- **MGE,** o
- **UGE cuando:**
  - El **MGE** no tenga un control de regulación potencia-frecuencia de orden jerárquico superior a la propia **UGE**, y
  - El **CAMGE** no limite la respuesta de la **UGE** para este requisito.

Para que el **MPE** tenga consideración de "**MGE con inercia**", el **propietario** del **MPE** deberá remitir al **certificador autorizado** la conformidad que el **GRT** le haya enviado por escrito en relación con el cumplimiento del requisito de emulación de inercia.

En el caso de que exista un **CAMGE** que afecte a la regulación proporcionada por el **MRPF** de la **UGE,** además del **ensayo** de las **UGE**, o de los **certificados de equipo** de las **UGE,** será necesaria una **simulación complementaria** del **MGE**, de acuerdo a lo estipulado en 5.3.3 para verificar que el requisito de **MRPF** se cumple en **BC**, y no sólo a nivel de **UGE.**

En el caso de que no exista dicho **CAMGE**, será necesario el ensayo y simulación de las **UGE**, o sus **certificados de equipo**, no siendo necesaria la **simulación complementaria**.

El operador del sistema especificará al **propietario** del **MGE e**l valor requerido del ajuste final de la **UGE.** El **propietario** del **MGE** será responsable de comunicar este ajuste al **certificador autorizado** para que pueda evaluar los criterios de aceptación**.**

Como aclaración, el requisito de capacidad de recibir consignas de potencia en reserva a bajar, según definido en el artículo 8.2.5 c) de [1], no aplica a toda aquella generación que no tenga un mínimo técnico de funcionamiento estable.

Es importante tener en cuenta los siguientes términos:

- **Δf**: desvío de la frecuencia f respecto de 50 Hz (Δf = f – 50).
- **ΔP**: respuesta en potencia activa esperada ante un desvío de frecuencia (Δf) calculada a través de la siguiente ecuación:

$$|\Delta P| = \frac{|\Delta f| - |Banda\ muerta|/2}{f_n} \times \frac{P_{max}}{s_1} \times 100$$

- **$|\Delta P_1|/P_{max}$**: Intervalo de respuesta a la frecuencia correspondiente al actual valor fijado por el **GRT**, que, conforme a [1], es igual al 10%.

A efectos de esta **Norma Técnica** y para la determinación de los tiempos de respuesta, se introducen los siguientes términos:

- **P_0**: potencia activa de la **UGE** previa a la aplicación de un ensayo (o cambio de frecuencia).
- **P_{fin}**: potencia activa final de la **UGE** tras la aplicación de un ensayo (o cambio de frecuencia).
- **ΔP_{ensayo}:** desvío de la potencia activa respecto de la potencia activa (P_0) previa a la aplicación de un ensayo: $\Delta P_{ensayo} = P_{fin} - P_0$

- **Retraso inicial (t_1)**: tiempo de activación del **MRPF.** En lo que aplica a esta **Norma Técnica**, la referencia que se empleará para medir este tiempo será desde que se detecte un cambio de frecuencia del cual se espere regulación hasta cuando se produzca una variación del 1% del ΔP_{ensayo}. En caso de modificar la frecuencia mediante una fuente de alimentación conectada al controlador, se restarán 20 ms desde el cambio de consigna a la **UGE**, para que se pueda detectar un ciclo completo con esta nueva frecuencia.

- **Tiempo de activación total (t_2)**: tiempo de activación del MRPF a un cambio de frecuencia Δf_1 del cual se espere una respuesta igual a $|\Delta P_1|/P_{max}$ (incluyendo el retraso inicial t_1). A efectos de la determinación del t_2 se considerará el tiempo correspondiente al último valor de P que entra dentro de la banda ±1% de P_{max} alrededor de $|\Delta P_1|/P_{max}$. para los ensayos o ±5% del ΔP_{ensayo} alrededor de $|\Delta P_1|/P_{max}$. para las simulaciones. No obstante, y en lo que aplica a esta **Norma Técnica** en los **ensayos**, se considerará como admisible un error permanente, entre el valor final medido y el valor esperado, menor al ±1% de la P_{max} de la **UGE**. Si, por ejemplo, se aplica un cambio de frecuencia Δf para el que se espera una respuesta de P del 10%P_{max}, será aceptable un ensayo con un valor final medido de P entre el 9%P_{max} y el 11%P_{max} lo que corresponde a una tolerancia del ±10% del $|\Delta P_1|$

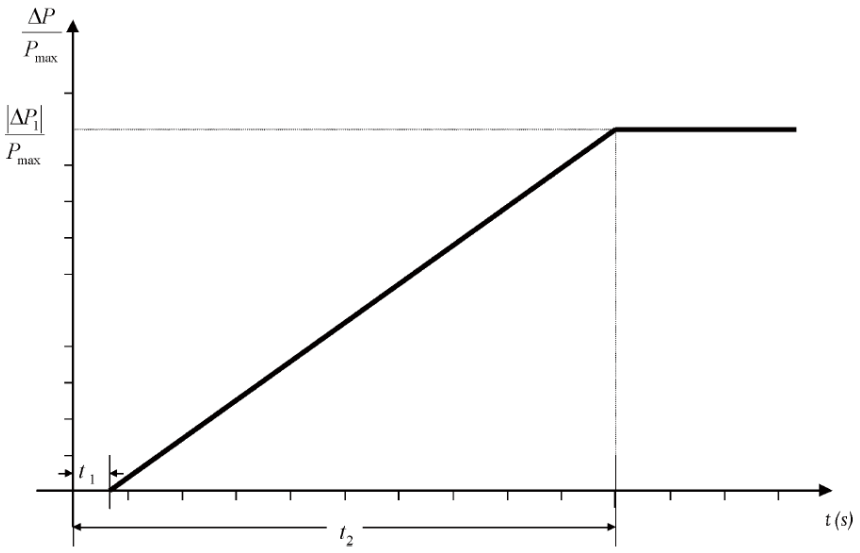


Figura 12. Capacidad de respuesta del modo MRPF que ilustra los tiempos t_1, y t_2 definidos más arriba.

5.3.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE

5.3.2.1. Método de ensayo de la UGE

En este subapartado se detalla cómo **ensayará el tiempo de activación del MRPF**.

Para el **ensayo de este requisito** se realizará la **secuencia de acciones análoga a los subapartados 5.1.2.1 (MRPFL-O) y 5.2.2.1 (MRPFL-U)**.

Se comprobará, y se reflejará en el informe de ensayos, que el **MRPF** tiene implementados los siguientes ajustes en la **UGE**:

- Banda muerta de respuesta con la variación de frecuencia igual al 50 mHz
- Insensibilidad de respuesta con la variación de frecuencia $|\Delta f_i|$ inferior a 30 mHz.
- El estatismo s_1 será igual al 4%.
- Intervalo de potencia activa en relación con la capacidad máxima $|\Delta P_1|/P_{max}$= 10%.

Las condiciones iniciales para desarrollar el ensayo serán a frecuencia nominal, f_n, (50 Hz ± 10 mHz), a tensión nominal (±5%) y a la siguiente potencia activa inicial (P_{ini}), que garantice la posibilidad de evaluar las variaciones de potencia requeridas en los tiempos establecidos en [1]:

- Tanto para ensayos en laboratorio como en campo, la potencia inicial previa a la secuencia de ensayos (P_{ini}) deberá corresponder con un valor intermedio entre la capacidad máxima y el nivel mínimo de regulación de la **UGE** que permita obtener variaciones de potencia activa que no superen los límites anteriores al realizar los escalones de frecuencia presentados en la **Tabla 13**.

Se realizará el ensayo a potencia reactiva nula. A continuación, se describen los ensayos para evaluar la **activación del MRPF** y su **tiempo de activación del MRPF**.

En la **Tabla 13** se describen los ensayos y escalones de frecuencia (Δf) necesarios, así como la variación de potencia activa esperada en cada ensayo (ΔP_{ensayo}) y los tiempos de respuesta necesarios. Se seguirá la secuencia de ensayos indicada en las tablas siguientes, fila a fila partiendo del valor final del ensayo anterior.

Se medirá, como mínimo, durante 1 minuto en cada escalón de frecuencia, y en cualquier caso suficiente tiempo para que se estabilice la respuesta por escalón de frecuencia y se registrará la potencia activa media y los tiempos correspondientes.

Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<1%P_{max})	t_1 (s)	t_2 (s)** (Banda +/- 1% P_{max})
MRPF sobrefrecuencia							
1	50,00	50,10	-3,75%				N/A
2	50,10	50,20	-5,00%				N/A
3	50,20	50,00	8,75%				N/A
4*	50,00	50,30	-10,00%				
MRPF subfrecuencia							
5	50,00	49,90	3,75%				N/A
6	49,90	49,80	5,00%				N/A
7	49,80	50,00	-8,75%				N/A
8*	50,00	49,80	10,00%				

Tabla 13. Ensayos MRPF. Estatismo 4% e intervalo de potencia activa $|\Delta P_1|$= 10% con banda muerta igual a 50 mHz.

* El intervalo de potencia activa en relación con la capacidad máxima $|\Delta P_1|/P_{max}$ será igual al 10%, por lo que existirá una saturación en este valor.
** Conforme a la definición de t2, se medirá a través de un escalón de frecuencia para el cual se espere una respuesta en potencia activa igual a |ΔP1|/Pmax. Es decir, que los puntos de ensayos 4 y 8 se deben realizar partiendo de la frecuencia nominal.

De manera opcional y en caso de que se certifique el cumplimiento del requisito **MRPF** tanto para la **Norma técnica SENP** como **la Norma técnica SEPE** [2], será necesario realizar el siguiente ensayo adicional sin banda muerta y siempre con una insensibilidad de respuesta con la variación de frecuencia $|\Delta f_i|$ inferior a 10 mHz.

Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<1%P_{max})	t_1 (s)	t_2 (s)** (Banda +/- 1% P_{max})
MRPF sobrefrecuencia							
1	50,00	50,10	-4%				N/A
2	50,10	50,20	-4%				N/A
3	50,20	50,00	8%				N/A
4*	50,00	50,30	-10%				
MRPF subfrecuencia							
5	50,00	49,90	4%				N/A
6	49,90	49,80	4%				N/A
7	49,80	50,00	-8%				N/A
8*	50,00	49,80	8%				

Tabla 14. Ensayos MRPF. Estatismo 5% e intervalo de potencia activa $|\Delta P_1|$= 10% sin banda muerta

* El intervalo de potencia activa en relación con la capacidad máxima $|\Delta P_1|/P_{max}$ será igual al 10%, por lo que existirá una saturación en este valor.
** Conforme a la definición de t_2, se medirá a través de un escalón de frecuencia para el cual se espere una respuesta en potencia activa igual a $|\Delta P_1|$/Pmax. Por lo tanto, t_2 se medirá únicamente en los ensayos 4 y 8.

5.3.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE

Se considerará que el **MGE es capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia** si se cumplen las condiciones siguientes:

1) No se producen oscilaciones no amortiguadas en la respuesta en la transición entre puntos de ensayo.
2) Los resultados cumplen con los requisitos establecidos en [1].
3) En cuanto a los tiempos de respuesta:
   - Incremento de potencia activa en relación con la **capacidad máxima** $|\Delta P_1|/P_{max}$ (intervalo de respuesta en frecuencia) igual al 10%.
   - En el caso de los **MGE** con inercia o emulación de inercia, el retraso inicial máximo admisible t_1 será igual a 300 ms.
   - En el caso de los **MGE** sin inercia ni emulación de inercia, el retraso inicial máximo admisible t_1 será igual a 150 ms.
   - En el caso de los **MGE** sin inercia ni emulación de inercia, el tiempo de activación total t_2 máximo admisible, será de 1 s, a menos que el **GRT** permita tiempos de activación más largos por motivos de estabilidad del sistema.
4) En los ensayos, se admitirá una desviación del ±1% de la P_{max} en la potencia activa registrada respecto a la potencia activa esperada conforme a las tablas del subapartado 5.3.2.1

5.3.2.3. Método de simulación de la UGE

La metodología será análoga a la descrita en los subapartados 5.1.2.3 y 5.2.2.3.

5.3.2.4. Criterio de aceptación de las simulaciones de la UGE

El criterio será análogo al descrito en los subapartados 5.1.2.4 y 5.2.2.4., considerando las diferencias entre las tolerancias admitidas para ensayos y simulaciones que se exponen en dicho subapartado.

5.3.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE

En el caso de que exista un **CAMGE** que afecte a la regulación proporcionada por el **MRPF** de la **UGE,** además del **ensayo** de las **UGE**, o de los **certificados de equipo** de las **UGE,** será necesaria una **simulación complementaria** del **MGE** para verificar que el requisito de **MRPF** se cumple en **BC**, y no sólo a nivel de **UGE.**

Con el modelo completo del **MGE**, - no se admitirán modelos equivalentes, con la excepción especificada en el subapartado 7.5 - se realizarán las simulaciones con las siguientes condiciones iniciales:

- P= 80% P_{max} a nivel de **MGE**.
- Tensión de 1 p.u. en el lado de alta del transformador de **MGE**.
- Q = 0 a nivel de **MGE**.
- Una frecuencia f = 50 Hz.
- S_{cc} infinita o equivalente de red.

- Intervalo de potencia activa en relación con la capacidad máxima $|\Delta P1|/P_{max}$ igual al 10%.
- Insensibilidad de respuesta con la variación de frecuencia $|\Delta f_i|$ inferior a 30 mHz.
- Banda muerta de respuesta con la variación de frecuencia igual al 50 mHz.
- El estatismo s_1 igual al 4%.

En la simulación se realizará un barrido de frecuencias según las tablas siguientes:

Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5% ΔP_{ensayo})	t_1 (s)	t_2 (s)** (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	50,02	0%				N/A
2	50,02	50,10	-3,75%				N/A
3	50,10	50,20	-5%				N/A
4	50,20	50,00	8,75%				N/A
5*	50,00	50,30	-10%				

Tabla 15. Simulación complementaria MRPF (sobrefrecuencia).

Nº punto de ensayo	f_0 (Hz)	f_{fin} (Hz)	ΔP_{ensayo} esperado (%P_{max})	ΔP_{ensayo} registrado (%P_{max})	Desviación (%P_{max}) (<5% ΔP_{ensayo})	t_1 (s)	t_2 (s)** (Banda +/- 5% ΔP_{ensayo} registrado)
1	50,00	49,98	0%				N/A
2	49,98	49,90	+3,75%				N/A
3	49,90	49,80	+5%				N/A
4	49,80	50,00	-8,75%				N/A
5*	50,00	49,70	+10%				

Tabla 16. Simulación complementaria MRPF (subfrecuencia).

* El intervalo de potencia activa en relación con la capacidad máxima $|\Delta P_1|/P_{max}$ será igual al 10%, por lo que existirá una saturación en este valor.
** Conforme a la definición de t_2, se medirá a través de un escalón de frecuencia para el cual se espere una respuesta en potencia activa igual al $|\Delta P_1|/P_{max}$. Por lo tanto, t_2 se medirá únicamente en el punto de simulación 5.

Los criterios de aceptación serán los mismos que los indicados en el subapartado 5.3.2.4.

El certificado de **MGE** para este requisito se emitirá bajo la versión correspondiente con la de los certificados de **UGE** y/o **CAMGE** utilizados, aunque las **simulaciones complementarias** se hayan realizado según esta versión de la **Norma Técnica**.

La información que deberá contener el informe de **simulación complementaria** será análoga a lo establecido en el subapartado 5.1.3.

5.3.4. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE

En el caso de que el **propietario** del **MGE** no disponga de los **certificados de equipo** para **UGE** y **CAMGE** para este requisito técnico, será necesario que se realicen los ensayos y simulaciones descritos en los subapartados 5.3.2.1 y 5.3.2.3, respectivamente, a nivel de **MGE**. Si se cumplen los criterios de aceptación para ensayos y simulaciones descritos en los subapartados 5.3.2.2 y

5.3.2.4, respectivamente, el **certificador autorizado** emitirá un **certificado** de **MGE** para este requisito sin necesidad de realizar las **simulaciones complementarias** estipuladas en el subapartado 5.3.3.

5.4. Capacidad de limitar las rampas de subida o bajada de la producción

5.4.1. Objetivo.

El objetivo es verificar que **el MGE** es capaz de ajustar el valor de las rampas de subida o bajada de la producción **conforme a las instrucciones proporcionadas al propietario del MGE por el GRT o GRP,** conforme a lo indicado en:

- Artículo 8.2.2.c de [1].

La conformidad del MGE con este requisito se podrá realizar a través de pruebas.

Los posibles **niveles de evaluación** para este requisito son:

- **MGE,** o
- **UGE cuando:**
    - El **MGE** no tenga un control de regulación potencia-frecuencia de orden jerárquico superior a la propia **UGE**, y
    - El **CAMGE** no influya en la respuesta de la **UGE** para este requisito.

No obstante, la **evaluación de este requisito la** realizará el **GRT** conforme a los p**rotocolos de pruebas establecidos en la regulación vigente en el momento de la puesta en servicio del MGE,** que indicará el **GRT** al **propietario del MGE.**

5.5. Capacidad y rango de control de la potencia activa

El objetivo es verificar que **el MGE** es capaz de **ajustar una consigna de potencia activa conforme a las instrucciones proporcionadas al propietario del MGE por el GRT o GRP** según lo indicado en:

- Artículo 8.2.2 a de [1].

La conformidad del MGE con este requisito se podrá realizar a través de:

- **Prueba,** o
- **certificado de equipo**.

Los posibles **niveles de evaluación** para este requisito son:

- **MGE,** o
- **UGE cuando:**
    - El **MGE** no tenga un control de regulación potencia-frecuencia de orden jerárquico superior a la propia **UGE**, y
    - El **CAMGE** no influya en la respuesta de la **UGE** para este requisito.

El ensayo lo realizará la **entidad acreditada,** conforme al subapartado 8.4.2 de [5], aplicándola también a **MPE** de tecnología fotovoltaica o **MGES** en la medida de lo posible, es decir, no se han de considerar aquellos aspectos particulares de la tecnología eólica que no sean de aplicación a la tecnología fotovoltaica.

El informe del ensayo será evaluado por el **certificador autorizado**.

5.6. Emulación de inercia

5.6.1. Objetivo.

El objetivo es verificar que el **MPE** es capaz de **emular inercia durante variaciones de frecuencia muy rápidas** conforme a lo indicado en:

- artículo 8.4.1 de [1].

Mientras esta capacidad técnica no esté regulada en un servicio de ajuste del sistema, será una **capacidad voluntaria** por parte del **MPE**.

Se verificará el cumplimiento del requisito de emulación de inercia de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

5.7. Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima y por debajo de la capacidad máxima

5.7.1. Objetivo.

El objetivo es verificar que el **MGE** es **capaz de suministrar la potencia reactiva requerida** a la capacidad máxima del **MGE** y por debajo de la capacidad máxima del **MGE** conforme a lo indicado en:

- Artículos 8.3.1b y c para **MGES** y 8.4.2 a y b para **MPE**, de [1].

La conformidad del **MGE** con estos requisitos se deberá evaluar a través de **prueba de la UGE**, o a través de **certificado de equipo de la UGE,** además de **simulaciones complementarias** que verifiquen que las capacidades de la **UGE, o en su caso UGE con CAMGE y/o elementos pasivos** permiten el cumplimiento de la capacidad del **MGE** en el **PCR**, tal como exige [1].

Para la realización de las **simulaciones complementarias** se proponen dos métodos alternativos:

- un procedimiento de modelización completa descrito en el subapartado 5.7.3.1 a través del cual se evalúan las capacidades del **MGE** en el **PCR**,
- un procedimiento de modelización alternativo descrito en el subapartado 5.7.3.2 especialmente indicado para el caso de que entre el **MGE** y el **PCR** existan instalaciones de evacuación de generación compartidas por varios **MGE.** Este procedimiento establece un método de modelización alternativo de la **simulación complementaria** a través de la cual se permite evaluar esta capacidad en **BC** (Barras de Central) del **MGE** en vez de en el **PCR,** permitiendo modelar el **MGE** únicamente hasta **BC.** De este modo, se permite la supervisión del requisito de potencia reactiva de forma individual para cada **MGE.**

5.7.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE

5.7.2.1. Método de ensayo para UGE de MPE

Los ensayos que se recogen a continuación son de aplicación para las **UGE** de los **MPE**.

Los ensayos planteados en este subapartado tienen como objetivo evaluar la **capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima** de la **UGE** así como la **capacidad de reactiva por debajo de la capacidad máxima** de la **UGE**.

Las condiciones de ensayo serán algunas de las siguientes:

- Una fuente de alimentación conectada en las bornas de la **UGE** cuando la **UGE** esté desconectada de la red.
- Un elemento o método capaz de modificar la tensión en el punto de conexión de la **UGE,** cuando ésta se encuentre conectada a la red.
- Una señal ficticia que simule los cambios de tensión conectada al controlador de la **UGE**. La **UGE** debe comportarse como si esta señal fuera la lectura de tensión en sus bornas.
- Banco de ensayos, que incluya todos los elementos de gestión de potencia reactiva.

Los valores de tensión indicados para las pruebas se consideran valores nominales de la configuración bajo la que se realiza cada paso del ensayo, aunque se admitirán configuraciones con una variación de ±2,5% de la tensión nominal sobre los valores propuestos. Al poder ejercer

la **UGE** un cambio de valor de la tensión durante la prueba, no se considerará este margen de variación sobre valores medidos.

Para el **ensayo de este requisito** se seguirá la siguiente **secuencia de acciones**:

- Se seleccionará el **modo de control de potencia reactiva** de la **UGE** a consigna de **potencia reactiva fija**.
- Se realizarán los ensayos descritos en la **Tabla 17**.
- Sin perjuicio de que los ensayos de este subapartado se deban realizar en bornas de la **UGE**, adicionalmente, para garantizar el **cumplimiento del MGE para este requisito en el PCR** siempre será necesario la realización de **simulaciones complementarias** para evaluar todo el **MGE** en su conjunto según lo descrito en el subapartado 5.7.3.

A través del ensayo de las **UGE**, se comprobará la **capacidad de potencia reactiva máxima de** la **UGE** para diferentes puntos de operación de potencia activa y de tensión en bornas de la **UGE**, estableciendo los parámetros del ensayo recogidos en la **Tabla 17**. Para cada punto de operación especificado en la **Tabla 17**, se debe anotar el valor de **potencia reactiva máxima** en régimen de producción (adelanto o capacitivo) o de consumo (retraso o inductivo) que la **UGE** puede proveer:

Rango de P/P_{max} [%]	U	Qmax medida inductiva [MVAr]	Qmax medida capacitiva [MVAr]	Duración del ensayo
>90%	95%Un			60 min
>90%	105%Un			60 min
>90%	100%Un			5 min
10-20%*	95%Un			5 min
10-20%*	105%Un			5 min
10-20%*	100%Un			5 min
0-10%*	95%Un			5 min
0-10%*	105%Un			5 min
0-10%*	100%Un			5 min

Tabla 17. Parámetros de ensayo de potencia reactiva a la capacidad máxima de la UGE del MPE.

*En caso de realización de ensayo en campo donde no se puede regular el recurso primario, se permite la limitación por control para estar en el rango de potencia exigido.

5.7.2.2. Método de ensayo para UGE de MGES

Los ensayos recogidos a continuación son de aplicación a **UGE** de **MGES**.

Los ensayos planteados en este subapartado tienen como objetivo evaluar la **capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima** de la **UGE** así como la **capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima** de la **UGE**.

Las condiciones de ensayo serán algunas de las siguientes:

- Una fuente de alimentación conectada en las bornas de la **UGE,** cuando la **UGE** esté desconectada de la red.
- Un elemento o método capaz de modificar la tensión en el punto de conexión de la **UGE,** cuando ésta se encuentre conectada a la red.

- Una señal ficticia que simule los cambios de tensión conectada al controlador de la **UGE**. La **UGE** debe comportarse como si esta señal fuera la lectura de tensión en sus bornas.
- Banco de ensayos.

Los valores de tensión indicados para las pruebas se consideran valores nominales de la configuración bajo la que se realiza cada paso del ensayo, aunque se admitirán configuraciones con una variación de ±2,5% de la tensión nominal sobre los valores propuestos. Al poder ejercer la **UGE** un cambio de valor de la tensión durante la prueba, no se considerará este margen de variación sobre valores medidos.

Para el **ensayo de este requisito** se seguirá la siguiente **secuencia de acciones**:

- Se seleccionará el **modo de control de potencia reactiva** de la **UGE** a consigna de **potencia reactiva fija**.
- Se realizarán los ensayos descritos en la **Tabla 18**.
- Sin perjuicio de que los ensayos de este subapartado se deban realizar en bornas de la **UGE**, adicionalmente, para garantizar el **cumplimiento del MGE para este requisito en el PCR** siempre será necesario la realización de **simulaciones complementarias** para evaluar todo el **MGE** en su conjunto según lo descrito en el subapartado 5.7.3.

A través del ensayo de las **UGE**, se comprobará la **capacidad de potencia reactiva máxima de** la **UGE** para diferentes puntos de operación de potencia activa y de tensión en bornas de la **UGE**, estableciendo los parámetros del ensayo recogidos en la **Tabla 18**. Para cada punto de operación especificado en la **Tabla 18**, se debe anotar el valor de **potencia reactiva máxima** en régimen de producción (adelanto o capacitivo) o de consumo (retraso o inductivo) que la **UGE** puede proveer:

Rango de P/P_{max} [%]	U	Qmax medida inductiva [MVAr]	Qmax medida capacitiva [MVAr]	Duración del ensayo
100%	95%Un			60 min
100%	105%Un			60 min
100%	100%Un			5 min
60-70%	95%Un			5 min
60-70%	105%Un			5 min
60-70%	100%Un			5 min
Mínimo técnico de funcionamiento estable	95%Un			5 min
Mínimo técnico de funcionamiento estable	105%Un			5 min
Mínimo técnico de funcionamiento estable	100%Un			5 min

Tabla 18. Parámetros de ensayo de potencia reactiva a la capacidad máxima de la UGE del MGES.

5.7.2.3. Criterio de aceptación de los ensayos de la UGE

El **certificador autorizado** deberá comprobar que los resultados de los ensayos de potencia reactiva máxima de la UGE tal como se recogen en la **Tabla 17** o en la **Tabla 18** es coherente con el diagrama P-Q de las **UGE** para las diferentes tensiones, es decir, que los valores de potencia reactiva máxima registrados en los ensayos son mayores o iguales a los indicados en los diagramas P-Q de las **UGE.**

Una vez verificado lo anterior, para garantizar el **cumplimiento del MGE para los requisitos de potencia reactiva** y por tanto conseguir **el certificado** de **MGE,** siempre será necesario la realización de **simulaciones complementarias** para evaluar todo el **MGE** en su conjunto según lo descrito en el subapartado 4.2 y en el subapartado 5.7.3.

5.7.3. Simulación complementaria para obtención de certificado de MGE

El informe de simulación complementaria deberá contener al menos la siguiente información:

- Descripción del **MGE**, incluyendo **BC.**
- Modelo del **MGE:**
  - Plataforma de simulación y versión.
  - Descripción del modelado de los componentes del **MGE** necesarios para la realización de los flujos de cargas.
- Resultados:
  - Tablas cumplimentadas indicando el cumplimiento de cada uno de los flujos de cargas.
  - Exportables de los paquetes de simulación. A petición del **GRP**, se entregará el modelo del **MGE** utilizado en los flujos de cargas.
- Conclusiones.

5.7.3.1. Procedimiento de modelización completa en PCR

Para la obtención del **certificado** de **MGE** a partir de pruebas a nivel de **UGE** o certificados de **UGE**, será necesaria la realización de una **simulación complementaria** que demuestre que las capacidades de la **UGE** cumplen con el requisito de potencia reactiva en el **PCR,** a partir de las capacidades declaradas en los ensayos y simulaciones a nivel **UGE** y, en su caso**, el CAMGE.**

Se deberá considerar la temperatura máxima de diseño del **MGE**, definida por el propietario del **MGE**. Se deberán utilizar las capacidades (potencia activa y reactiva) de las **UGE** a la temperatura máxima de diseño del **MGE**, conforme a la información proporcionada por el fabricante de la **UGE**, para la realización de las simulaciones complementarias.

Las cuestiones relativas al modelado de la red a considerar en la **simulación complementaria** y la consideración de otros **MGE** que pudieran compartir **PCR** con el **MGE** a evaluar, se detallan en el subapartado 7.4.2.1.

Con dicho modelo, y teniendo en cuenta la potencia reactiva máxima de la **UGE** y/o **CAMGE** se realizarán flujos de cargas en las condiciones de potencia activa de las **UGE** y tensión en el **PCR** recogidos en la **Tabla 19** y la **Tabla 20**, y se anotará la potencia reactiva consumida o generada

en el **PCR**. El valor de potencia activa P/P_{max} [%] indicado se referirá a la potencia activa del **MGE** en evaluación y podrá considerarse en **BC** del **MGE**.

P/P_{max} [%]	U en PCR	Q en PCR	Valor requerido en PCR Q/P_{max}
100%	95%Un		0
100%	100%Un		-0,15
100%	105%Un		-0,3
100%	95%Un		0,2
100%	100%Un		0,15
100%	105%Un		0
40%	100%Un		-0,15
20%	100%Un		-0,15
10%	100%Un		-0,15
10%	100%Un		0.15
20%	100%Un		0,15
40%	100%Un		0,15
80%	100%Un		0,15

Tabla 19. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MPE.

P/P_{max} [%]	U en PCR	Q en PCR	Valor requerido en PCR Q/P_{max}
100%	95%Un		0
100%	100%Un		-0,15
100%	105%Un		-0,3
100%	95%Un		0,3
100%	100%Un		0,15
100%	105%Un		0

Tabla 20. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MGES.

5.7.3.2. Procedimiento de modelado alternativo en el caso de existencia de instalaciones compartidas

En caso de que desde **BC** del **MGE** sobre el que se está llevando a cabo la simulación hasta el **PCR** existan instalaciones de conexión compartidas la evaluación de la conformidad de las capacidades de potencia reactiva del **MGE** en el **PCR** es compleja. Los requisitos de potencia reactiva recogidos en [1] aplican en el **PCR**, no obstante, teniendo en cuenta esta casuística, y en aras de simplificar el proceso de evaluación de la conformidad, en este subapartado se propone un procedimiento de verificación del **MGE** alternativo al descrito en el subapartado 5.7.3.1.

Por las razones anteriormente mencionadas, se aceptará la evaluación de la conformidad de los requisitos de capacidad de potencia reactiva en **BC** del **MGE** en lugar de en el **PCR.** No obstante, esta simplificación de la evaluación de la conformidad del requisito en **BC** del **MGE** conlleva que, en algunos puntos de operación del **MGE,** los valores de potencia reactiva requeridos en **BC** del **MGE** difieren de los requeridos en el **PCR,** es decir de los valores de reactiva recogidos en [1].

Para la obtención del **certificado** de **MGE** a partir de pruebas a nivel de **UGE** o certificados de **UGE**, será necesaria la realización de **simulaciones complementarias** que demuestren que las capacidades de la **UGE,** según lo declarado en los ensayos y simulaciones a nivel **UGE** y, en su

caso**, el CAMGE,** satisfacen los valores de capacidad de potencia reactiva en **BC** recogidos en la **Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23** o **Tabla 24**, según corresponda**.**

Se deberá considerar la temperatura máxima de diseño del **MGE**, definida por el **propietario del MGE**. Se deberán utilizar las capacidades (potencia activa y reactiva) de las **UGE** a la temperatura máxima de diseño del **MGE**, conforme a la información proporcionada por el fabricante de la **UGE**, para la realización de las simulaciones complementarias.

Las cuestiones relativas al modelado de la red a considerar en la **simulación complementaria** y consideración de otros **MGE** si procede, se detallan en el subapartado 7.4.2.2, en el cual se diferencian dos casos, dependiendo de la ubicación de **BC**[7]:

Caso A:

En el caso de que **BC** del **MGE** esté situado en el lado de alta del transformador elevador (**LAT**) del **MGE,** se seguirán las indicaciones del procedimiento de modelado alternativo de Caso A descrito en el subapartado 7.4.2.2.1, y se considerarán los puntos de verificación de potencia reactiva recogidos en la **Tabla 21** y la **Tabla 22**, según se trate de un **MPE** o un **MGES,** respectivamente:

P/P_{max} [%]	U en BC (LAT)	Q en BC (LAT)	Valor requerido en BC (LAT) Q/P_{max}
100%	95%Un		-0,3
100%	100%Un		-0,3
100%	105%Un		-0,3
100%	95%Un		0,2
100%	100%Un		0,2
100%	105%Un		0,2
40%	100%Un		-0,3
20%	100%Un		-0,3
10%	100%Un		-0,15
10%	100%Un		0,15
20%	100%Un		0,3
40%	100%Un		0,3
80%	100%Un		0,3

Tabla 21. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MPE, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso A.

P/P_{max} [%]	U en BC (LAT)	Q en BC (LAT)	Valor requerido en BC (LAT) Q/P_{max}
100%	95%Un		-0,3
100%	100%Un		-0,3
100%	105%Un		-0,3
100%	95%Un		0,2
100%	100%Un		0,2
100%	105%Un		0,2

Tabla 22. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MGES, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso A.

[7] Ver definición de **BC.**

Caso B:

En el caso de que **BC** del **MGE** esté situado en el lado de baja tensión del transformador elevador del **MGE**, se seguirán las indicaciones del procedimiento de modelado alternativo de Caso B descrito en el subapartado 7.4.2.2.2, y se considerarán los puntos de verificación de potencia reactiva recogidos en la **Tabla 23** y la **Tabla 24**, según se trate de un **MPE** o un **MGES** respectivamente.

P/P_{max} [%]	U en LAT	Q en BC	Valor requerido en BC Q/P_{max}
100%	95%Un		-0,3
100%	100%Un		-0,3
100%	105%Un		-0,3
100%	95%Un		0,3
100%	100%Un		0,3
100%	105%Un		0,3
40%	100%Un		-0,3
20%	100%Un		-0,3
10%	100%Un		-0,15
10%	100%Un		0,15
20%	100%Un		0,4
40%	100%Un		0,4
80%	100%Un		0,4

Tabla 23. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MPE, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso B

P/P_{max} [%]	U en LAT	Q en BC	Valor requerido en BC Q/P_{max}
100%	95%Un		-0,3
100%	100%Un		-0,3
100%	105%Un		-0,3
100%	95%Un		0,3
100%	100%Un		0,3
100%	105%Un		0,3

Tabla 24. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MGES, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso B.

5.7.4. Criterio de aceptación de la simulación complementaria

El **certificador autorizado** evaluará:

- Los **certificados de equipo** de las **UGE** del **MGE.**
- Información de todos los **CAMGE** del **MGE** según lo dispuesto en el subapartado 4.6.
- Los diagramas o curvas P-Q a diferentes tensiones de las **UGE.**
- Que se han utilizado las capacidades (potencia activa y reactiva) de las **UGE** para tener en cuenta la temperatura máxima de diseño del **MGE** en las simulaciones complementarias.
- Los resultados de capacidad de potencia reactiva máxima de los ensayos de las **UGE**.
- Los datos y parámetros de los cables, líneas y transformadores internos del **MGE.**
- En el caso de simulación complementaria por el procedimiento de modelización completa, los datos de la red de conexión desde el **MGE** hasta el **PCR**.
- En caso de simulación complementaria por el procedimiento de modelización alternativa, y que el **MGE** sea Caso B, los datos del transformador elevador compartido.

- Los resultados de la **simulación complementaria**, teniendo en cuenta que pueden seguir el procedimiento de modelización completo o alternativo descrito en los subapartados 5.7.3.1 y 5.7.3.2, según corresponda.

Se considerará validada la **capacidad de potencia reactiva de las UGE** cuando los resultados de la **simulación complementaria** recogidos en la tabla correspondiente demuestren que las capacidades de potencia reactiva de las **UGE,** y/o **CAMGE** medida en los ensayos cumplan los valores requeridos en las tablas correspondientes.

Una vez validada la **simulación complementaria**, junto con los ensayos a nivel de **UGE** y/o certificados **UGE** y resto de documentación, el **certificador autorizado** podrá emitir el **certificado** de **MGE** para el requisito de potencia reactiva**.**

5.7.5. Evaluación a nivel MGE para la obtención de certificado de MGE

En el caso de que el **propietario** del **MGE** no disponga o no desee utilizar los **certificados de equipo** para **UGE** y **CAMGE** para este requisito técnico, será necesario que se realicen los ensayos descritos en el subapartado 5.7.2, así como las **simulaciones complementarias** descritas en el subapartado 5.7.3. Si se cumplen los criterios de aceptación de cada uno de dichos subapartados, el **certificador autorizado** emitirá un **certificado** de **MGE** para el requisito de potencia reactiva.

5.8. Control de potencia reactiva en MPE

5.8.1. Objetivo.

El objetivo de este ensayo es verificar que el **MPE** es capaz de controlar la potencia reactiva según lo establecido en:

- Artículo 8.4.2.c de [1].

La conformidad del **MPE** con este requisito se deberá realizar a o bien a través de **prueba** a nivel **UGE o certificados de equipo de las UGE,** para lo que será necesario completar la prueba con una **simulación complementaria,** o bien a través de prueba a nivel de **MPE.**

5.8.2. Evaluación a nivel UGE para la obtención de certificado de la UGE

Será necesario evaluar los dos modos de control de potencia reactiva de la **UGE** tal como se describe en los subapartados 5.8.2.1, 5.8.2.2.

Los ensayos siempre se desarrollarán a potencia activa entre el 20% y el 100% de la capacidad máxima de la **UGE.**

5.8.2.1. Modo de control de tensión

5.8.2.1.1. Ensayo del modo de control de tensión

Para realizar las **pruebas del modo de control de tensión**, se utilizará una de las siguientes opciones:

- Una fuente de alimentación capaz de mantener la tensión especificada en bornas de la **UGE.**
- Un generador de señales capaz de inyectar una señal de tensión en el control de tensión de la **UGE,** que simule los cambios de tensión y que sirva a la **UGE** para regular la producción de reactiva
- Una señal ficticia que simule los cambios de tensión conectada al controlador de la UGE.

Para cada ensayo se establecerán secuencialmente los valores de tensión en bornas de la **UGE** o en el sistema de control especificados en la **Tabla 25, Tabla 26** y en la **Tabla 27,** según las cuales se repiten los ensayos para valores de la pendiente del control de 2% y 7%.

Para cada ensayo se anotarán en la tabla los valores de:

- **Potencia reactiva medida** en bornas de la **UGE** tras su estabilización, calculada a partir de las medidas de tensión y corriente.
- **Tiempos t_1 y t_2**, siendo t_1 el tiempo en el que la respuesta de potencia reactiva alcanza el 90% de la variación de reactiva, y t_2 el tiempo en el que se estabiliza en el valor final, de acuerdo con la definición en [1].

U en bornas de la UGE [p.u.]	Consigna U [p.u.]	Q medida	Q requerida ($\%P_{max}$)	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx
1,0	1,00		0,0% ±1,5% P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-8,6% ±1,5% P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-21,4%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		8,6%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		21,4%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
1,00	1,00		0,0% ±1,5% P_{max}		5 s		60 s

Tabla 25. Parámetros del ensayo del modo de control de tensión para pendiente del 7%.

*Estos valores de la columna "Q medida" podrían saturarse en el valor de la capacidad máxima de potencia reactiva de la **UGE** y declarada en el subapartado 5.7.2.1. y en los diagramas P-Q a diferentes tensiones de la **UGE**.

U en bornas de la UGE [p.u.]	Consigna U [p.u.]	Q medida	Q requerida ($\%P_{max}$)	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx
1,0	1,00		0,0%±1,5% P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-30%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-75%*±1,5% P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		30%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		75%*±1,5% P_{max}		5 s		60 s
1,00	1,00		0,0% ±1,5% P_{max}		5 s		60 s

Tabla 26. Parámetros del ensayo del modo de control de tensión para pendiente del 2%.

*Estos valores de la columna "Q medida" podrían saturarse en el valor de la capacidad máxima de potencia reactiva de la **UGE** y declarada en el ensayo indicado en el subapartado 5.7.2.1 y en los diagramas P-Q a diferentes tensiones de la **UGE**.

U en bornas de la UGE [p.u.]	Consigna U [p.u.]	Q medida	Q requerida ($\%P_{max}$)	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx
1,0	1,00		0,0%±1,5% P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		0,0%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-38%*±1,5% P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		0,0%±1,5% P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		38%*±1,5% P_{max}		5 s		60 s
1,00	1,00		0,0% ±1,5% P_{max}		5 s		60 s

Tabla 27. Parámetros del ensayo del modo de control de tensión para pendiente del 2% y con banda muerta del 5%.

*Estos valores de la columna "Q medida" podrían saturarse en el valor de la capacidad máxima de potencia reactiva de la **UGE** y declarada en el ensayo indicado en el subapartado 5.7.2.1 y en los diagramas P-Q a diferentes tensiones de la **UGE**.

Con el fin de garantizar una correcta estabilización de los parámetros eléctricos de la **UGE**, de forma previa a realizar un ensayo se reservará al menos 1 minuto sin enviar nuevas consignas de potencia reactiva.

5.8.2.1.2. Criterio de aceptación de los ensayos del modo de control de tensión de la UGE

La prueba se dará por válida cuando se den las condiciones siguientes:

- La **UGE** es capaz de modificar la salida de potencia reactiva ante un cambio de la tensión.
- Los valores medidos de potencia reactiva una vez estabilizados en el valor final están en el rango según los límites establecidos en la **Tabla 25**, la **Tabla 26** y **Tabla 27**.
- Los tiempos de respuesta t_1 y t_2 son iguales o menores que los valores especificados en cada caso, de acuerdo a las disposiciones de [1].

En el caso de que alguna de las condiciones anteriores no se cumpliera, no significaría la invalidación de la prueba, sino que sería necesario comprobar mediante las simulaciones complementarias que las capacidades de las **UGE** demostradas en las pruebas, junto con cualquier otro **CAMGE** son capaces de cumplir con el requisito a nivel **MGE**.

5.8.2.2. Modo de control de factor de potencia

5.8.2.2.1. Ensayo del modo de control de factor de potencia de la UGE

Para realizar las **pruebas del modo de control de factor de potencia**, la tensión en bornas de la **UGE** será la tensión nominal. En el caso de que el para la provisión del control de factor de potencia de la **UGE**, se vaya a utilizar el **PPC**, será necesario tenerlo en servicio para el ensayo de la **UGE**.

Durante el ensayo se establecerán las consignas de factor de potencia tal como indica la **Tabla 28**. Para cada ensayo, se medirá en bornas de la **UGE**, según corresponda, y el equipo de medida siempre registrará tensión y corriente.

Se anotarán en la tabla los valores de:

- Potencia reactiva medida en bornas de la **UGE.**
- Potencia activa producida por la **UGE** en el momento de la medida de Q.
- El tiempo que tarda en estabilizarse en la banda ±5% de Q_{max} el nuevo valor de factor de potencia tras la recepción de una nueva consigna o una variación en la potencia activa.

Se establecerán los valores marcados en la **Tabla 28** como consigna del factor de potencia, y se realizarán medidas para comprobar si el sistema alcanza el valor determinado.

Factor de potencia consigna	Potencia activa producida, P (%P_{max})	Q requerida (%P)	Tolerancia [Q/P_{max}]	Q medida	t medido	t máximo
0,95 inductivo		-32,9%	±1,5%P_{max}			60 s
0,96 inductivo		-29,2%	±1,5% P_{max}			60 s
0,97 inductivo		-25,1%	±1,5% P_{max}			60 s
0,98 inductivo		-20,3%	±1,5% P_{max}			60 s
0,99 inductivo		-14,3%	±1,5% P_{max}			60 s
1		0	±1,5% P_{max}			60 s
0,99 capacitivo		14,3%	±1,5% P_{max}			60 s
0,98 capacitivo		20,3%	±1,5% P_{max}			60 s
0,97 capacitivo		25,1%	±1,5% P_{max}			60 s
0,96 capacitivo		29,2%	±1,5% P_{max}			60 s
0,95 capacitivo		32,9%	±1,5% P_{max}			60 s

Tabla 28. Parámetros del ensayo del modo de control de factor de potencia de la UGE.

Cada medida será de al menos 1 minuto y se dejará al menos 1 minuto de estabilización de forma previa a cada registro.

5.8.2.2.2. Criterio de aceptación de los ensayos del modo de control de factor de potencia de la UGE

La prueba se dará por válida cuando se den las condiciones siguientes:

- La **UGE** es capaz de modificar la salida de potencia reactiva ante un cambio de factor de potencia.
- Los valores medidos de potencia reactiva salida del control de factor de potencia se encuentran dentro del rango definido en la **Tabla 28**. A modo de aclaración, se remarca que, en dicha tabla, el valor de Q esperada es función de la potencia activa producida de la **UGE** en el momento del ensayo, mientras que la tolerancia se ha de calcular en función de la capacidad máxima de la **UGE.**
- El tiempo de respuesta es menor que el valor indicado en la **Tabla 28**.

En el caso de que alguna de las condiciones anteriores no se cumpliera, no significaría la invalidación de la prueba, sino que sería necesario comprobar mediante las simulaciones complementarias que las capacidades de las **UGE** demostradas en las pruebas, junto con cualquier otro **CAMGE** son capaces de cumplir con el requisito a nivel **MGE**.

5.8.3. Simulaciones complementarias para obtención del certificado de MPE

Para la obtención del **certificado** de **MPE** a partir de pruebas a nivel **UGE** o c**ertificados UGE**, será necesaria la realización de **simulaciones complementarias** para cada modo de control de

potencia reactiva, de tal forma que se demuestre que las **UGE** cumplen con el requisito de los modos de control de potencia reactiva en los tiempos requeridos.

Las consideraciones sobre el modelado necesario, así como la consideración de otros **MGE** que pudieran compartir punto de conexión con el MGE a evaluar se recogen en el subapartado 7.4.

El informe de simulación complementaria deberá contener al menos la siguiente información:

- Descripción del **MPE**, incluyendo **BC.**
- Modelo del **MPE:**
  - Plataforma de simulación y versión.
  - Características de la red equivalente.
  - Datos del modelo(s) de **UGE**(s), incluyendo su certificado/informe de validación, plataforma de simulación y versión y parámetros utilizados en las simulaciones.
  - Datos del modelo(s) de **CAMGE**(s), incluyendo su certificado/informe de validación, plataforma de simulación y versión y parámetros utilizados en las simulaciones.
  - Descripción del modelado de los demás componentes del **MPE.**
- Resultados:
  - Tablas cumplimentadas indicando el cumplimiento de cada una de las simulaciones.
  - Exportables de los paquetes de simulación. A petición del **GRP**, se entregará el modelo del **MGE** utilizado en las simulaciones.
- Conclusiones.

En el caso de que para el cumplimiento de alguno de los modos de control de potencia reactiva sea necesario tener en cuenta algún **CAMGE,** el **certificador autorizado** deberá tener en cuenta la información aportada de cada uno de ellos según lo establecido en el subapartado 4.6 de la presente **Norma Técnica**.

5.8.3.1. Simulación complementaria del modo de regulación de tensión.

Para la realización de la simulación, el **MPE** estará produciendo una potencia activa de 80% P_{max}. Se simularán las modificaciones de la tensión tal como se indica en las tablas correspondientes dependiendo del procedimiento de modelado, con pendientes del control de tensión del 2% y 7% respectivamente y considerando una banda muerta igual a 1,5%. Se comprobará la respuesta del control anotando la salida de potencia reactiva tras la modificación de tensión, así como el tiempo de respuesta.

Con independencia de esta simulación, el **GRP** podrá solicitar pruebas del funcionamiento adicionales del control de tensión en carga. Según la topología del **MPE** y de la red de evacuación del **MPE** hasta el **PCR**, si **BC** no estuviera situado en el **PCR**, si fuera necesario, el **GRP** podrá solicitar valores de consignas de tensión fuera del rango desde 0,95 p.u. hasta 1,05 p.u. para dar cumplimiento del requisito en el **PCR**.

5.8.3.1.1. Procedimiento de modelado completo en PCR

Se realizará la secuencia de **simulaciones complementarias** indicada en la **Tabla 29** y **Tabla 30**.

U en PCR [p.u.]	Consigna U en PCR [p.u.]	Q medida	Q requerida en PCRC (%P_{max})	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx (s)
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-18,2%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,02	1,00		-5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		18,2%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ± 1,5%P_{max}		5 s		60 s

Tabla 29. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 7% en MPE según el procedimiento de modelización completa en PCR

U en PCR [p.u.]	Consigna U en PCR [p.u.]	Q medida	Q requerida en PCR (%P_{max})	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx (s)
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-18,7%±1,5%P_{max}		5s		60 s
1,05	1,00		-63,8%*±1,5%P_{max}		5s		60 s
1,02	1,00		-18,7%±1,5%P_{max}		5s		60 s
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}		5s		60 s
0,98	1,00		18,7%±1,5%P_{max}		5s		60 s
0,95	1,00		63,8%*±1,5%P_{max}		5s		60 s
0,98	1,00		18,7%±1,5%P_{max}		5s		60 s
1,0	1,00		0,0% ± 1,5%P_{max}		5s		60 s

Tabla 30. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 2% en MPE según el procedimiento de modelización completa en PCR.

*Estos valores de la columna "Q medida" podrían saturarse en función de la capacidad máxima de potencia reactiva del **MPE**.
** Si bien no aplica (N/A) en ese punto de operación porque se permiten respuestas de hasta 60 s, t_1 debe anotarse en la tabla.

5.8.3.1.2. Procedimiento de modelado alternativo en BC. Caso A

Se realizará la secuencia de **simulaciones complementarias** indicada en la **Tabla 31** y **Tabla 32.**

U en BC [p.u.]	Consigna U en MPE [p.u.]	Q medida	Q requerida en BC (%P_{max})	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx (s)
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-18,2%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,02	1,00		-5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		18,2% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		5,4% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ± 1,5%P_{max}		5 s		60 s

Tabla 31. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 7% en MPE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso A.

U en BC [p.u.]	Consigna U en MPE [p.u.]	Q medida	Q requerida en BC (%P_{max})	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx (s)
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-18,7%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-63,8%*±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,02	1,00		-18,7%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		18,7%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		63,8%*±1,5%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		18,7%±1,5%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ± 1,5%P_{max}		5 s		60 s

Tabla 32. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 2% en MPE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso A.

*Estos valores de la columna "Q medida" podrían saturarse en función de la capacidad máxima de potencia reactiva del **MPE**.

** Si bien no aplica (N/A) en ese punto de operación porque se permiten respuestas de hasta 60 s, t_1 debe anotarse en la tabla.

5.8.3.1.3. Procedimiento de modelado alternativo en BC. Caso B

Se resalta una variación de estas pruebas respecto a las del subapartado anterior aplicables al procedimiento general y particular caso A: la capacidad de potencia reactiva máxima del **MPE** es mayor, lo cual tiene una incidencia directa en el valor de la pendiente, que según indica [1] se refiere a la potencia reactiva máxima.

U en LAT [p.u.]	Consigna U en MPE [p.u.]	Q medida	Q requerida en BC (%P_{max})	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx (s)
1,0	1,00		0,0% ±2%P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-7,1% ±2%P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-24,3% ±2%P_{max}		5 s		60 s
1,02	1,00		-7,1% ±2%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ±2%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		7,1% ±2%P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		24,3% ±2%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		7,1% ±2%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ± 2%P_{max}		5 s		60 s

Tabla 33. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 7% en MPE según el procedimiento de modelado alternativo Caso B.

U en LAT [p.u.]	Consigna U en MPE [p.u.]	Q medida	Q requerida en BC (%P_{max})	t_1 medido (s)	t_1 máx	t_2 medido (s)	t_2 máx (s)
1,0	1,00		0,0% ±2% P_{max}	-	-	-	-
1,02	1,00		-25%±2%P_{max}		5 s		60 s
1,05	1,00		-85%*±2%P_{max}		5 s		60 s
1,02	1,00		-25%±2%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ±2%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		25%±2%P_{max}		5 s		60 s
0,95	1,00		85%*±2%P_{max}		5 s		60 s
0,98	1,00		25%±2%P_{max}		5 s		60 s
1,0	1,00		0,0% ± 2%P_{max}		5 s		60 s

Tabla 34. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 2% en MPE según el procedimiento de modelización alternativo Caso B.

*Estos valores de la columna "Q medida" podrían saturarse en función de la capacidad máxima de potencia reactiva del **MPE.** En caso de saturación de la respuesta en potencia reactiva será suficiente indicar en la tabla que los tiempos de respuestas son inferiores a sus valores limites sin precisar el tiempo medido.
** Si bien no aplica (N/A) en ese punto de operación porque se permiten respuestas de hasta 60 s, t_1 debe anotarse en la tabla.

5.8.3.2. Criterio de aceptación de la simulación complementaria del modo de regulación de tensión.

El **certificador autorizado** evaluará:

- Los resultados del ensayo de control de tensión de las **UGE**.
- Que las potencias del inversor no superen las capacidades (potencia activa y reactiva) máximas a la temperatura máxima de diseño.
- Información de todos los **CAMGE** del **MPE** según lo dispuesto en el subapartado 4.6.
- Los resultados de capacidad de potencia reactiva máxima de los ensayos de las **UGE** y del **MPE**.
- Los datos y parámetros de los cables, líneas y transformadores del **MPE.**
- En el caso de simulación complementaria por el procedimiento de modelización completa en **PCR**, los datos de la red de conexión hasta el **PCR**.
- Los resultados de la **simulación complementaria** del control de tensión del **MPE.**

La **simulación complementaria** del control de tensión del **MPE** se dará por válida cuando se den las condiciones siguientes:

- La salida de potencia reactiva, para cada valor de la pendiente y cada escalón de tensión en bornas del **MPE** indicados en la **Tabla 29 a Tabla 34**, según sea el caso, se encuentra en el valor requerido, teniendo en cuenta que la desviación máxima indicada en la tabla.
- El **MPE** logra el 90 % de la variación de la salida de potencia reactiva en un tiempo menor o igual al tiempo de respuesta especificado en las tablas anteriores, e indicado como t_1.
- La salida de potencia reactiva del **MPE** se estabiliza en un tiempo menor o igual al tiempo de establecimiento especificado en las tablas anteriores, e indicado como t_2.
- El tiempo de simulación de cada escalón de tensión es suficiente para comprobar el tiempo de establecimiento de tal forma que se haya logrado estabilización completa de la respuesta antes de realizar la simulación del siguiente escalón.

5.8.3.3. Simulación complementaria del control de factor de potencia.

Para la realización de la **simulación complementaria** del modo de control de factor de potencia, el **MPE** estará produciendo una potencia activa del 80%P_{max}. Se simularán los valores establecidos en la **Tabla 35, Tabla 36** o **Tabla 37, según el caso,** como consigna del factor de potencia, y se anotará la potencia reactiva salida del **MPE** así como el tiempo de estabilización.

Tal como se indica en el subapartado 5.7.3, el punto en el que la potencia reactiva debe ser medida será, por norma general, el **PCR**. No obstante, para aquellos **MPE** conectados a una red de conexión de la generación compartida con otros **MGE**, en aras de facilitar el proceso de supervisión de la conformidad se aceptará la evaluación en **BC** del **MPE** (procedimiento particular, Caso A y Caso B).

5.8.3.3.1. Procedimiento de modelización completa en PCR

U en PCR	Factor de potencia consigna	Q requerida en PCR (%P)	Tolerancia [Q/P_{max}]	Q medida	t medido	t máximo
1,05	0,95 inductivo	-26,29%	±1,5% P_{max}			60 s
1,05	0,96 inductivo	-23,33%	±1,5% P_{max}			60 s
1,05	0,97 inductivo	-20,05%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,98 inductivo	-16,24%*	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,99 inductivo	-11,40%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	1	0,00%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,99 capacitivo	11,40%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,98 capacitivo	16,24%*	±1,5% P_{max}			60 s
0,95	0,97 capacitivo	20,05%	±1,5% P_{max}			60 s
0,95	0,96 capacitivo	23,33%	±1,5% P_{max}			60 s
0,95	0,95 capacitivo	26,29%	±1,5% P_{max}			60 s

Tabla 35. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de factor de potencia del procedimiento de modelización completa en PCR.

*Estos valores de la columna “Q esperada en PCR” podrían saturarse en función de la capacidad máxima de potencia reactiva del **MPE** para esos niveles de tensión en **PCR**.

5.8.3.3.2. Procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso A

U en BC	Factor de potencia consigna	Q requerida en BC (%P)	Tolerancia [Q/P_{max}]	Q medida	t medido	t máximo
1,05	0,95 inductivo	-26,29%	±1,5% P_{max}			60 s
1,05	0,96 inductivo	-23,33%	±1,5% P_{max}			60 s
1,05	0,97 inductivo	-20,05%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,98 inductivo	-16,24%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,99 inductivo	-11,40%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	1	0,00%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,99 capacitivo	11,40%	±1,5% P_{max}			60 s
1,00	0,98 capacitivo	16,24%	±1,5% P_{max}			60 s
0,95	0,97 capacitivo	20,05%	±1,5% P_{max}			60 s
0,95	0,96 capacitivo	23,33%	±1,5% P_{max}			60 s
0,95	0,95 capacitivo	26,29%	±1,5% P_{max}			60 s

Tabla 36. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de factor de potencia para el procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso A.

5.8.3.3.3. Procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso B

U en LAT	Factor de potencia consigna	Q requerida en BC (%P)	Tolerancia [Q/P_{max}]	Q medida	t medido	t máximo
1,05	0,95 inductivo	-26,29%	±2% P_{max}			60 s
1,05	0,96 inductivo	-23,33%	±2% P_{max}			60 s
1,05	0,97 inductivo	-20,05%	±2% P_{max}			60 s
1,00	0,98 inductivo	-16,24%	±2% P_{max}			60 s
1,00	0,99 inductivo	-11,40%	±2% P_{max}			60 s
1,00	1	0,00%	±2% P_{max}			60 s
1,00	0,99 capacitivo	11,40%	±2% P_{max}			60 s
1,00	0,98 capacitivo	16,24%	±2% P_{max}			60 s
0,95	0,97 capacitivo	20,05%	±2% P_{max}			60 s
0,95	0,96 capacitivo	23,33%	±2% P_{max}			60 s
0,95	0,95 capacitivo	26,29%	±2% P_{max}			60 s

Tabla 37. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de factor de potencia para el procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso B.

5.8.3.4. Criterio de aceptación de la simulación complementaria del control de factor de potencia.

El **certificador autorizado** evaluará:

- Los resultados del ensayo de control de factor de potencia de las **UGE**.
- Que las potencias del inversor no superen las capacidades (potencia activa y reactiva) máximas a la temperatura máxima de diseño.
- Información de todos los **CAMGE** del **MPE** según lo dispuesto en el subapartado 4.6.
- Los datos y parámetros de los cables, líneas y transformadores del **MPE.**
- En el caso de simulación complementaria por el procedimiento de modelización completa en **PCR**, los datos de la red de conexión hasta el **PCR**.
- Los resultados de la **simulación complementaria** del control de factor de potencia del **MPE**.

La **simulación complementaria** del modo de control de factor de potencia se dará por válida cuando se den las condiciones siguientes:

- La salida de potencia reactiva del **MPE** para cada valor de factor de potencia y de tensión en el **PCR**, es igual al valor indicado en la **Tabla 35** se encuentra en el valor requerido, teniendo en cuenta que la desviación máxima indicada en la tabla
- La salida de potencia reactiva del **MPE** deberá estabilizarse en un tiempo menor o igual al tiempo especificado en la **Tabla 35.**
- La salida de potencia reactiva del **MPE** para cada valor de factor de potencia y de tensión en el **BC**, es igual al valor indicado en la **Tabla 36** o **Tabla 37**, según el caso, se encuentra en el valor requerido, teniendo en cuenta la desviación máxima indicada en cada tabla.
- La salida de potencia reactiva del **MPE** deberá estabilizarse en un tiempo menor o igual al tiempo especificado en la **Tabla 36** o **Tabla 37**, según el caso.
- El tiempo de simulación de cada escalón de tensión debe ser suficiente para comprobar el tiempo de establecimiento.

5.8.4. Evaluación a nivel MPE para la obtención de certificado de MPE

En el caso de que el **propietario** del **MPE** no disponga o no desee utilizar los **certificados de equipo** para **UGE** y **CAMGE** para este requisito técnico, será necesario que se realicen los ensayos descritos en el subapartado 5.8.2 así como las **simulaciones complementarias** descritas en el subapartado 5.8.3. Si se cumplen los criterios de aceptación descritos en ambos subapartados, el **certificador autorizado** emitirá un **certificado** del **MPE** para este requisito.

5.9. Amortiguamiento de oscilaciones de potencia en MGES

El objetivo es verificar que el **MGES**, es **capaz de amortiguar oscilaciones de potencia**[8]**,** a través de un estabilizador de potencia (**PSS**), conforme a lo indicado en:

- Artículo 8.3.1 f) de [1].

Este requisito aplica en el caso de que la **capacidad máxima** del **MGES** sea superior a 40 MW salvo indicación expresa del **operador del sistema**.

Se verificará el cumplimiento de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

[8] Como aclaración, las oscilaciones de potencia que debe amortiguar el PSS serán electromecánicas, ya que podrían existir oscilaciones de potencia de naturaleza no electromecánica que no puedan ser amortiguadas con el PSS.

5.10. Amortiguamiento de las oscilaciones de potencia en MPE

El objetivo es verificar que el **MPE** es conforme a lo indicado en:

- Artículo 8.4.2. d) del [1].

Se verificará el cumplimiento de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

5.11. Requisitos de robustez: Capacidad para soportar huecos de tensión y sobretensiones transitorias y capacidad de inyección rápida de corriente de falta

5.11.1. Objetivo

El objetivo es verificar que el **MPE** es capaz de cumplir con los siguientes requisitos de robustez:

1. **Soportar huecos de tensión**, conforme a lo indicado en:
   - Artículos 8.4.3 de [1].

   La conformidad del **MPE** de este requisito se deberá realizar a través de **simulación** o a través de **certificados de equipo**.

2. **Soportar sobretensiones transitorias**, conforme a lo indicado en:
   - Artículos 8.4.3 g) y h) de [1].

   La conformidad del **MPE** de este requisito se deberá realizar a través de **simulación** o a través de **certificados de equipo**.

3. **Inyectar rápidamente corriente de falta** en caso de faltas, conforme a lo indicado en:
   - Artículos 8.4.3 de [1].

La conformidad del **MPE** de este requisito se deberá realizar a **través de simulación** o a través de **certificados de equipo**.

Las simulaciones pertinentes las realizará una **entidad acreditada** utilizando un modelo certificado conforme al apartado 6, en el que se describen los ensayos necesarios para la validación del modelo.

De cara a la evaluación de los requisitos relacionados con la robustez, en el caso de que no haya sido posible su cumplimiento por prueba como se indica en el subapartado 5.11.2, será necesario disponer de un modelo certificado que permita representar el comportamiento del **MPE** con precisión para realizar las simulaciones de conformidad especificadas en dichos subapartados. En el caso de que los ensayos indicados en el subapartado 5.11.2.2.1 hayan resultado favorables y por tanto la **UGE** cumpla con los requisitos de robustez, no se considerará necesario la realización de simulaciones para la evaluación de este requisito a nivel **MPE** como se detalla en el subapartado 5.11.3.

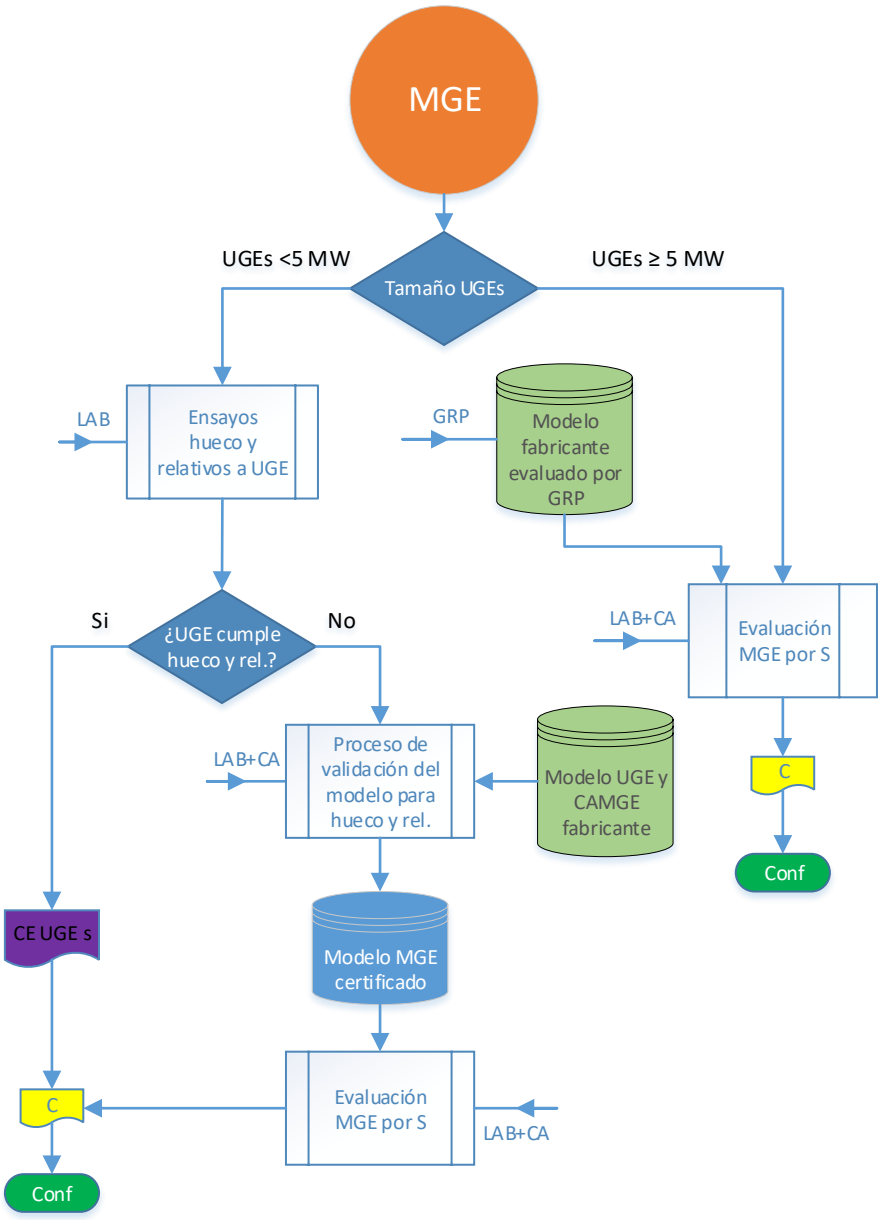


Figura 13. Esquema detallado de evaluación de los requisitos de robustez.

A continuación, se desarrolla la estructura presentada en el esquema de la **Figura 13:**

- En el caso de **MPE** formados por **UGE** de potencias inferiores a 5 MW, se realizarán ensayos de hueco de tensión (y relativos) a las **UGE**:

    - Si la **UGE** cumple los requisitos técnicos especificados en los ensayos del subapartado 5.11.2, el **certificador autorizado** emitirá un certificado de equipo de **UGE** para simulación de los requisitos de hueco y relativos. Por tanto, en el subapartado 5.11, como así se indica de forma explícita, no será necesaria la realización de simulaciones adicionales para evaluar el cumplimiento de estos

requisitos. El cumplimiento a nivel **UGE** de estos requisitos equivaldrá al cumplimiento a nivel **MPE**.

- Si la **UGE** no cumple con los requisitos técnicos especificados en los ensayos, será necesario que disponga de un **CAMGE** para poder cumplirlos a nivel **MPE**. En este caso se requerirán modelos certificados de **UGE** y **CAMGE** para poder construir el modelo del **MPE** con el que se realizarán las simulaciones de conformidad de estos requisitos, como se indica en el subapartado 5.11. Los modelos de **UGE** y **CAMGE** podrán tener límites de aplicación fuera de los cuales dejan de ser válidos, por ejemplo, una tensión mínima de aplicación. El **certificador autorizado** verificará que las magnitudes en bornas de las **UGE** y **CAMGE** están dentro de los límites anteriores. El modelo del **MPE** se simulará sobre la red del subapartado 7.4.3.

- En el caso de **MPE** formados por **UGE** de capacidad máxima igual o superior a 5 MW podrán optar por verificar mediante un modelo de simulación para efectuar las simulaciones de conformidad que permitan evaluar los requisitos técnicos. Dicho modelo de simulación se elaborará en base a las pruebas planteadas por el **GRP** o el **propietario del MPE** (o la entidad designada al efecto, que puede ser el fabricante) y que serán aprobadas por el **GRP**. Una vez que el **GRP** acepte el modelo de simulación, el propietario del **MPE** podrá emplearlo para la evaluación de los requisitos por simulación de esta **Norma Técnica**.

  En tanto en cuanto no se disponga de un procedimiento de evaluación del modelo de simulación, que se derive de las conclusiones del grupo de trabajo que se establecerá al efecto, el **GRP** evaluará el modelo y la metodología utilizada para validarlo en base a las pruebas indicadas anteriormente, para lo que dispondrá de **2 meses** desde el momento que la información esté completa.

5.11.2. Método de ensayo

La definición y condiciones en las que se realizará el ensayo dependerán del objetivo que se pretenda con la prueba. Así pues, los ensayos podrán ser utilizados para:

- La validación de modelo de simulación, según el apartado 6, o bien
- para el cumplimiento directo del requisito técnico, que se describen en este subapartado.

Los ensayos que se describen a continuación, tal como se ha indicado anteriormente, están destinados a evaluar si la **UGE** cumple con los requisitos de robustez.

En este subapartado se especifican las condiciones y criterios de validez del ensayo en campo o en banco de ensayo, así como la definición de los equipos necesarios para realizar esta prueba. Asimismo, se precisan las medidas requeridas a efectuar para determinar los parámetros característicos de la respuesta ante huecos de la **UGE** que se va a evaluar.

Los procesos descritos en este subapartado son válidos para **UGE** de cualquier potencia con una conexión trifásica a una red eléctrica.

Las medidas se utilizarán para verificar los parámetros característicos de la respuesta ante huecos de tensión en todo el intervalo de funcionamiento de la **UGE** ensayada.

Las características medidas son únicamente válidas para la **UGE** ensayada. En caso de considerar ésta como **UGE** tipo, variaciones en la configuración o del control que pudieran afectar a su respuesta frente a huecos de tensión cambiarían la consideración de tipo y requerirán ensayos adicionales.

5.11.2.1. Equipo de ensayo

Se recomienda la utilización del equipo de ensayo indicado en cualquiera de las siguientes referencias:

- Subapartado 6.1 de [4].
- Subapartado 8.5.2.2 de [5].
- Subapartado 4.6.1.2 [6].

5.11.2.2. Tipos de ensayos sobre UGE

La **UGE** completa deberá ser ensayada en campo o en banco de ensayos y se efectuará considerando los puntos de operación definidos en la **Tabla 38** para **UGE** de **MPE**.

La **UGE** a ensayar se conectará a la red a través del equipo de ensayo, que será capaz de producir el hueco de tensión mediante la aplicación de un cortocircuito, según se describirá en el procedimiento de ensayo. La evolución de la tensión durante los ensayos deberá permanecer por encima de la curva indicada en la **Figura 14**, considerando los márgenes de tolerancia indicados:

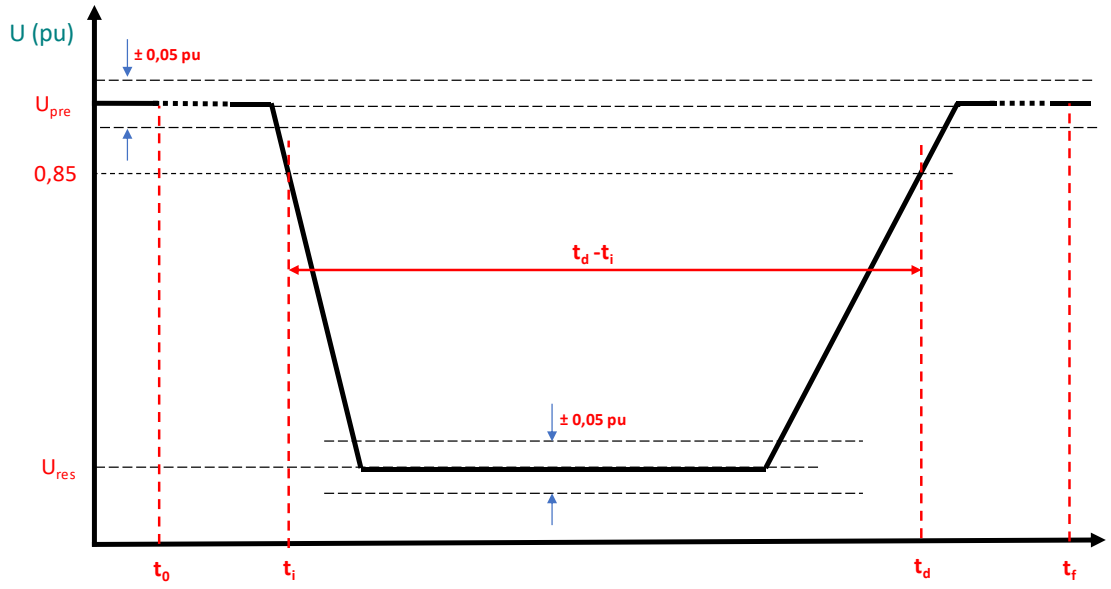


Figura 14. Ensayo de hueco. Tensiones y tiempos. Tolerancias.

Las tolerancias indicadas en la **Figura 14** relativas a la tensión se expresan en p.u. de la tensión previa a la falta (U_{pre}).

Como aclaración, el tiempo de comienzo de la falta, ti, definido posteriormente en el subapartado 5.11.2.2.2, se ha reflejado en la **Figura 14** atendiendo sólo al criterio de que la secuencia positiva de la tensión baje de 0,85 p.u.

Los ajustes y esquemas de protección para faltas eléctricas internas no deberán comprometer la capacidad para soportar huecos de tensión.

5.11.2.2.1. Ensayos a realizar en UGE de MPE

Se ensayará en campo la **UGE** del **MPE** considerando los puntos de operación indicados en la **Tabla 38**:

Carga	**Potencia activa registrada (en campo o banco de ensayo)**	**Potencia reactiva registrada**
Carga parcial (p_{med})	15%-50% P_{max}	**Tabla 39**
Plena carga	>90% P_{max}	**Tabla 39**
Carga mínima (p_{min})	<15% Pmax*	**Tabla 39**

Tabla 38. Puntos de operación previos al ensayo para UGE de MPE.

* En caso de realización de ensayo en campo donde no se puede regular el recurso primario, se permite la limitación por control para estar en el rango de potencia exigido

La **entidad acreditada** deberá confirmar que en los ensayos no se ha buscado un instante concreto de ocurrencia y despeje del cortocircuito, ni tampoco un factor de potencia tal que fueren especialmente favorables a la permanencia de la **UGE** acoplada durante el hueco de tensión. No obstante, se especifica para cada ensayo el valor de la potencia reactiva que debe estar generando o consumiendo la **UGE**.

Se generarán varios huecos de tensión, correspondientes al requisito establecido en la **Figura 15**, que se numerarán conforme a la primera columna de la **Tabla 39**, "Tipo de ensayo", y se deberá comprobar posteriormente si los registros indicados en las tablas del subapartado 5.11.2.2.2 cumplen los criterios de aceptación. Se realizarán **2 ensayos consecutivos** correspondientes a cada tipo (o categoría) de ensayo. Se debe entender como que entre un ensayo y otro no se ha realizado ningún ensayo intermedio fallido en las mismas condiciones.

Para evaluar el tiempo de respuesta en la situación más desfavorable el ajuste de cambio abrupto de tensión para las pruebas deberá estar parametrizado en 0,15 p.u.

Tipo de Ensayo	U_{res}(p.u.)	T_f(ms)	Tipo de falta	Carga	Q/P_{max}	K[9]
$U5TP_{max}$	0%Un (±5%)	≥500	Trifásico	Plena	0 ± 10%	K=3,5
$U5TP_{med}$				Parcial	0 ± 10%	K=3,5
$U5BP_{max}$			Bifásico	Plena	0 ± 10%	K=3,5
$U5BP_{med}$				Parcial	0 ± 10%	K=3,5
$U20TP_{max}$	20%Un (±5%)	≥620	Trifásico	Plena	0 ± 10%	K=3,5
$U20TP_{med}$				Parcial	0 ± 10%	K=3,5
$U20BP_{max}$			Bifásico	Plena	0 ± 10%	K=3,5
$U20BP_{med}$				Parcial	0 ± 10%	K=3,5
$U75TP_{max}$	75%Un (±5%)	≥945**	Trifásico	Plena	0 ± 10%	K=3,5
$U75TP_{med}$				Parcial	0 ± 10%	K=3,5
$U75TP_{med}Q_{max}$[10]					Q_{max}/P_{max}	K=3,5
$U75TP_{med}Q_{min}$[11]					Q_{min}/P_{max}	K=3,5
$U75TP_{min}$				P_{min}*	0 ± 10%	K=6
$U75BP_{max}$			Bifásico	Plena	0 ± 10%	K=3,5
$U75BP_{med}$				Parcial	0 ± 10%	K=3,5
$U75BP_{min}$				P_{min}*	0 ± 10%	K=6

Tabla 39. Ensayos de huecos de tensión a realizar para MPE

*En caso de realización de ensayo en campo donde no se puede regular el recurso primario, se permite la limitación por control para estar en el rango de potencia exigido.

** En caso de que se certifique el cumplimiento de los requisitos de robustez tanto para la **Norma técnica SENP** como **la Norma técnica SEPE** [2], será necesario realizar el hueco a 75%Un con un tiempo t_f mayor que 1340ms.

[9] Según [1]: K se refiere a K_1 o K_2, que son las ganancias del control de la inyección de corriente rápida, ajustables entre 2 y 6 p.u. El valor por defecto de K_1 y K_2 será de 3,5 salvo indicación expresa del operador del sistema.
[10] Q_{max} es la máxima capacidad de inyección de reactiva de la **UGE**.
[11] Q_{min} es la máxima capacidad de absorción de reactiva de la **UGE**.

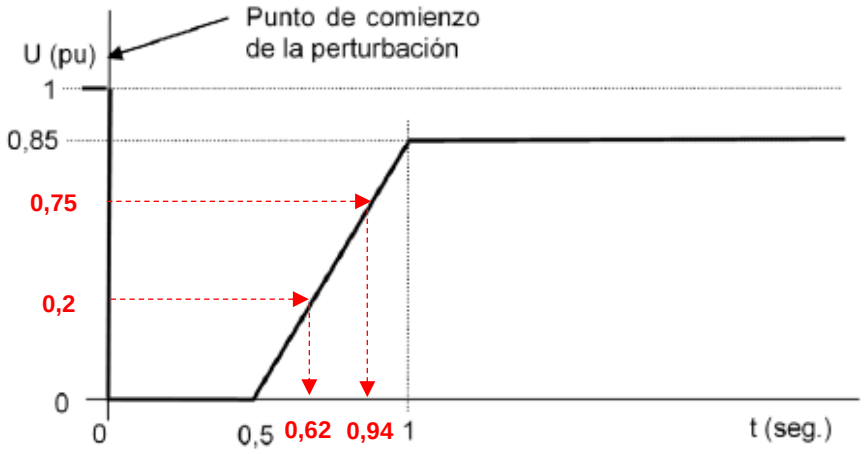


Figura 15 Perfil de la capacidad para soportar huecos de tensión de un MPE

5.11.2.2.2. Documentación de los ensayos a MPE

Se utilizará la metodología de medida de potencia activa, potencia reactiva y tensión especificada en [5].

Se considerarán las siguientes definiciones, relativas a tiempos, en el hueco de tensión:

- t_0: Inicio del registro de datos.
- t_i: Tiempo en el que la secuencia positiva de la tensión baja por debajo de 0,85 p.u. o se detecta corriente en la rama de cortocircuito (valor mayor que 0,01 p.u.).
- t_a: Tiempo de activación. Tiempo en que se considera que la **UGE** ha reaccionado el hueco. Para medirla se utilizará el tiempo desde t_i hasta que la respuesta de inyección rápida de corriente tiene una variación mayor de un 5% de la corriente reactiva nominal respecto de su valor medio en t_i-60s hasta t_i.
- t_r: Tiempo de respuesta. Tiempo contado tras t_a hasta que la inyección rápida de corriente llega al 90% de su valor objetivo.
- t_d: Tiempo en el que la secuencia positiva de la tensión supera 0,85 p.u.
- t_f: Final del registro de datos.

Estos tiempos cumplirán con los siguientes requisitos:

- El tiempo de grabación pre-falta (t_i-t_0) deberá ser como mínimo de 60 segundos.
- El tiempo de falta (t_d-t_i) será igual o mayor a los especificados en la **Tabla 40**, **Tabla 41** y **Tabla 42**.
- El tiempo de grabación post-falta (t_f-t_d) deberá ser como mínimo 10 segundos o hasta que se aprecie una respuesta amortiguada.

Se aportará la siguiente documentación, recogida en las tablas siguientes, por cada uno de los ensayos realizados con el objetivo de evaluar si es válido el ensayo de **UGE** para cumplimiento directo de los requisitos técnicos de robustez, en función de los criterios establecidos para cada requisito técnico de robustez, en particular, indicados en los subapartados siguientes.

	Magnitud	Descripción
Información General	Tipo de ensayo	
	Tipo de falta	
	Ocurrencia de la falta t_i	
	Despeje de la falta t_d	
	Duración de la falta	
	Tiempo de registro t_f	

Tabla 40. Información ensayos de huecos de tensión a MPE (I).

	Magnitud	Secuencia	Referencia de tiempos
PRE-FALTA: Información registrada previa a la operación de realización de la falta para generar el hueco (t_i)	Tensión (p.u.)	Pos.	1) t_i-60s hasta t_i 2) t_i-500ms hasta t_i -100ms 3) ti-1s hasta ti
		Neg.	1) t_i-60s hasta t_i 2) t_i-500ms hasta t_i -100ms 3) t_i-1s hasta t_i
	Intensidad aparente (p.u.)	Pos.	t_i-500ms hasta ti -100ms
	Intensidad reactiva	Pos.	t_i-60s hasta t_i
		Pos.	t_i-1s hasta t_i
		Neg.	t_i-1s hasta t_i
	Intensidad activa	Pos.	t_i-1s hasta t_i
	Potencia activa	Total	t_i-10s hasta t_i
		Total	t_i-2s hasta t_i
		Pos.	t_i-500ms hasta t_i -100ms
	Potencia reactiva	Pos.	t_i-500ms hasta t_i -100ms
	Velocidad del viento (si **UGE** eólica)	-	t_i-2s hasta t_i

Tabla 41. Información ensayos de huecos de tensión a MPE (II).

	Magnitud	Secuencia	Referencia de tiempos
FALTA: Información registrada durante la falta (t_i-t_d)	Factor K	Pos. (K_1)	
		Neg. (K_2)	
	Tiempo de activación (t_a)	Pos.	
	Tiempo de respuesta (t_r)	Pos.	
		Neg.	
	Tiempo de establecimiento (t_e)	Pos.	
		Neg.	
	Tensión (p.u.)	Pos.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
		Neg.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
	Intensidad reactiva	Pos.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
		Neg.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
	Intensidad activa	Pos.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
	Intensidad aparente	Pos.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
		Neg.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
	Potencia activa	Total	t_i+100ms hasta t_d-20ms
		Pos.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
	Potencia reactiva	Pos.	t_i+100ms hasta t_d-20ms
	Intensidad de cortocircuito (sólo para falta trifásica). Valores máximos instantáneos de intensidad	Fases 1, 2 y 3	t_i+20ms
	Intensidad de cortocircuito (sólo para falta trifásica).	Fases 1, 2 y 3	t_i+20ms
		Fases 1, 2 y 3	t_i+100ms
		Fases 1, 2 y 3	t_i+150ms
		Fases 1, 2 y 3	t_i+300ms
		Fases 1, 2 y 3	t_i+500ms
		Fases 1, 2 y 3	t_i+1000ms
	Capacidad de soportar el hueco	Permanece conectado	Si/No
POST-FALTA: Información registrada tras el despeje de la falta (t_d) hasta el final del tiempo de registro (t_f)	Intensidad reactiva	Pos.	t_d+1s hasta t_d+10s
		Neg.	t_d+1s hasta t_d+10s
	Intensidad activa	Pos.	t_d+1s hasta t_d+10s
	Potencia activa	Total	t_d+1s hasta t_d+10s
	Potencia reactiva	Pos.	t_d+1s hasta t_d+10s
	Tensión	Pos.	t_d+1s hasta t_d+10s
		Neg.	t_d+1s hasta t_d+10s
	Intensidad aparente	Pos.	t_d+1s hasta t_d+10s
		Neg.	t_d+1s hasta t_d+10s
	Velocidad del viento (si **UGE** eólica)	-	t_d+1s hasta t_d+10s
	t_e de la Potencia activa	Pos.	
	Capacidad sobretensión transitoria	Permanece conectado	Si/No

Tabla 42. Información ensayos de huecos de tensión a MPE (III).

5.11.2.2.3. Criterios de evaluación del requisito de hueco de tensión

Adicionalmente a la información proporcionada en la **Tabla 40,** en la **Tabla 41**, en la **Tabla 42** para evaluar si la **UGE** ha soportado sin desconexión cada hueco de tensión se tendrá en cuenta lo siguiente:

Punto de operación: Para cada categoría de ensayo es condición necesaria que la potencia activa y reactiva registradas previas a la realización del hueco de tensión esté dentro del intervalo que define carga parcial y plena carga.

Continuidad de suministro:

Para **UGE** eólica:

El ensayo en campo se realizará sobre toda la **UGE**.

Se realizarán **2 ensayos consecutivos** correspondientes a cada tipo (o categoría) de ensayo identificado en la primera columna de las tablas anteriores. Se verificará que no se produce desconexión de la **UGE** durante la aplicación del hueco de tensión en 2 ensayos consecutivos correspondientes a la misma categoría.

En el caso que se produzca al menos una desconexión en esta secuencia de ensayos (2 primeros ensayos consecutivos), se considerará válida la condición de continuidad de suministro sólo cuando en los 3 siguientes ensayos, correspondientes a la misma categoría, no se produce desconexión de la **UGE**. En el caso que se produzcan en esta última serie de ensayos alguna desconexión se dará como no válido el ensayo. En el caso de que la potencia activa de la **UGE** se encuentre fuera de los límites establecidos en las tablas anteriores para su ensayo correspondiente, y no haya desconexión de la **UGE**, se considerará no válido el ensayo, pero no computará a efectos de considerarlo consecutivo, es decir, se desestimará.

Para **UGE** fotovoltaica:

Se permite la utilización de banco de ensayo para realizar pruebas sobre la **UGE**, no es necesario la presencia de los paneles fotovoltaicos y en su lugar, se permite el uso de una fuente DC.

Si se produce desconexión de la **UGE** durante la aplicación del hueco de tensión, en alguno de **dos ensayos consecutivos** para cada categoría de ensayo, se dará como no superado el ensayo.

5.11.2.2.4. Criterios de evaluación del requisito de inyección rápida de intensidad reactiva

En virtud del artículo 8.4.3 c) de [1], en cuanto a la capacidad de los **MPE** para inyectar rápidamente corriente de falta, se aplica el requisito definido a nivel peninsular en [7].

La evaluación del requisito de inyección rápida de intensidad reactiva se realizará de la misma manera que en la **NTS SEPE** [2], teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

En los casos en los que:

- En el **MPE** haya bloqueo de la electrónica de potencia para faltas en las que Ures < 10% como se indica en [1], no se evaluará este requisito.

- El **MPE** sea de tecnología doblemente alimentada, para faltas en las que Ures < 10%, no se evaluará este requisito, independientemente del tipo de falta (trifásica o bifásica).

Sin prejuicio de lo indicado para los casos anteriores en lo que respecta a la evaluación, se deberán realizar las pruebas e incorporar los resultados en el informe de ensayos. De esta manera el **certificado de UGE** establecerá las capacidades de inyección de corriente reactiva ante este tipo de eventos determinadas mediante los ensayos.

5.11.2.2.5. Criterios de evaluación del requisito de sobretensiones transitorias

A los efectos de cumplimiento de este requisito, en el caso de que la respuesta en potencia activa sea oscilante, se considerará la línea de tendencia de la componente no oscilatoria de la potencia activa con posterioridad al despeje de la falta. Adicionalmente, no se producirán oscilaciones no amortiguadas.

Se evaluará el cumplimiento del requisito del subapartado 8.4.3 g) de [1] con los registros de tensión indicados en las tablas de los subapartados 5.11.2.2.2 tras el despeje de la falta, es decir, entre t_d y t_f. En este sentido, se reflejará en el informe lo indicado en la **Tabla 42** al respecto.

5.11.3. Método de simulación y criterio de aceptación de las simulaciones

Tal como se ha indicado en el subapartado 5.11.1, sólo será necesario efectuar simulaciones para evaluar el comportamiento del **MGE** en el caso de que las **UGE** que constituyen el **MGE** no cumplan con los requisitos de robustez planteados en los ensayos para validar el modelo y necesiten de un **CAMGE** para cumplirlos.

Los modelos de simulación de elementos dinámicos de la instalación (**UGE** y/o **CAMGE**), una vez hayan sido obtenidos sus certificados, serán integrados dentro de un modelo de simulación del **MGE**. Utilizando este modelo, la **entidad acreditada** realizará la simulación del **MGE** evaluando la respuesta del mismo en **BC**.

Para la realización del estudio de simulación del **MGE** es preciso hacer uso de una herramienta que permita el modelado por fase de los componentes del sistema eléctrico, ya que se realizarán estudios dinámicos ante fallos equilibrados y desequilibrados. Dicha herramienta debe ser capaz de utilizar el modelo de **UGE** validado sin necesidad de realizar ninguna transformación del mismo.

La topología del sistema eléctrico que se utilizará para la realización de las simulaciones y la metodología de simulación se especifica en el subapartado 7.2 de esta **Norma Técnica**.

6. VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Se realizará de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

7. ANEXOS

7.1. Modelos de certificado de MGE

7.1.1. Modelo de certificado de cumplimiento de requisitos técnicos a través de certificador autorizado

El modelo de **certificado final** de **MGE**, emitido por un **certificador autorizado**, que recibirá el **GRP** por parte del **propietario del MGE** contendrá, al menos, la información que se detalla a continuación (cualquier información adicional se suministrará en el punto de anexos) y conforme a la estructura que se establece, con el objetivo de unificar el formato para facilitar su revisión.

El idioma en el que se emitirá el **certificado final** de **MGE** será español.

En el caso de que el **GRP** solicite cualquier información adicional, por ejemplo, certificados de **UGE**, de **CAMGE** o de modelo, esta deberá ser entregada preferiblemente en español, o, en su defecto, en inglés o cualquier otro idioma acordado entre el **GRP** y el **propietario del MGE**.

El contenido del **certificado final** de **MGE** emitido por un **certificador** debe recoger los siguientes puntos:

1) **Encabezado:**

Número de certificado final de módulo de generación de electricidad (**MGE**)

Fecha de emisión

Marca de Acreditación, incluyendo nº de Acreditación

Logotipo del Organismo de Certificación

2) **Título:**

Certificado de conformidad [**Nº**] de **MGE** conforme a los requisitos técnicos establecidos en [**Regulación correspondiente**]

3) **Cuerpo del documento:**

La entidad de certificación [nombre] certifica que el MGE siguiente:

Número de expediente del Gestor de la Red [**código**]

Nombre e identificación del **MGE**

Empresa Titular:

- Nombre
- Dirección

Características del **MGE**:

- **MPE** ó **MGES**
- Capacidad máxima (MW)
- Coordenadas UTM
- Temperatura máxima de diseño

Características de cada tipo de **UGE** (unidad de generación de electricidad)

- Modelo
- Fabricante
- Características que definan a la **UGE** unívocamente
- Número de **UGE** de cada tipo y Capacidad máxima (MW)

Características de cada tipo de **CAMGE** (componente auxiliar de **MGE**)

- Modelo
- Fabricante
- Características que definan al **CAMGE** unívocamente
- Número de **CAMGE** de cada tipo

Punto de conexión a la red:

- Tensión (kV)
- Instalación del Gestor de Red a la que se conecta
- Coordenadas UTM

Ubicación del **MGE**:

- Descripción de la ubicación
- Coordenadas UTM

Inscripción en:

Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica (RAIPEE):

- Código de inscripción previa del RAIPEE para **certificado final de MGE**

Registro de instalaciones de Autoconsumo

- Código de inscripción

Código CIL (o los códigos CIL en caso de distintas fases de un mismo RAIPEE)

, es conforme con:

Regulación correspondiente:

- PO12.2 SENP
- Real Decreto 647/2020
- Orden Ministerial TED 749/2020

Esquema de certificación:

- Norma técnica de supervisión aprobada por el GTSUP
- Versión/fecha

, según documentación aportada:

Certificados de equipo: a incorporar en la **Tabla 43** donde corresponda:

CERTIFICACIÓN DEL REQUISITO TÉCNICO				FORMA DE EVALUACIÓN	
Requisito en la NTS	**Referencia de certificado**	**Nombre Entidad emisora**	**Sin obligatoriedad de cumplir (marcar con X, en su caso)**	**MPE**	**MGES**
5.1 Modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O)				(S y P) o C**	(S y P) o C**
5.2 Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)				(S y P) o C**	(S y P) o C**
5.3 Modo regulación potencia-frecuencia (MRPF)				(S y P) o C**	(S y P) o C**
5.4 Capacidad de limitar las rampas de subida o bajada de la producción				P	P
5.5 Capacidad de control y el rango de control de la potencia activa en remoto				P o C	P o C
5.6 Emulación de inercia durante variaciones de frecuencia muy rápidas*				S	N/A
5.7 Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima				N/A	(S y P) o C**
5.7 Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima				N/A	(S y P) o C**
5.7 Capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima				(S y P) o C**	N/A
5.7 Capacidad de potencia reactiva por debajo de la capacidad máxima				(S y P) o C**	N/A
5.8 Modos de control de la potencia reactiva				P o C**	N/A
5.9 Control de amortiguamiento de oscilaciones de potencia				N/A	S o C
5.10 Control de amortiguamiento de oscilaciones				S o C	N/A
5.11 Inyección rápida de corriente de falta en el punto de conexión en caso de faltas (trifásicas) equilibradas y en caso de faltas (monofásicas o bifásicas) desequilibradas				P (S***) o C**	N/A
5.11 Capacidad para soportar huecos de tensión de los MPE				P (S***) o C**	N/A
5.11 Capacidad para soportar sobretensiones transitorias de los MPE				P (S***) o C**	N/A

Tabla 43. Modelo de certificado final de MGE (I).).

Leyenda:

- En la columna "Forma de Evaluación": **S** significa simulación de conformidad, **P** prueba de conformidad, **C** certificado de equipo y **N/A** no aplica.
- *: Requisito no obligatorio conforme a [1]
- **: Podrá requerir la realización de **simulaciones complementarias** para su evaluación, conforme a lo desarrollado en el apartado correspondiente de esta **Norma Técnica**.
- ***: En aquellos casos que se indique P (S***), se realizará la prueba en UGE y, si no es exitosa, se realizará la simulación del MGE completo, incorporando el CAMGE que permita cumplir el requisito en cuestión.

Modelos dinámicos: se indicará lo siguiente para cada uno de los modelos dinámicos empleados en la certificación de cada requisito.

- Modelo certificado:
  - Referencia o número de certificación
  - Entidad emisora
  - Formato (Nombre de la herramienta de simulación empleada)

- Modelo utilizado para la realización de simulaciones complementarias:
  - Empresa que ha realizado las simulaciones complementarias
  - Desarrollador del modelo
  - Formato (Nombre de la herramienta de simulación empleada)

En el caso de que se haya utilizado la siguiente documentación, indicar referencias:

- Excepciones
- Justificaciones técnicas de no cumplimiento emitidas por el **GRP**
- Escritos de conformidad del **GRP**

Certificación del requisito de capacidad máxima de potencia reactiva a P_{max} y por debajo de P_{max}: opción seguida para la certificación.

- Procedimiento general (subapartado 5.7.3.1)
- Procedimiento particular caso A (subapartado 5.7.3.2, caso A)
- Procedimiento particular caso B (subapartado 5.7.3.2, caso B)

Certificación de cada uno de los siguientes puntos relativos a la compatibilidad de los ajustes de los relés de tensión y frecuencia del **MGE**:

- Ajustes de frecuencia y tiempo compatibles con lo establecido en la Tabla 1 del artículo 8.2.1 de [1].
- Ajustes de tensión y tiempo compatibles con lo establecido en las Tabla 4 del artículo 8.2.6 de [1].
- Ajustes de tensión y tiempo compatibles con el perfil de hueco de tensión que corresponda al MGE, según lo indicado en el artículo 8.4.3 de [1].
- Ajustes de tensión y tiempo compatibles con las sobretensiones transitorias que correspondan al MGE, según lo indicado en el artículo 8.4.3 de [1].

Requisitos que no ha cumplido (especificados en tabla):
  - Excepción que justifica el no cumplimiento (referencia del documento)

4) <u>Finalización del certificado:</u>

Comentarios.

Firma

- Ciudad, a [Día] de [Mes] de [año]
- [Nombre y apellidos del **certificador autorizado/certificadores autorizados**]

5) <u>Anexos:</u>

A consideración del **certificador autorizado**.

El formato de los modelos de **certificados de equipo** de **UGE** y **CAMGE** se acordará entre los sujetos que intercambien informes de ensayos y simulaciones y **certificados de equipo**: **entidad acreditada** para pruebas y/o simulaciones, laboratorios, **certificador autorizado**, fabricante o **propietario** del **MGE**. Por defecto se empleará una estructura similar a la especificada para el **certificado final** de **MGE.**

7.1.2. Tabla de equivalencias entre certificaciones

7.1.2.1. Equivalencias entre certificados de NTS SEPE y NTS SENP

La **Tabla 44** es una tabla de ayuda que presenta las equivalencias de certificados posibles entre las versiones vigentes de la **NTS SEPE** y **NTS SENP**. El **certificador autorizado** será responsable de verificar la validez de la equivalencia entre certificados de cada uno de los requisitos de la **Tabla 44** y hacerlo constar en el **certificado final de MGE.**

Subapartado de la NTS	Definición del Requisito	NTS SEPE	NTS SENP
5.1	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O)	Certificado según NTS SENP aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento de los criterios de aceptación opcionales (t_r y t_e) detallados en el 5.1.2.2 de la NTS SENP	Certificado según NTS SEPE aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento de los siguientes requisitos: • t_a ≤0,3 s para **MGE** con inercia • t_a ≤0,15 s para **MGE** sin inercia
5.2	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)	Certificado según NTS SENP aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento de los criterios de aceptación opcionales (t_r y t_e) detallados en el 5.2.2.2 de la NTS SENP	Certificado según NTS SEPE aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento de los siguientes requisitos: • t_a ≤0,3 s para **MGE** con inercia • t_a ≤0,15 s para **MGE** sin inercia
5.3	Modo regulación potencia-frecuencia (MRPF)	Certificado según NTS SENP aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento del requisito con el ensayo opcional (sin banda muerta y con insensibilidad ≤10 mHz) detallado en el 5.3.2.1 de la NTS SENP	**Certificado según NTS SEPE no suficiente**
5.5	Capacidad de control y el rango de control de la potencia activa en remoto	Equivalencia del certificado según ambas Normas técnicas	
5.6	Emulación de inercia durante variaciones de frecuencia muy rápidas	Equivalencia del certificado según ambas Normas técnicas	
5.7	Capacidad de potencia reactiva	**Certificado según NTS SENP no suficiente**	Certificado según NTS SEPE aceptado
5.8	Modos de control de la potencia reactiva	**Certificado según NTS SENP no suficiente**	Certificado según NTS SEPE aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento del requisito con el ensayo de control de tensión con banda muerta detallado en la Tabla 27 del apartado 5.8.2.1.1 de la NTS SENP
5.9	Control de amortiguamiento de oscilaciones de potencia	Equivalencia del certificado según ambas Normas técnicas	
5.10	Control de amortiguamiento de oscilaciones	Equivalencia del certificado según ambas Normas técnicas	
5.11	Capacidad para soportar huecos de tensión	Certificado según NTS SENP aceptado, a condición de que dicho certificado certifique el cumplimiento del requisito con un ensayo de hueco a 75%Un de duración mayor que 1340 ms	**Certificado según NTS SEPE no suficiente**
5.11	Inyección rápida de corriente de falta	Certificado según NTS SENP aceptado	**Certificado según NTS SEPE no suficiente**
5.11	Capacidad para soportar sobretensiones transitorias de los **MPE**	Certificado según NTS SENP aceptado	**Certificado según NTS SEPE no suficiente**
5.11	Recuperación de la potencia activa después de una falta	**Certificado según NTS SENP no suficiente**	N/A

Tabla 44 Equivalencias de certificados de requisitos entre NTS SEPE y NTS SENP

7.1.2.2. Equivalencias entre certificados de MGE por requisito entre versiones de la NTS SENP

La **Tabla 45** muestra las posibilidades de que el **certificado de MGE** de un requisito técnico en particular, emitido bajo la versión anterior (v1.0) de esta **Norma Técnica**, se pueda emplear para la certificación de **MGE** bajo la presente versión (v1.1) de esta **Norma Técnica**. En la columna "Certificados MGE admitidos para NTS v1.1" se indica, para cada requisito, si es válido sólo el certificado de MGE de la versión 1.1, o si es válido también el de la versión 1.0.

Subapartado NTS	Definición del Requisito	Certificados MGE admitidos para NTS v1.1
5.1	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O)	≥ v1.0
5.2	Modo regulación potencia-frecuencia limitado-subfrecuencia (MRPFL-U)	≥ v1.0
5.3	Modo regulación potencia-frecuencia (MRPF)	≥ v1.0
5.5	Capacidad de control y el rango de control de la potencia activa en remoto	≥ v1.0
5.7	Capacidad de potencia reactiva a Pmax y por debajo de Pmax	**v1.1**
5.8	Modos de control de la potencia reactiva	**v1.1**
5.11	Capacidad para soportar huecos de tensión	≥ v1.0
5.11	Inyección rápida de corriente de falta en el PCR en caso de faltas	≥ v1.0
5.11	Sobretensiones transitorias después de una falta	≥ v1.0

Tabla 45. Equivalencias de certificados de MGE por requisito entre versiones de NTS SEPE.

Es de aplicación, de forma análoga, el ejemplo del subapartado 7.1.4.2 de [2].

En el caso de que se emplee el **certificado de MGE** de un requisito emitido bajo la versión anterior de esta **Norma Técnica**, el certificador autorizado será responsable de verificar la validez de este y hacerlo constar en el **certificado final de MGE**.

7.1.3. Alcances de acreditación

Se considerará de la misma manera que lo definido en subapartado 7.1.3 de la **NTS SEPE** [2].

7.2. Red eléctrica equivalente del Sistema Eléctrico Peninsular y Sistema Europeo Interconectado para simulación

Se realizará de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

7.3. Formato de intercambio de datos entre entidades acreditadas para la realización de ensayos y simulaciones

Se realizará de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE [2]**.

7.4. Procedimiento de Modelado para simulaciones complementarias de capacidad de potencia reactiva y los modos de control de potencia reactiva

7.4.1. Objeto

El objeto de este subapartado es detallar el modelado que ha de considerarse para la realización de las **simulaciones complementarias** para verificar la **capacidad de potencia reactiva** de los **MGE** de acuerdo al subapartado 5.7, y la **capacidad de control de la potencia reactiva** de los **MPE** de acuerdo al subapartado 5.8.

En este sentido, se proponen dos posibilidades de modelización para cada capacidad a verificar entre las que se podrá elegir, y que se detallan en los subapartados siguientes:

- Procedimiento de modelización completa en **PCR.**
- Procedimiento de modelización alternativa en **BC** del **MGE.**

7.4.2. Procedimiento de modelado para simulaciones complementarias de capacidad de potencia reactiva

7.4.2.1. Procedimiento de modelización completa en PCR

La validación de la capacidad de potencia reactiva mediante el procedimiento de modelización completa en **PCR** tiene como objetivo comprobar que el **MGE** cumple con los requisitos de capacidad de potencia reactiva en el **PCR**, a partir de las capacidades declaradas de las UGE, ya sea mediante las pruebas recogidas en el subapartado 5.7.2, o certificados de **UGE**, y en su caso, de los **CAMGE**.

Se utilizará una red infinita en el **PCR** que permita modificar sus valores de tensión. El modelo de simulación deberá incluir aguas abajo del **PCR** el detalle de la topología del **MGE** desde las **UGE** hasta el **PCR**, es decir, los cables, líneas, transformadores de potencia, cambiadores de tomas, cualquier **CAMGE** que modifique la capacidad de reactiva, o cualquier equipo eléctrico que pudiera implicar un consumo o generación de potencia reactiva del **MGE** en el **PCR,** ya sean pertenecientes a la red de conexión desde el **MGE** al **PCR,** o instalación interna del **MGE** desde las **UGE** hasta **BC** del **MGE.** En consecuencia, no se admitirá emplear un modelo equivalente del **MGE**, con la excepción especificada en el subapartado 7.5.

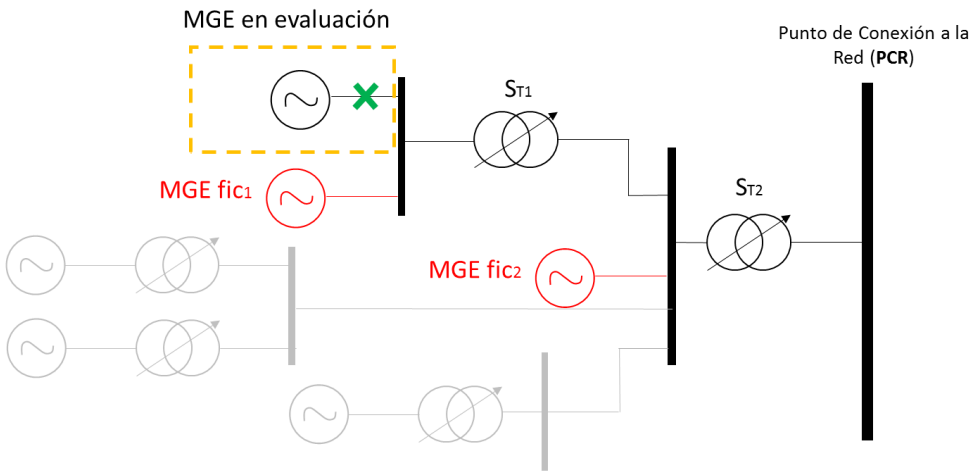
En el caso de que la red modelada desde el **PCR** hasta el **MGE** sea compartida o se prevea compartirla con más **MGE**, estos deberán tenerse en cuenta en la simulación complementaria y deberán modelarse. Para evitar la necesidad y el trasiego y verificación de información de terceros, y hacer frente a diferentes casuísticas en la evolución temporal de los **MGE** conectados en dicho **PCR**, estos se deberán modelar de forma ficticia en función de los parámetros estructurales de la red compartida, y más en particular, en función la potencia de los transformadores de potencia.

Para realizar el modelado ficticio de los **MGE** que comparten conexión en el **PCR** se deberá tener en consideración lo siguiente:

- Se deberá disponer del esquema de conexión desde el **MGE** que se está evaluando hasta el **PCR**.
- Si **Barras de Central (BC)** del **MGE** que se está evaluando está situado en el lado de baja tensión del transformador de parque, deberá modelarse en paralelo un **MGE ficticio** cuya capacidad máxima sea la diferencia entre la potencia nominal del transformador y la capacidad máxima del **MGE** a evaluar.
- Siguiendo el esquema de conexión desde **BC** del **MGE** en evaluación hasta el **PCR**, en cada punto en donde exista un transformador se deberá modelar un **MGE ficticio** en el lado de baja tensión, cuya capacidad máxima será igual a la diferencia entre la potencia nominal del transformador y el sumatorio de los **MGE ficticios** modelados aguas abajo, es decir, la potencia nominal del transformador anterior.
- Se repetirá lo anterior hasta que se llegue al **PCR**, lo cual a los efectos del modelado ficticio de generadores se considera que ocurre cuando la tensión nominal del lado de alta tensión del último transformador en el cual ya se ha modelado un **MGE ficticio** en el lado de baja tensión coincide con la tensión del **PCR**.

A continuación, se muestran cinco ejemplos que ilustran el modelado ficticio de los **MGE** que comparten red de conexión. En color negro se muestra la infraestructura de conexión desde **BC** hasta el **PCR** que ha de ser modelada para llevar a cabo las simulaciones complementarias, en color gris se muestran el resto de las instalaciones y **MGE** que comparten conexión en el mismo **PCR**, las cuales cual no hay que modelarlas, y en rojo se muestran los **MGE ficticios** que sí es necesario modelar de acuerdo con las consideraciones arriba mencionadas.

Ejemplo I



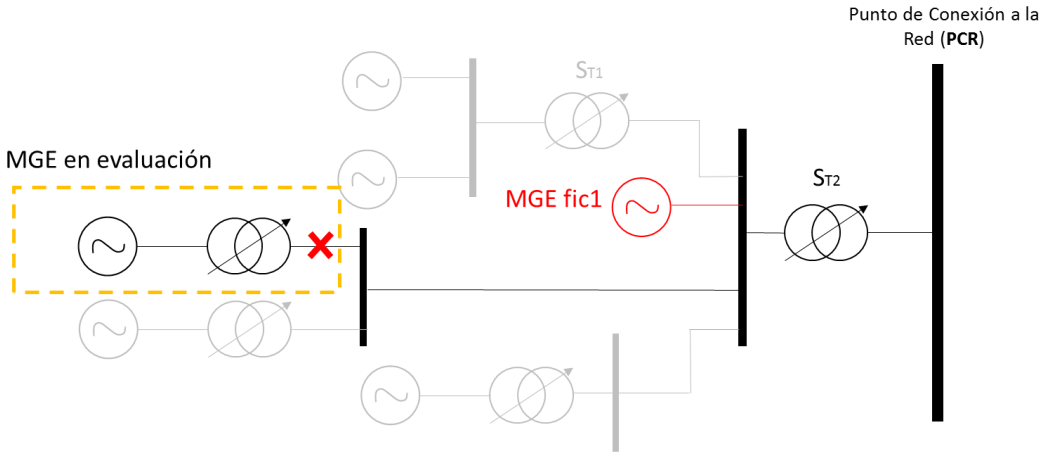
Pmax (MGE en evaluación) =PmaxMGE

Pmax (MGE fic1)=ST1-PmaxMGE)

Pmax (MGE fic2)=ST2- ST1

Figura 16. Esquema ilustrativo Ejemplo I de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR.

Ejemplo II

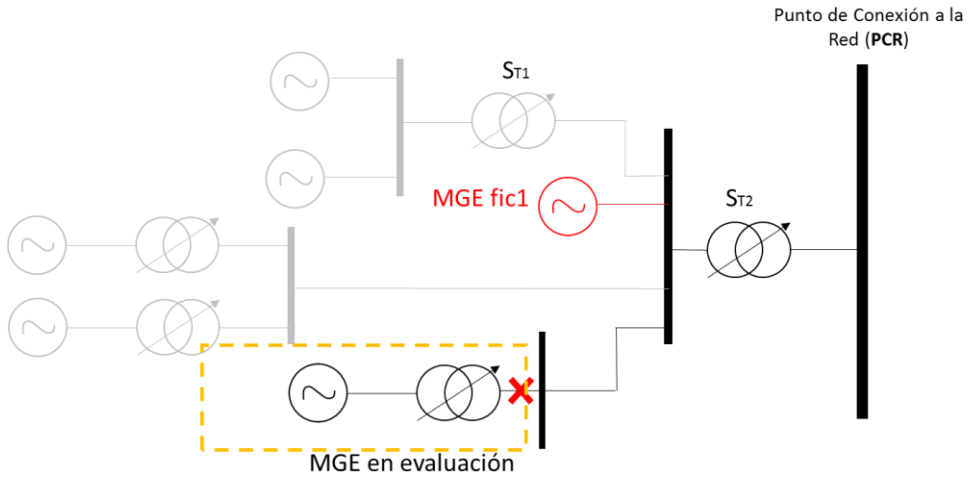


Pmax (MGE en evaluación) =PmaxMGE

Pmax (MGE fic1)=ST2- PmaxMGE

Figura 17. Esquema ilustrativo Ejemplo II de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR.

Ejemplo III



Pmax (MGE en evaluación) =PmaxMGE

Pmax (MGE fic1)=ST2- PmaxMGE

Figura 18. Esquema ilustrativo Ejemplo III de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR.

Ejemplo IV

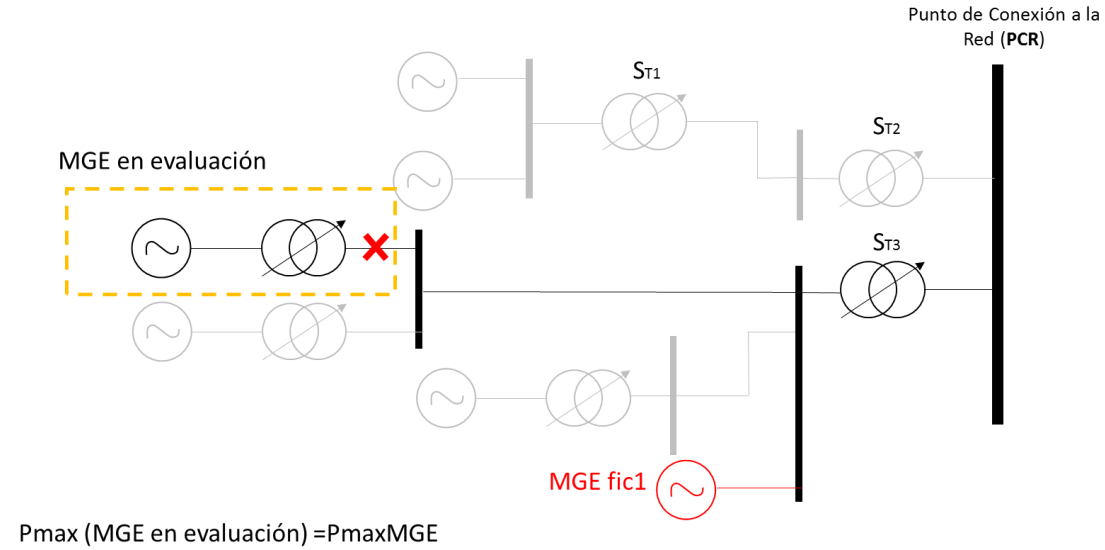


Figura 19. Esquema ilustrativo Ejemplo IV de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR.

Ejemplo V

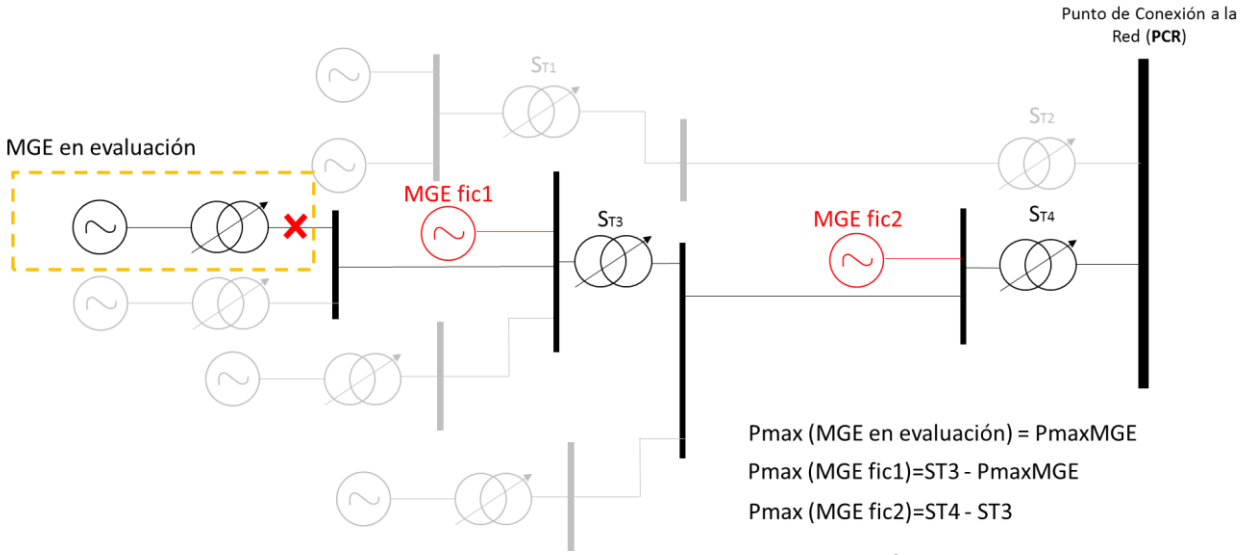


Figura 20. Esquema ilustrativo Ejemplo V de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE el procedimiento de modelado completo en PCR.

Con el modelo descrito anteriormente, se llevarán a cabo las **simulaciones complementarias** necesarias para verificar los requisitos de potencia reactiva máxima, para las cuales se acepta un modelo estático para la realización de un flujo de cargas que incluya las capacidades de potencia reactiva de las **UGE**.

En cuanto a los puntos de operación de los **MGE ficticios** que se deben considerar para la realización de las simulaciones complementarias:

- En cuanto al punto de operación en potencia activa de los **MGE ficticios**, para cada simulación complementaria se considerará la misma potencia activa (en p.u., P/P_{max}) que la que se pida para el **MGE** en evaluación.
- En cuanto al punto de operación en potencia reactiva de los **MGE ficticios**, se considerará factor de potencia unidad.

Mediante el procedimiento de modelado completo en **PCR**, utilizando la metodología para el modelado anteriormente descrita, y mediante las simulaciones recogidas en las Tablas del 5.7.3.1 habrán de comprobarse las capacidades de potencia reactiva del **MGE** en los puntos de verificación ilustrados en la **Figura 21**.

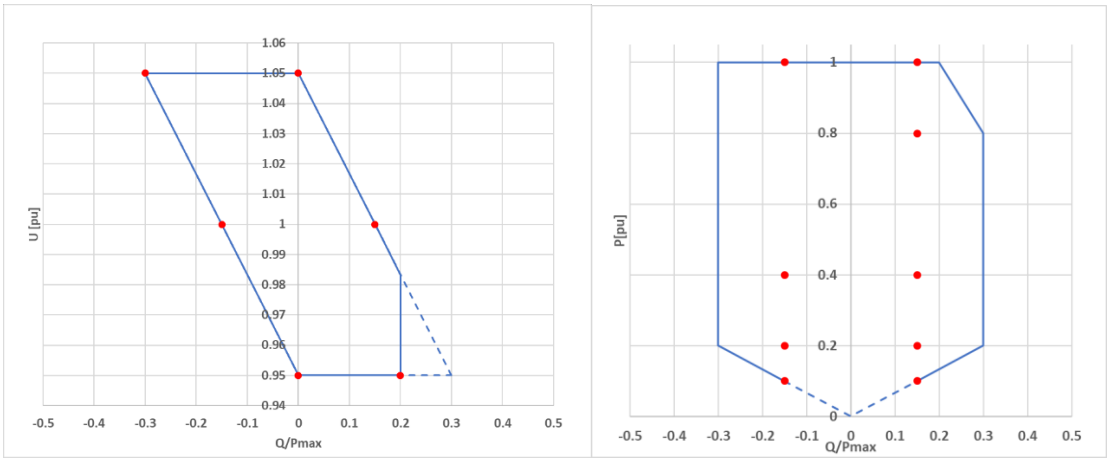


Figura 21. Representación gráfica de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima de los MGE (izquierda) y de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a potencias activas menores de la capacidad máxima (derecha) según el procedimiento de modelado completo en PCR.

7.4.2.2. Procedimiento de modelado alternativo en BC.

En caso de que desde **BC** del **MGE** en verificación hasta el **PCR** existan instalaciones de conexión compartidas, o en previsión de ser compartidas con otros **MGE,** la evaluación de la conformidad de las capacidades de potencia reactiva del **MGE** en el **PCR** se complica. Los requisitos de potencia reactiva recogidos en [1] aplican en el **PCR**, no obstante, teniendo en cuenta que la evaluación en el **PCR** no siempre será posible, y en aras de simplificar el proceso de evaluación de la conformidad, en este subapartado se propone un procedimiento alternativo al descrito en el apartado 5.7.3.1.

Se aceptará la evaluación de la conformidad de los requisitos de capacidad de potencia reactiva en **BC** del **MGE** en lugar de en el **PCR.** No obstante, es de resaltar que esta simplificación de la evaluación de la conformidad del requisito en **BC** del **MGE** conlleva que en algunos puntos de operación del **MGE,** los valores de potencia reactiva requeridos en **BC** del **MGE** difieran de los requeridos en [1], es decir de los requeridos en el **PCR.**

Para la obtención del **certificado** de **MGE** a partir de pruebas a nivel de **UGE** o certificados de **UGE**, será necesaria la realización de una **simulación complementaria** que demuestre que las capacidades de la **UGE,** según lo declarado en los ensayos y simulaciones a nivel **UGE** y, en su caso**, el CAMGE,** satisfacen los valores de capacidad de potencia reactiva en **BC** recogidos en la **Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23 o Tabla 24**, según corresponda**.**

Se diferencian dos casos, dependiendo de la ubicación de **BC**[12].

7.4.2.2.1. Caso A.

En el caso de que **BC** del **MGE** esté situado en el lado de alta del transformador elevador (**LAT**) del **MGE**, se realizará la **simulación complementaria** considerando tanto la tensión como la potencia reactiva en **BC** (i.e. **LAT** en este caso) de tal manera que será necesario modelar la red colectora desde las **UGE** hasta **BC**, pero no la red de evacuación hasta el **PCR**. El modelo de simulación deberá incluir aguas abajo de **BC** el detalle de la topología del **MGE** desde las **UGE** hasta **BC**, es decir, los cables, las líneas, transformadores de potencia, cambiadores de tomas, cualquier **CAMGE** que modifique la capacidad de potencia reactiva del **MGE** en **BC**. En consecuencia, no se admitirá emplear un modelo equivalente del **MGE**, con la excepción especificada en el subapartado 7.5**.**

En el esquema se muestra un ejemplo en el cual se ha coloreado en gris la topología de la red de conexión que no ha ser modelada, y en negro el **MGE** a evaluar, así como la red que se ha de modelar hasta **BC**, en donde se utilizará una red infinita que permita variar los valores de tensión en dicho punto.

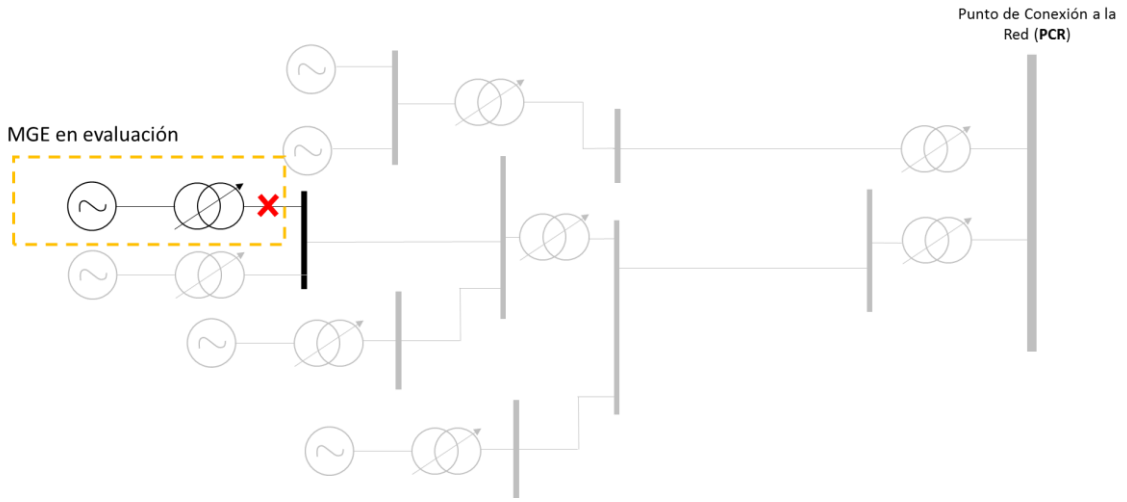


Figura 22. Esquema ilustrativo ejemplo de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso A.

[12] Ver definición de Barras de Central a los efectos de esta Norma Técnica de Supervisión.

Mediante el procedimiento de modelado alternativo en **BC**, Caso A, utilizando la metodología para modelado anteriormente descrita, y mediante las simulaciones recogidas en las tablas del subapartado 5.7.3.2 habrán de comprobarse las capacidades potencia reactiva del **MGE** en los puntos de verificación ilustrados por la **Figura 23**.

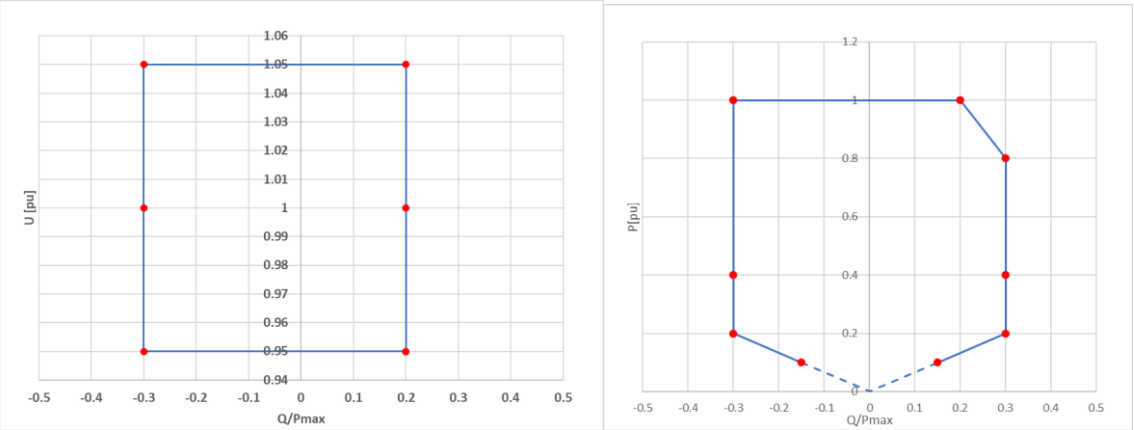


Figura 23. Representación gráfica de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima de los MGE (izquierda) y de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a potencias activas menores de la capacidad máxima de los MPE (derecha) según el procedimiento de modelización alternativa en BC Caso A.

A modo de aclaración, de acuerdo a los valores de los punto de verificación indicados en la **Figura *23***, en este caso A del procedimiento de modelización alternativo se requiere que el MPE a potencia producida en el rango desde el 10%P_{max} hasta el 0%P_{max} (incluido), tenga la capacidad de mover su potencia reactiva entre +5% capacitivo y el -10% inductivo. Esta capacidad podrá ser aportada mediante las siguientes dos alternativas:

- A través de un control dinámico, en el que se entiende que las **UGE** y/o los **CAMGE** sean capaces de llevarlo a cabo.
- A través de un elemento pasivo, normalmente una reactancia. El elemento pasivo, en dicha situación de producción baja, deberá llevar al **MGE** al punto de operación en potencia reactiva de -5% inductivo (cuando la tensión en **BC** sea la nominal), al cual se deberá superponer la capacidad de control dinámica (que se entiende que deberá ser provista por la **UGE** y/o **CAMGE**) del ±5% prevista en el diagrama P-Q/P_{max}. En el caso de que la tensión en **BC** se encuentre fuera del rango admisible y dicho elemento pasivo se encuentre en operación, el **MGE** deberá antes desconectar el elemento pasivo para tratar de recuperar las tensiones y no disparar el **MGE**.

7.4.2.2.2. Caso B

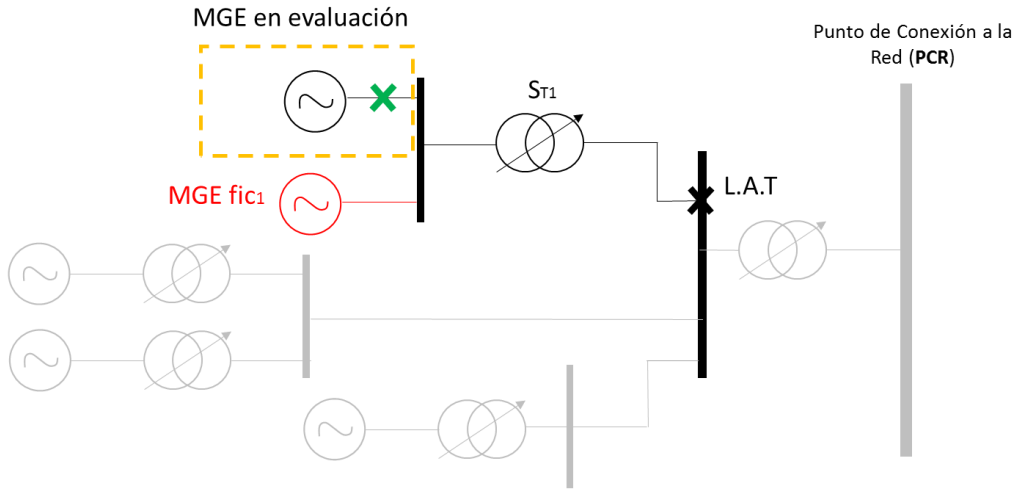
En el caso de que **BC** del **MGE** esté situado en el lado de baja del transformador elevador del **MGE**, se realizará la **simulación complementaria** midiendo la potencia reactiva en **BC** y considerando la tensión en el LAT del transformador elevador compartido**,** de tal manera que será necesario modelar la red colectora desde las **UGE** hasta **BC** y el transformador compartido, pero no el resto de la red de evacuación hasta el **PCR.** El modelo de simulación deberá incluir aguas abajo de **BC** el detalle de la topología del **MGE** desde las **UGE** hasta **BC**, es decir, los cables, las líneas, transformadores de potencia, cambiadores de tomas, cualquier **CAMGE** que

modifique la capacidad de potencia reactiva del **MGE** en **BC,** además del transformador elevador. En consecuencia, no se admitirá emplear un modelo equivalente del **MGE**, con la excepción especificada en el subapartado 7.5**.**

Para modelar el resto de **MGE** que comparten transformador elevador con el **MGE** a evaluar, se considerarán como un **MGE ficticio**, cuya capacidad máxima será la diferencia entre la potencia del transformador y la capacidad máxima del **MGE** a evaluar, es decir, el generador ficticio será de capacidad máxima $Pf_{ic}=P_{trafo}-P_{MGE}$, donde P_{trafo} será la $0,8*S_{trafo}$, para evitar que el transformador pueda entrar en saturación.

En el esquema se muestra un ejemplo de topología para el cual se ha coloreado de negro la red que se debería modelar hasta el LAT del transformador elevador compartido, de rojo el MGE ficticio, y de gris el resto de la topología de la red que no ha de ser modelada.

Se considerará en el LAT una fuente ideal de tensión o una red infinita para variar la tensión en cada simulación.



Pmax (MGE en evaluación) =PmaxMGE

Pmax (MGE fic_1)=ST1-PmaxMGE

Figura 24. Esquema ilustrativo ejemplo de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso B.

En cuanto a los puntos de operación del **MGE ficticio** que comparte transformador que se debe considerar para la realización de las simulaciones complementarias:

- El punto de operación en potencia activa del **MGE ficticio**, para cada simulación complementaria se considerará la misma potencia activa (en p.u., P/P_{max}) que la que se pida para el **MGE** en evaluación.
- El punto de operación en potencia reactiva del **MGE ficticio**, para cada simulación será (en p.u., Q/P_{max}) el mismo que el pedido al MGE en evaluación.

Mediante el procedimiento de modelado alternativo en **BC**, Caso B, utilizando la metodología para modelado anteriormente descrita, y mediante las simulaciones recogidas en las tablas del

subapartado 5.7.3.2 habrán de comprobarse las capacidades potencia reactiva del MGE en los puntos de verificación ilustrados por la **Figura 25**.

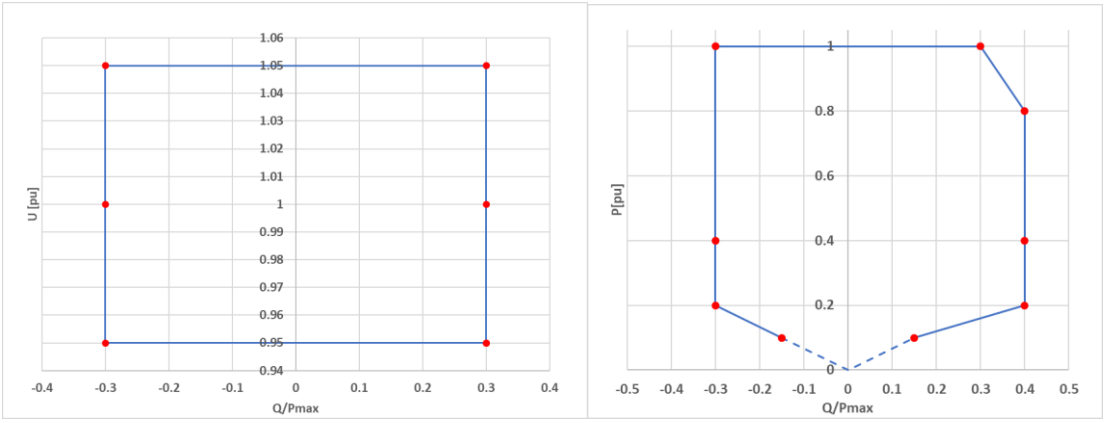


Figura 25. Representación gráfica de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima de los MGE (izquierda) y de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a potencias activas menores de la capacidad máxima de los MPE (derecha) según el procedimiento de modelización alternativa en BC Caso B.

A modo de aclaración, de acuerdo a los puntos de verificación indicados en la **Figura 25**, en este caso B del procedimiento de modelización alternativa en BC, se requiere que el **MPE** a potencia producida en el rango desde el 10%P_{max} hasta el 0%P_{max} (incluido), tenga la capacidad de mover su reactiva entre +5% capacitivo y el -10% inductivo. Esta capacidad podrá ser aportada mediante las siguientes dos alternativas:

- A través de un control dinámico, en el que se entiende que las **UGE** y/o los **CAMGE** sean capaces de llevarlo a cabo.
- A través de un elemento pasivo, normalmente una reactancia. El elemento pasivo, en dicha situación de producción baja, deberá llevar al **MGE** al punto de operación en potencia reactiva de -5% inductivo (cuando la tensión en **BC** sea la nominal), al cual se deberá superponer la capacidad de control dinámica (que se entiende que deberá ser provista por la **UGE** y/o **CAMGE**) del ±5% prevista en el diagrama P-Q/P_{max}. En el caso de que la tensión en **BC** se encuentre fuera del rango admisible y dicho elemento pasivo se encuentre en operación, el **MGE** deberá antes desconectar el elemento pasivo para tratar de recuperar las tensiones y no disparar el **MGE**.

Adicionalmente, y a diferencia del Caso A, también se establece un diferente punto de verificación de la potencia reactiva a capacidad máxima de potencia reactiva del **MGE** con la finalidad de compensar las pérdidas del transformador elevador del **MGE**. Esta capacidad de potencia reactiva igualmente podrá ser aportada dinámica o estáticamente.

7.4.3. Procedimiento de modelado para simulaciones complementarias de los modos de control de potencia reactiva

Se realizará de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

7.5. Modelo equivalente para MPE fotovoltaicos mediante agregación en baja tensión

Se realizará de la misma manera que se considera en la **NTS SEPE** [2].

8. REFERENCIAS

[1] P.O. 12.2 (SENP) "*Instalaciones conectadas a la red de transporte y equipo generador: requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento, puesta en servicio y seguridad"* de los sistemas eléctricos no peninsulares (febrero 2018)

[2] Norma técnica de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631. Versión 2.1

[3] Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.

[4] Procedimiento de verificación, validación y certificación (PVVC) de los requisitos del P.O.12.3 sobre la respuesta de las instalaciones eólicas y fotovoltaicas ante huecos de tensión. Versión 11 o superior.

[5] IEC 61400-21-1 Measurement and assessment of electrical characteristics - Wind turbines. Versión mayo 2019.

[6] Technical Guidelines for Power Generating Units and Systems. Part 3 (TG3). Determination of the electrical characteristics of power generating units and systems, storage systems as well for their components in medium-, high- and extra-high voltage grids. Revision 25. FGW.

[7] Orden TED/749/2020, de 16 de julio, por la que se establecen los requisitos técnicos para la conexión a la red necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión.

9. TABLAS y FIGURAS

9.1. Lista de figuras

Figura 1. Etapas esquema general supervisión. 12

Figura 2. Esquema de obtención del certificado de UGE. 13

Figura 3. Esquema de obtención del certificado de CAMGE. 13

Figura 4. Esquema de obtención del certificado final de MGE a partir de certificados de equipo. 14

Figura 5. Esquema de obtención del certificado final de MGE a partir de certificados de equipo. 15

Figura 6. Procedimientos de Evaluación de la Conformidad (PEC). General. 16

Figura 7. Procedimientos de evaluación de la conformidad. Detallado. 17

Figura 8. Procedimiento de evaluación de la conformidad por certificado de equipo (PEC por C). 18

Figura 9. Procedimiento de evaluación de la conformidad por prueba. (PEC por P). 21

Figura 10. Procedimiento de evaluación de la conformidad por simulación. (PEC por S). 23

Figura 11. Ejemplo de respuesta en potencia que ilustra los tiempos t_a, t_r, y t_e definidos más arriba. 31

Figura 12. Capacidad de respuesta del modo MRPF que ilustra los tiempos t_1, y t_2 definidos más arriba. 49

Figura 13. Esquema detallado de evaluación de los requisitos de robustez. 81

Figura 14. Ensayo de hueco. Tensiones y tiempos. Tolerancias. 83

Figura 15 Perfil de la capacidad para soportar huecos de tensión de un MPE 86

Figura 16. Esquema ilustrativo Ejemplo I de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR. 103

Figura 17. Esquema ilustrativo Ejemplo II de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR. 104

Figura 18. Esquema ilustrativo Ejemplo III de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR. 104

Figura 19. Esquema ilustrativo Ejemplo IV de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado completo en PCR. 105

Figura 20. Esquema ilustrativo Ejemplo V de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE el procedimiento de modelado completo en PCR. 105

Figura 21. Representación gráfica de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima de los MGE (izquierda) y de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a potencias activas menores de la capacidad máxima (derecha) según el procedimiento de modelado completo en PCR. 106

Figura 22. Esquema ilustrativo ejemplo de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso A. 107

Figura 23. Representación gráfica de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima de los MGE (izquierda) y de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a potencias activas menores de la capacidad máxima de los MPE (derecha) según el procedimiento de modelización alternativa en BC Caso A. 108

Figura 24. Esquema ilustrativo ejemplo de modelado para la realización de simulaciones complementarias de verificación de la capacidad de potencia reactiva de los MGE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso B. 109

Figura 25. Representación gráfica de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a la capacidad máxima de los MGE (izquierda) y de los puntos de verificación de la capacidad de potencia reactiva a potencias activas menores de la capacidad máxima de los MPE (derecha) según el procedimiento de modelización alternativa en BC Caso B. 110

9.2. Lista de tablas

Tabla 1. Evaluación de los requisitos técnicos según está definido en esta Norma Técnica.....11

Tabla 2. Errores máximos admitidos en las medidas debidos a los equipos de medida. 29

Tabla 3. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 50,2 Hz. 34

Tabla 4. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 50,5 Hz. 34

Tabla 5. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 50,2 Hz. 34

Tabla 6. Ensayos MRPFL-O. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 50,5 Hz. 34

Tabla 7. Simulación complementaria MRPFL-O. 38

Tabla 8. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 49,8 Hz. 42

Tabla 9. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 2% y umbral de frecuencia 49,5 Hz. 42

Tabla 10. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 49,8 Hz. 42

Tabla 11. Ensayos MRPFL-U. Estatismo 12% y umbral de frecuencia 49,5 Hz. 43

Tabla 12. Ejemplo de Simulación complementaria MRPFL-U......46

Tabla 13. Ensayos MRPF. Estatismo 4% e intervalo de potencia activa $|\Delta P_1|$= 10% con banda muerta igual a 50 mHz. 51

Tabla 14. Ensayos MRPF. Estatismo 5% e intervalo de potencia activa $|\Delta P_1|$= 10% sin banda muerta 51

Tabla 15. Simulación complementaria MRPF (sobrefrecuencia)......53

Tabla 16. Simulación complementaria MRPF (subfrecuencia). 53

Tabla 17. Parámetros de ensayo de potencia reactiva a la capacidad máxima de la UGE del MPE......59

Tabla 18. Parámetros de ensayo de potencia reactiva a la capacidad máxima de la UGE del MGES. 60

Tabla 19. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MPE. 62

Tabla 20. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MGES. 62

Tabla 21. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MPE, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso A. 63

Tabla 22. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MGES, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso A. 63

Tabla 23. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MPE, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso B 64

Tabla 24. Parámetros para simulación complementaria de la capacidad de potencia reactiva de los MGES, alternativa en caso de instalaciones compartidas. Caso B. 64

Tabla 25. Parámetros del ensayo del modo de control de tensión para pendiente del 7%.....67

Tabla 26. Parámetros del ensayo del modo de control de tensión para pendiente del 2%.....67

Tabla 27. Parámetros del ensayo del modo de control de tensión para pendiente del 2% y con banda muerta del 5%......67

Tabla 28. Parámetros del ensayo del modo de control de factor de potencia de la UGE. 69

Tabla 29. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 7% en MPE según el procedimiento de modelización completa en PCR ..71

Tabla 30. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 2% en MPE según el procedimiento de modelización completa en PCR...71

Tabla 31. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 7% en MPE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso A......72

Tabla 32. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 2% en MPE según el procedimiento de modelado alternativo en BC Caso A......72

Tabla 33. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 7% en MPE según el procedimiento de modelado alternativo Caso B.....73

Tabla 34. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de tensión para pendiente del 2% en MPE según el procedimiento de modelización alternativo Caso B. 73

Tabla 35. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de factor de potencia del procedimiento de modelización completa en PCR......75

Tabla 36. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de factor de potencia para el procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso A......76

Tabla 37. Parámetros de la simulación complementaria del modo de control de factor de potencia para el procedimiento de modelización alternativo en BC. Caso B......76

Tabla 38. Puntos de operación previos al ensayo para UGE de MPE. 84

Tabla 39. Ensayos de huecos de tensión a realizar para MPE 85

Tabla 40. Información ensayos de huecos de tensión a MPE (I). 87

Tabla 41. Información ensayos de huecos de tensión a MPE (II). 87

Tabla 42. Información ensayos de huecos de tensión a MPE (III). 88

Tabla 43. Modelo de certificado final de MGE (I).). 94

Tabla 44 Equivalencias de certificados de requisitos entre NTS SEPE y NTS SENP 97

Tabla 45. Equivalencias de certificados de MGE por requisito entre versiones de NTS SEPE. .98