

Proyecto Fin de Máster  
Máster en Sistemas de Energía Eléctrica



# Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Autor: Pablo Gambín Belinchón

Tutor: Jesús Manuel Riquelme Santos

**Dep. de Ingeniería eléctrica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2016



Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Proyecto Fin de Máster  
Máster en Sistemas de Energía Eléctrica

# **Simulador del mercado de Regulación Terciaria**

Autor:

Pablo Gambín Belinchón

Tutor:

Jesús Manuel Riquelme Santos

Dep. de Ingeniería eléctrica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



# ÍNDICE

1	<b>OBJETIVO</b> .....	9
2	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
3	<b>SERVICIOS DE AJUSTE DEL SISTEMA</b> .....	11
3.1	Normativa.....	12
3.2	Mercado de servicio de ajustes del sistema.....	12
3.3	Solución de restricciones técnicas.....	14
3.3.1	Restricciones técnicas.....	14
3.3.2	Análisis de seguridad.....	14
3.3.3	Solución de restricciones técnicas del programa diario base de funcionamiento. 14	
3.3.4	Solución de restricciones técnicas tras el mercado intradiario.....	17
3.3.5	Solución de restricciones técnicas en tiempo real.....	17
3.4	Mercados de regulación y balance.....	18
3.4.1	Regulación secundaria.....	18
3.4.2	Regulación terciaria.....	23
3.5	Gestión de desvíos.....	23
3.6	Servicios transfronterizos de balance.....	25
4	<b>REGULACIÓN TERCIARIA</b> .....	27
4.1	Servicio de Regulación Terciaria.....	28
4.1.1	Introducción y definiciones.....	28
4.1.2	Mercado de Regulación Terciaria.....	28
4.1.3	Unidades habilitadas y pruebas para la participación en el servicio de Regulación Terciaria. 34	
5	<b>SIMULADOR DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA</b> .....	40
5.1	Descripción del Simulador.....	41
5.1.1	Información.....	41
5.1.2	Diagrama de flujo.....	41
5.1.3	Inicio del proceso.....	43
5.1.4	Entrada de ficheros.....	43
5.1.5	Lectura de los ficheros y criba de las ofertas.....	45
5.1.6	Tratamiento y Ordenación de las ofertas.....	47
5.1.7	Lectura del estado de asignación del servicio.....	51
5.1.8	Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria.....	51
5.1.9	Salidas del simulador.....	55
6	<b>RESULTADOS</b> .....	57
6.1	Información real y características de la simulación.....	58

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

6.1.1	Requerimientos del servicio de Regulación Terciaria.....	58
6.1.2	Asignación del servicio de Regulación Terciaria.....	59
6.1.3	Precios del servicio de Regulación Terciaria.....	59
6.2	1ª Simulación, Reproducción del servicio.....	60
6.2.1	Suposiciones iniciales.....	60
6.2.2	Inicio de la simulación 17:00-18:00.....	62
6.2.3	Segundo período de programación, 18:00-19:00.....	64
6.2.4	Tercer período de programación, 19:00-20:00.....	66
6.2.5	Encaje del servicio en los Servicios de Ajustes.....	69
6.3	2ª Simulación, comparativa de precios.....	70
6.3.1	Datos reales, 2 de marzo de 2016.....	70
6.3.2	La simulación y la comparación de resultados.....	71
7	<b>CONCLUSIONES</b> .....	73
7.1	El simulador.....	74
7.1.1	Algoritmo de asignación y precios marginales.....	74
7.2	El futuro del servicio.....	75
7.2.1	Participación de las tecnologías renovables.....	75
7.2.2	Las interconexiones.....	75
7.2.3	El coche eléctrico.....	75
8	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	76

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DEL MERCADO ELÉCTRICO ESPAÑOL.....	13
FIGURA 2: ESQUEMA DE LA RESOLUCIÓN DE RESTRICCIONES TÉCNICAS.....	16
FIGURA 3: PERFILES DE GENERACIÓN PARA LAS PRUEBAS DE HABILITACIÓN PARA LA PARTICIPACIÓN EN LA REGULACIÓN TERCARIA .....	37
FIGURA 4: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SIMULADOR.....	42
FIGURA 5:REQUERIMIENTOS DEL SERVICIO DE REGULACIÓN TERCARIA DEL DÍA 18 DE ABRIL DE 2016.....	58
FIGURA 6:ASIGNACIÓN DEL SERVICIO DE REGULACIÓN TERCARIA EN EL DÍA 1 DE MARZO DE 2016.....	59
FIGURA 7:ASIGNACIÓN DEL SERVICIO DE REGULACIÓN TERCARIA EN EL DÍA 18 DE ABRIL DE 2016.....	59
FIGURA 8:COMPARATIVA ENTRE LA ASIGNACIÓN A SUBIR DEL SERVICIO DE REGULACIÓN TERCARIA Y LA ENERGÍA A SUBIR ASIGNADA EN EL MERCADO DE GESTIÓN DE DESVÍOS EN EL DÍA 1 DE MARZO DE 2016.....	70
FIGURA 9:COMPARATIVA ENTRE LOS PRECIOS OBTENIDOS EN LA SIMULACIÓN Y LOS REALES.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1:ENERGÍA GESTIONADA EN LOS MERCADOS DE OPERACIÓN. ....	25
TABLA 2: HORARIOS DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA. ....	28
TABLA 3: ENTRADA DE FICHEROS: EJEMPLO DE FILA DEL FICHERO OFERTAS.XLSX . ....	43
TABLA 4: ENTRADA DE FICHEROS:EJEMPLO DEL FICHERO LÍMITE DE PRECIOS.XLSX. ....	44
TABLA 5:ENTRADA DE FICHEROS:EJEMPLO DEL FICHERO TERCIARIO.XLSX. ....	44
TABLA 6:ENTRADA DE FICHEROS:EJEMPLO DEL FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX. ....	45
TABLA 7:LECTURA DE FICHEROS Y CRIBA DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL FICHERO LIMITE DE PRECIOS.XLSX EN EL EJEMPLO DE CRIBA DE PRECIOS. ....	46
TABLA 8:LECTURA DE FICHEROS Y CRIBA DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL FICHERO OFERTAS.XLSX EN EL EJEMPLO DE CRIBA DE PRECIOS. ....	46
TABLA 9:LECTURA DE FICHEROS Y CRIBA DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL FICHERO INFORME_DE_VALIDACION_DE_PRECIOS.XLSX EN EL EJEMPLO DE CRIBA DE PRECIOS. ....	46
TABLA 10:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL FICHERO TECIARIO.XLSX EN EL EJEMPLO DE TRATAMIENTO DE LAS OFERTAS CRIBADAS. ....	47
TABLA 11:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL CELL ARRAY SUBIDA_HORA_13 EN EL EJEMPLO DE TRATAMIENTO DE LAS OFERTAS CRIBADAS. ....	48
TABLA 12:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL CELL ARRAY BAJADA_HORA_13 EN EL EJEMPLO DE TRATAMIENTO DE LAS OFERTAS CRIBADAS. ....	48
TABLA 13:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL CELL ARRAY SUBIDA_HORA_14 EN EL EJEMPLO ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS SEGÚN SU PRECIO. ....	49
TABLA 14:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL CELL ARRAY BAJADA_HORA_14 EN EL EJEMPLO ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS SEGÚN SU PRECIO. ....	49
TABLA 15:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL CELL ARRAY SUBIDA_HORA_I EN EL EJEMPLO ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS SEGÚN SU TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN. ....	50
TABLA 16:TRATAMIENTO Y ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS:EJEMPLO DEL CELL ARRAY BAJADA_HORA_I EN EL EJEMPLO ORDENACIÓN DE LAS OFERTAS SEGÚN SU TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN. ....	51
TABLA 17:LECTURA DEL ESTADO DE ASIGNACIÓN DEL SERVICIO:EJEMPLO DEL FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX. ....	51
TABLA 18:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL CELL ARRAY TERCIARIO EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN SIN ASIGNACIÓN PREVIA. ....	52
TABLA 19:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL FICHERO SALIDA.XLSX EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN SIN ASIGNACIÓN PREVIA. ....	52
TABLA 20:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL CELL ARRAY TERCIARIO EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN PARTIENDO DE ASIGNACIÓN PREVIA EN EL MISMO SENTIDO. ....	52
TABLA 21:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL FICHERO SALIDA.XLSX EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN PARTIENDO DE ASIGNACIÓN PREVIA EN EL MISMO SENTIDO. ....	53
TABLA 22:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL CELL ARRAY TERCIARIO EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN PARTIENDO DE ASIGNACIÓN PREVIA EN SENTIDO CONTRARIO, 1ª SIMULACIÓN. ....	53
TABLA 23:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL FICHERO SALIDA.XLSX EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN PARTIENDO DE ASIGNACIÓN PREVIA PREVIA EN SENTIDO CONTRARIO1ª SIMULACIÓN. ....	54
TABLA 24:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL CELL ARRAY TERCIARIO EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN PARTIENDO DE ASIGNACIÓN PREVIA EN SENTIDO CONTRARIO, 2ª SIMULACIÓN. ....	54

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

TABLA 25:ALGORITMO DE ASIGNACIÓN DEL MERCADO DE REGULACIÓN TERCIARIA:EJEMPLO DEL FICHERO SALIDA.XLSX EN EL EJEMPLO DE ASIGNACIÓN PARTIENDO DE ASIGNACIÓN PREVIA EN SENTIDO CONTRARIO,2ª SIMULACIÓN. ....	54
TABLA 26:SALIDAS DEL SIMULADOR:EJEMPLO DEL FICHERO SALIDA.XLSX. ....	55
TABLA 27:SALIDAS DEL SIMULADOR:EJEMPLO DEL FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX. ....	55
TABLA 28:SALIDAS DEL SIMULADOR:EJEMPLO DEL FICHERO INFORME_VALIDACION_PRECIOS.XLSX.....	56
TABLA 29:RESULTADOS: PRECIOS Y ASIGNACIONES DEL SERVICIO DE REGULACIÓN TERCIARIA DEL DÍA 1 DE MARZO DE 2016.....	60
TABLA 30:RESULTADOS: INICIO DE LA SIMULACIÓN: FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX TRAS LA PRIMERA ASIGNACIÓN EN EL INTERVALO 17:00-18:00. ....	63
TABLA 31:RESULTADOS: INICIO DE LA SIMULACIÓN: FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX TRAS LA SEGUNDA ASIGNACIÓN EN EL INTERVALO 17:00-18:00. ....	63
TABLA 32:RESULTADOS: INICIO DE LA SIMULACIÓN: FICHERO SALIDA.XLSX RESULTADO DE LAS ASIGNACIONES EN EL INTERVALO 17:00-18:00.....	64
TABLA 33:RESULTADOS: FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX TRAS LA PRIMERA ASIGNACIÓN EN EL INTERVALO 18:00-19:00.....	65
TABLA 34:RESULTADOS: FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX TRAS LA SEGUNDA ASIGNACIÓN EN EL INTERVALO 18:00-19:00.....	65
TABLA 35:RESULTADOS: FICHERO SALIDA.XLSX RESULTADO DE LAS ASIGNACIONES EN EL INTERVALO 18:00-19:00.66	
TABLA 36:RESULTADOS: FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX TRAS LA PRIMERA ASIGNACIÓN EN EL INTERVALO 19:00-20:00.....	67
TABLA 37:RESULTADOS: FICHERO ESTADO_ASIGNACION_TERCIARIA.XLSX TRAS LA SEGUNDA ASIGNACIÓN EN EL INTERVALO 19:00-20:00.....	68
TABLA 38:RESULTADOS: FICHERO SALIDA.XLSX RESULTADO DE LAS ASIGNACIONES EN EL INTERVALO 19:00-20:00.69	
TABLA 39:RESULTADOS: CANTIDADES A ASIGNADAS SUBIR Y PRECIOS REALES DEL DÍA 2 DE MARZO DE 2016.....	71
TABLA 40:RESULTADOS: COMPARATIVA ENTRE PRECIOS REALES Y SIMULADOS.....	71



# ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AGC: Control Automático de Generación.

CECOEL: Centro de Control Eléctrico.

CECORE Centro de Control de Respaldo (CECORE).

ENTSO-E: European Network of Transmission System Operators for Electricity.

IFE: Interconexión Francia España.

IPE: Interconexión Portugal España.

LPMA: Limitación de Programa Máximo.

LPMI: Limitación de Programa Mínimo.

OM: Operador de Mercado.

OS: Operador del Sistema.

P48: Programa Horario Operativo.

PBF: Programa Base de Funcionamiento.

PDBF: Programa Diario Base de Funcionamiento.

PDVP: Programa Diario Viable Provisional.

PHF: Programa Horario Funcionamiento.

PO: Procedimiento de Operación.

PVP: Programa Viable Provisional.

RAIPEE: Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica.

RCP: Regulación Compartida Peninsular.

REE: Red Eléctrica de España.

RSBh: Relación Subida/Bajada Horaria.

SM: Sujeto de Mercado.

SWE Región South West Europe.

TSO: Transmission System Operation.

UGH: Unidad de Generación Hidráulica.

# 1 OBJETIVO.

El objetivo del presente proyecto es el de diseñar y validar un simulador del mercado del servicio de Regulación Terciaria que cumpla con lo establecido en el procedimiento de operación 7.3 del Operador del Sistema Eléctrico Español. El proceso de validación del simulador engloba todos aquellos aspectos necesarios para demostrar la fiabilidad de los resultados y del proceso de subasta.

El software del simulador se desarrolla en Matlab 2015 y los archivos de entrada y salida son en formato xlsx.

## 2 INTRODUCCIÓN.

### **Servicios de Ajuste.**

La Regulación Terciaria forma parte de un conjunto de servicios concebidos para equilibrar en todo momento la generación y la demanda en el sistema eléctrico. Estos servicios, son los denominados Servicios de Ajuste y, al igual que otros servicios del sistema eléctrico, se hayan en constante evolución para poder encarar los diferentes retos que van surgiendo. En el presente proyecto, se empieza por detallar esos servicios y una serie de cuestiones concernientes a los mismos, todo ello orientado a poder facilitar la comprensión del servicio de Regulación Terciaria.

### **Regulación Terciaria.**

Posteriormente se pasa a detallar el servicio de Regulación Terciaria basándose en el Procedimiento de Operación 7.3 establecido por el Operador del Sistema. Además, se describen otra serie de reglamentaciones correspondientes al servicio como son la de los protocolos de habilitación de unidades para la prestación del servicio.

### **Simulador del mercado de Regulación Terciaria.**

Descrito ya el servicio, se presenta el simulador creado y se desgranar sus diferentes características con el objetivo de probar su similitud con los expuesto en el Procedimiento de Operación 7.3 establecido por el Operador del Sistema y por tanto su validez.

### **Análisis de resultados.**

Ahora es el turno de realizar una serie de simulaciones con el objeto de por un lado demostrar la utilidad del simulador y por otro para obtener una serie de resultados con los que poder realizar un análisis sobre diferentes aspectos del servicio.

### **Conclusiones.**

Por último, se exponen una serie de conclusiones en lo referente por un lado al futuro del servicio de Regulación Terciaria, y por otro, al simulador desarrollado y los resultados obtenidos.

### **3 SERVICIOS DE AJUSTE DEL SISTEMA.**

### **3.1 NORMATIVA.**

#### Mercado de servicios de ajustes.

El mercado de producción de energía eléctrica es definido según lo establecido en el artículo de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, BOE 27/12/13:

*“El mercado de producción de energía eléctrica es el integrado por el conjunto de transacciones comerciales de compra y venta de energía y de otros servicios relacionados con el suministro de energía eléctrica.*

*El mercado de producción de energía eléctrica se estructura en mercados a plazo, mercado diario, mercado intradiario, los servicios de ajuste y de balance y los mercados no organizados.”*

Y en el artículo 2 del Real Decreto 2019/1997 modificado por el Real Decreto 134/2010, de 12 de febrero, BOE 27/02/10:

*“El mercado de producción de energía eléctrica es el integrado por el conjunto de transacciones comerciales de compra y venta de energía y de otros servicios relacionados con el suministro de energía eléctrica.*

*El mercado de producción de energía eléctrica se estructura en mercados a plazo, mercado diario, mercado intradiario, mercados no organizados y mercados de servicios de ajuste del sistema, entendiéndose por tales la resolución de restricciones por garantía de suministro y por restricciones técnicas del sistema, los servicios complementarios y la gestión de desvíos.”*

#### Servicios transfronterizos de balance.

El artículo 11.4 de la Ley del Sector Eléctrico 24/2013, de 26 de diciembre establece la posibilidad de realizar intercambios de servicios transfronterizos de ajuste:

*“Los intercambios a corto plazo de energías de balance o de reserva que tengan por objeto el mantenimiento de las condiciones de calidad y seguridad del suministro de energía eléctrica en el sistema y los intercambios de servicios transfronterizos de ajuste, serán realizados por el operador del sistema u otros sujetos del sistema en los términos que reglamentariamente se establezcan.”*

Estos servicios transfronterizos se desarrollan en el Artículo 6 de la Circular 2/2014, de 12 de marzo, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia.

### **3.2 MERCADO DE SERVICIO DE AJUSTES DEL SISTEMA.**

Los mercados de servicios de ajustes del sistema conforman un conjunto de mecanismos de carácter competitivo que son gestionados por el operador del sistema, Red Eléctrica de España. Estos servicios tienen por finalidad adaptar los programas de resultantes de la participación de los sujetos en las distintas plataformas de contratación de energía, para garantizar el cumplimiento de las condiciones de seguridad y calidad requeridas para el suministro de energía eléctrica.

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Los servicios de ajuste del sistema permiten disponer también de las reservas de potencia activa y reactiva, necesarias para asegurar la seguridad y la fiabilidad requeridas para la adecuada operación del sistema eléctrico.

De acuerdo con lo establecido en la anterior normativa mencionado, los servicios de ajuste del sistema son:

- Seguridad del sistema.
  - Solución de restricciones técnicas.
  - Control de tensión.
- Reservas del sistema.
  - Reserva de potencia adicional a subir.
  - Banda de regulación secundaria.
- Servicios de regulación y balance.
  - Energía de regulación secundaria.
  - Regulación terciaria.
  - Mercado de gestión de desvíos.
  - Servicios transfronterizos de balance.

El ámbito temporal de aplicación de servicios de ajuste del sistema es:

- Horizonte diario.
  - Resolución de restricciones técnicas y por garantías de suministro en los programas diarios de producción.
  - Reserva de potencia adicional a subir.
  - Asignación de banda de regulación secundaria.
- Horizonte intradiario.
  - Resolución de restricciones técnicas en el horizonte intradiario.
- Tiempo real.
  - Uso de la regulación secundaria, terciaria y gestión de desvíos.
  - Resolución de restricciones en tiempo real.
  - Variación de consignas de tensión en tiempo real.

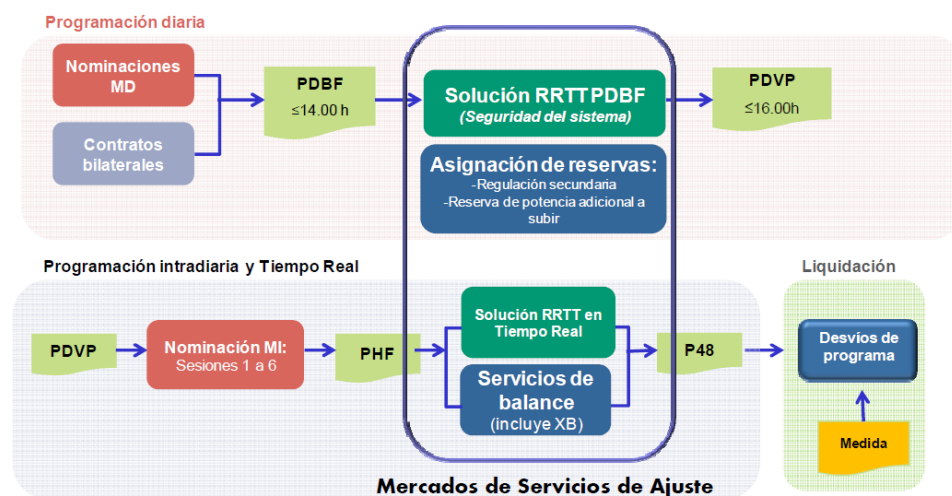


Figura 1: Esquema del mercado eléctrico español.

En términos económicos, el conjunto de mercados de servicios de ajuste del sistema tiene una incidencia reducida en el precio final de la energía, resultando ser sin embargo estos servicios esenciales para garantizar la seguridad y la calidad del suministro eléctrico.

### **3.3 SOLUCIÓN DE RESTRICCIONES TÉCNICAS.**

#### **3.3.1 Restricciones técnicas.**

Es cualquier circunstancia o incidencia derivada de la situación del sistema producción-transporte que, por afectar a las condiciones de seguridad, calidad y fiabilidad del suministro establecidas reglamentariamente y a través de los correspondientes procedimientos de operación, requiera, a criterio técnico del O.S., la modificación de los programas de energía.

En particular pueden identificarse restricciones debidas a:

- Incumplimiento de las condiciones de seguridad en régimen permanente y/o tras contingencia, definidas en el procedimiento de operación por el que se establecen los criterios de funcionamiento y seguridad para la operación del sistema eléctrico.
- Insuficiente reserva de regulación secundaria y/o terciaria.
- Insuficiente reserva de potencia adicional para garantizar la cobertura de la demanda prevista.
- Insuficiente reserva de capacidad para el control de la tensión en la Red de Transporte.
- Insuficiente reserva de capacidad para la reposición del servicio.

#### **3.3.2 Análisis de seguridad.**

Sobre las bases anteriormente indicadas, el O.S. efectuará los análisis de seguridad necesarios para todo el horizonte de programación e identificará las restricciones técnicas que afecten al PDBF, de acuerdo con los criterios de seguridad, calidad y fiabilidad contenidos en el procedimiento de operación por el que se establecen los criterios de funcionamiento y seguridad para la operación del sistema eléctrico.

#### **3.3.3 Solución de restricciones técnicas del programa diario base de funcionamiento.**

Partiendo del programa diario base de funcionamiento donde están recogidos los resultados de la casación de ofertas en el mercado diario y los contratos bilaterales con entrega física, el Operador del Sistema inicia el proceso de resolución de restricciones técnicas. Para ello analiza los programas de las unidades de producción y los intercambios internacionales previstos, para garantizar que el suministro de energía eléctrica se pueda realizar con las adecuadas condiciones de seguridad, calidad y fiabilidad. En este proceso se solicita a los Sujetos de Mercado la desagregación de las unidades físicas de los programas de energía de cada unidad de programación.

Este proceso de caracteriza por:

- Los proveedores son las unidades de programación asociadas a instalaciones de producción y de consumo de bombeo. Estos presentan sus ofertas en un período de tiempo habilitado durante 30 minutos tras la publicación de PDBF.

- Se basa en un sistema de ofertas específicas de energía a subir y a bajar para la solución de restricciones técnicas. De esta forma el Operador del Sistema, a igualdad de criterios técnicos, puede aplicar criterios para la selección de la mejor solución, basados en las ofertas de solución de restricciones técnicas presentadas, garantizando así el mínimo coste para el sistema. Las características fundamentales de las ofertas son:
  - Bloques divisibles.
  - Máximo número de bloques 10.

Además, las unidades térmicas pueden presentar ofertas complejas de cuatro tipos:

- Ingresos por mantener acoplada la unidad durante una hora.
  - Ingresos por unidad de energía producida.
  - Ingresos por arranque en frío.
  - Ingresos por arranque en caliente.
- El proceso se divide en dos fases, siendo el objeto de la primera, la solución de las restricciones técnicas identificadas, y el de la segunda, restablecer el equilibrio generación-demanda sin generar nuevas restricciones técnicas:

Fase I: Modificación del programa PDBF por criterios de seguridad.

Solución de las restricciones técnicas identificadas en el sistema mediante la aplicación de limitaciones de programa y redespachos de energía a subir y/o a bajar.

- Solución de restricciones técnicas por redespachos de energía a subir y/o a bajar. Se llevan a lugar redespachos de energía a subir y/o a bajar si se identifican restricciones que lo demanden. El proceso se gestiona con criterios económicos priorizándose en casos de igualdad de precios los menores movimientos de energía posibles con respecto al PDBF y las tecnologías renovables.
- Establecimiento de limitaciones por seguridad. Estas limitaciones se aplican con el objetivo evitar la aparición de nuevas restricciones en los procesos posteriores (reequilibrio generación- demanda, mercado intradiario, mercados de regulación secundaria y terciaria, gestión de desvíos generación-consumo y operación en tiempo real). Existen dos clasificaciones de este tipo de limitaciones:
  - LPMI (Limitación de Programa Mínimo o Límite Inferior).
  - LPMA (Limitación de Programa Máximo o Límite Superior).
- Soluciones de restricciones técnicas por insuficiente reserva a subir o a bajar. Estas restricciones se aplican en aquellos casos en los que después de haber aplicado los dos procesos anteriores, se identifique la existencia de una insuficiente reserva de potencia a subir o a bajar en el programa resultante. En función de si esta insuficiencia es a subir o a bajar, el O.S. puede aplicar limitaciones de diferente tipo en las unidades de bombeo y en los grupos térmicos. Si en el caso de insuficiente reserva a subir, estas medidas no fueran suficientes, el O.S. procede a programar el arranque y acoplamiento de grupos térmicos adicionales.

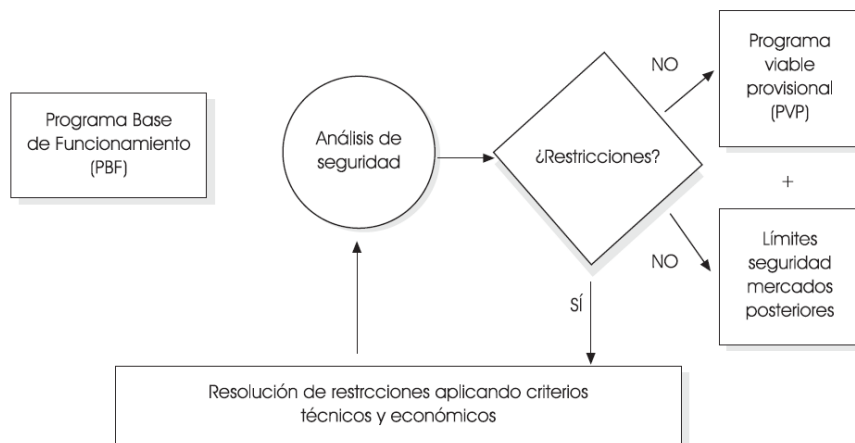


Fase II: Reequilibrio generación-demanda.

También llamado proceso de cuadro, se llevan a cabo reprogramaciones de las unidades de programación asociadas a instalaciones de producción y de consumo de bombeo, que respetan las limitaciones de programa establecidas por razones de seguridad del sistema en la Fase I, con objeto de equilibrar los programas globales de generación - demanda. Se respeta el orden de mérito de las ofertas siempre que están no introduzcan nuevas restricciones. Los redespachos a subir se liquidan en base al precio de la oferta específica de energía a subir mientras que, a bajar, son en base al precio específico de restricciones a bajar.

- Reducción parcial o total de los programas de venta de energía correspondientes a contratos bilaterales con entrega física cuya demanda haya sido reducida en la FASE 1. El O.S. procede, en primer lugar, a reducir parcial o incluso totalmente, los programas de venta de energía de aquellas unidades de programación que, estando habilitadas para participar en el proceso de resolución de restricciones técnicas, sean afectadas a contratos bilaterales con entrega física cuya correspondiente demanda haya sido reducida en la primera fase del proceso de resolución de restricciones técnicas del PDBF.
- Reducción parcial o total de los programas de adquisición de energía correspondientes a un consumo de bombeo o a una exportación a través de interconexiones sin sistema coordinado de gestión de la capacidad de intercambio asociados a contratos bilaterales con entrega física cuya generación haya sido reducida en la FASE 1.
- Obtención de un programa equilibrado generación-demanda.  
Otro medio para el reequilibrar el estado del sistema es la asignación de ofertas simples presentadas y aceptadas en el proceso de resolución de restricciones técnicas.

En el siguiente esquema se muestran los pasos del proceso. Las dos fases descritas se engloban en el bloque denominado resolución de restricciones aplicando criterios técnicos y económicos.



**Figura 2: Esquema de la resolución de restricciones técnicas.**

Los resultados del proceso son el programa diario viable provisional (PDVP) y los correspondientes mensajes con las limitaciones del programas que han de ser respetadas en los siguientes mercados.

### **3.3.4 Solución de restricciones técnicas tras el mercado intradiario.**

El O.S. pondrá a disposición del O.M., antes de la apertura de cada sesión del MI, la información referente a las limitaciones de seguridad para que éstas puedan ser tenidas en cuenta en el proceso de aceptación de ofertas de cada una de las sesiones del mercado intradiario (MI).

Posteriormente a cada una de las sesiones del mercado intradiario se le realiza el correspondiente análisis por parte del Operador del Sistema, evaluando si la casación del mercado unida a la situación actual del sistema da lugar a restricciones. Si se identifica alguna, se resuelve con la retirada, por orden de precedencia económica, de aquellas ofertas que resuelvan las restricciones.

El equilibrio generación- demanda se reestablece por parte del Operador del Sistema respetando el orden de precedencia económica, y con las mismas condiciones de liquidación descritas en el apartado anterior.

Los resultados de este proceso son el programa horario final (PHF) y los correspondientes mensajes con las limitaciones de los programas que han de ser respetadas en los siguientes mercados.

### **3.3.5 Solución de restricciones técnicas en tiempo real.**

El estado de seguridad real del sistema es analizado en tiempo real por el Operador del Sistema y se detectan las posibles restricciones técnicas que puedan aparecer. En el proceso de resolución de restricciones, tras la modificación de los programas por criterios de seguridad, no se establece un proceso para equilibrar la generación-demanda.

Para la resolución de una restricción técnica en tiempo real que exija la modificación de los programas de generación de una o varias unidades, el O.S. adopta la solución que represente el mínimo coste, utilizando para ello las ofertas de regulación terciaria que en ese momento estén disponibles, dando prioridad, en caso de igualdad de coste, a las instalaciones que utilicen fuentes de energía renovable y, tras ellas, a las instalaciones térmicas de cogeneración de alta eficiencia. En el caso de que la asignación de ofertas de regulación terciaria para la resolución de la restricción resulte insuficiente, esta asignación se completa con la asignación de incrementos y de reducciones de programas conforme a la asignación de las ofertas y/o de los correspondientes bloques de oferta presentados para el proceso de resolución de restricciones técnicas del PDBF, y en su caso, de la oferta de restricciones actualizada, procediéndose a realizar la asignación de esta modificación de programas entre el conjunto de unidades que resuelven la restricción, según el orden de precio de las ofertas presentadas, aplicándose la regla prorata en caso de igualdad de precio de oferta y dando prioridad a las instalaciones que utilicen fuentes de energía renovable y, tras ellas, a las instalaciones térmicas de cogeneración de alta eficiencia.

- Resolución de restricciones por insuficiente reserva de potencia a bajar.

El O.S. puede tomar, entre otras, las siguientes medidas:

Aumentar el programa de energía de las unidades de adquisición correspondientes a consumo de bombeo.

Reducir el programa de producción de unidades de venta de energía correspondientes a grupos térmicos hasta su potencia mínima admisible, por seguridad, o en el límite hasta el mínimo técnico de la unidad.

Programar la parada de grupos térmicos respetando las limitaciones de programa mínimo establecidas por seguridad sobre los grupos y, teniendo en cuenta el tiempo de arranque y de programación de cada grupo.

- Tratamiento de las reducciones o anulaciones de la capacidad de evacuación de la producción de grupos generadores por indisponibilidades sobrevenidas de elementos de la Red.

El OS procede a resolver la congestión identificada en tiempo real mediante la aplicación de un redespacho de energía sobre el programa previsto para la unidad, de tal forma que esta reducción o anulación de la capacidad de evacuación no implique un desvío de la producción real de la unidad respecto al programa previsto para la misma.

En el proceso de resolución de restricciones técnicas en tiempo real, tras la modificación de programas por criterios de seguridad, no se establece un proceso sistemático posterior de reequilibrio generación-demanda. Los desequilibrios que puedan presentarse se resuelven con los servicios de balance o incluso si es necesario mediante la gestión de desvíos.

### **3.4 MERCADOS DE REGULACIÓN Y BALANCE.**

Son aquellos servicios necesarios para asegurar el suministro de energía eléctrica en las condiciones de seguridad, calidad y fiabilidad requeridas, mediante el mantenimiento del equilibrio generación-demanda en el sistema.

#### **3.4.1 Regulación secundaria.**

Es un servicio de carácter potestativo y gestionado por mecanismo de mercado cuyos objetivos son:

- Anular los desvíos en cada instante con respecto a los programas de intercambio en los flujos de potencias.
- Mantener la frecuencia en su valor de consigna común y único en la red síncrona de Europa continental.

El cumplimiento de estos objetivos, es equivalente a mantener el equilibrio generación demanda del sistema. La actuación de la regulación secundaria comenzará no más allá de los 30 segundos, y tendrá la capacidad de mantenerse hasta los 15 minutos.

El sistema es jerárquico y está organizado por zonas de regulación. Actúa en función de los requerimientos que establezca el regulador maestro del Operador del Sistema, conocido como Regulador Compartido Peninsular, (R.C.P.). Este envía sus señales de control a los sistemas de control zonales, que a su vez controlan al conjunto de unidades de producción que tienen asignados.

##### **3.4.1.1 Zonas de regulación.**

Son las proveedoras del servicio de regulación secundaria y están constituidas por unidades previamente habilitadas por el Operador del Sistema que responden a señales de control enviadas por el correspondiente AGC, y por unidades no habilitadas para la participación activa en el servicio.

### 3.4.1.2 Establecimiento de la reserva de banda secundaria.

Está definido en el P.O. 7.2 como el valor máximo de variación de potencia que es posible modificar la generación del conjunto de unidades de producción en control en el sentido correspondiente y con la velocidad establecida, en respuesta a los requerimientos de la regulación secundaria.

La reserva requerida para prestación del servicio en el Sistema Eléctrico Español es determinada por el Operador del Sistema en función de la situación prevista en cada período de programación (el día siguiente o de operación). Para el cálculo de dicha reserva se utilizan las siguientes consignas:

- La ENTSO-E recomienda determinar el requerimiento mínimo de reserva de regulación secundaria mediante la siguiente fórmula:

$$R = \sqrt{a L_{\max} + b^2} - b$$

Donde:

*L<sub>max</sub>*: nivel de demanda previsto en el área de control correspondiente al sistema peninsular español.

*A*=10 MW, valor empírico.

*b*=150 MW, valor empírico.

- La reserva secundaria a bajar se establece, según la evolución creciente o decreciente de la curva de la demanda, entre el 40% y 100% de la reserva a subir.
- Se recomienda por parte de la ENTSO-E la existencia de un sistema de regulación terciaria que permita cubrir una posible insuficiencia de la reserva secundaria ante la pérdida máxima de potencia asociada a un fallo simple.
- Dotación de un mayor volumen de reserva en las horas que presenten puntos de inflexión de la curva de demanda peninsular.
- Dotación de un mayor volumen de reserva en horas en las que se presenten cambios acusados de programa en los intercambios internacionales.
- En las horas valle en las que debido al parque generador conectado se disponga de menor reserva de energía terciaria, se garantizarán los siguientes valores mínimos:

Banda a subir: 500 MW

Banda a bajar: 400 MW

- A juicio del operador del sistema queda la posibilidad de establecer criterios más estrictos ante situaciones especiales.

### 3.4.1.3 Regulador maestro.

Es el sistema de control que funciona como regulador maestro de la regulación secundaria. Por motivos de seguridad se dispone de dos centros de control. El Centro de control Eléctrico (CECOEL) y el Centro de Control de Respaldo (CECORE).

#### **3.4.1.4 Energía efectiva neta de regulación secundaria.**

La energía efectiva neta de regulación secundaria realizada en un periodo de programación, es el desvío en energía respecto a sus programas del conjunto de unidades de producción integradas en el lazo de control del correspondiente AGC debido al seguimiento de los requerimientos de la regulación secundaria.

No se considera como energía efectiva neta de regulación secundaria los desvíos en unidades de producción de una zona de regulación que no estén directamente ligados con los cambios de generación requeridos por el AGC. Cuando el signo de dicha energía neta en un período de programación resulte positivo, se denomina energía de regulación secundaria a subir, y en caso de resultar de signo negativo, energía de regulación secundaria a bajar.

#### **3.4.1.5 Algoritmo de casación de las ofertas.**

Se tendrán en cuenta:

- El conjunto de reserva de regulación secundaria asignada será la de menor coste posible.
- Cada una de las zonas de regulación deben cumplir la relación a subir y a bajar establecida por el Operador del sistema para cada período horario. (RSBh = RSSUBh/RSBAJh (p.u.)).

##### 3.4.1.5.1 Validación de las ofertas.

El proceso de validaciones de las ofertas se divide en tres subprocesos en función del tiempo de actuación de los mismos.

###### *3.4.1.5.1.1 Validación en el proceso de lectura de las ofertas.*

- Las ofertas presentadas deben respetar los precios máximo y mínimo que puedan ser establecidos por normativa de aplicación.
- Las ofertas se componen de bloques pudiendo ser solo uno de ellos indivisible.
- La suma de la reserva a subir y a bajar de una oferta ( $RNS_{subirh} + RNS_{bajarh}$ ) debe cumplir con los límites máximo y mínimo comunicados por el OS ( $RSBAN_{máx}$  y  $RSBAN_{mín}$ ).
- Los bloques de oferta deben cumplir los valores máximos y mínimos de banda que establece el Operador del Sistema.
  - o Si  $RSBAN_{máx} < RNS_{subirhni} + RNS_{bajarhni}$ , se elimina el bloque n de la oferta i.
  - o Si  $RSBAN_{mín} < RNS_{subirhni} + RNS_{bajarhni}$ , se elimina el bloque n de la oferta i.

###### *3.4.1.5.1.2 Validación en el preproceso de asignación.*

Este proceso se lleva a cabo justo en el momento antes de comenzar la asignación pues requiere de información que puede haberse visto modificada durante el proceso de lectura como son:

- Indisponibilidades por generación.
- Indisponibilidades por limitación de seguridad.

Si se incumple alguna de estas comprobaciones el bloque es rechazado completamente.

#### 3.4.1.5.1.3 Validación durante el proceso de asignación.

Realizadas durante el proceso de asignación, afectan a los bloques que, por su precio, deberían ser asignados.

- Rechazo por indivisibilidad: En el cierre, si se tienen ofertas divisibles e indivisibles a igualdad de precio y las divisibles son suficientes para satisfacer las necesidades de reserva, las indivisibles son rechazadas.
- Reparto proporcional de reserva de regulación secundaria en el cierre. El reparto de reserva de regulación secundaria entre las ofertas divisibles de una misma zona se realiza de forma proporcional en función de la banda ofertada por cada una de las ofertas.
- Rechazo en el cierre de banda divisible por asignación de banda indivisible. En el cierre, si asignando toda la oferta divisible no es suficiente para alcanzar las necesidades de reserva, se asignan las ofertas indivisibles. Si con estas, se sobrepasa en más de un 10% la necesidad de reserva, se va retirando banda indivisible hasta que cumpla.

#### 3.4.1.5.2 Proceso de asignación

Posteriormente a la criba de ofertas realizada, se ordenan de forma ascendente por coste el conjunto de ofertas recibidas.

$$Coste_{hr} = PS_{bandahr} * 1000$$

A partir de la lista ordenada por costes se van realizando asignaciones que cumplan la relación a subir y bajar establecidas, truncándose los valores de los bloques en caso contrario y quedando pendientes para ser asignados en posteriores asignaciones.

$$R_{subirnh} = \text{Mínimo} [RNS_{subirnh} + RNS_{subirnh}, (RNS_{bajar nh} + RNS_{bajar nh}) * RSBh] - R_{subirnh}$$

$$R_{bajar nh} = \text{Mínimo} [(RNS_{subirnh} + RNS_{subirnh}) / RSBh, RNS_{bajar nh} + RNS_{bajar nh}] - R_{bajar nh}$$

Donde:

n = Índice del bloque de oferta según la lista ordenada por costes.

m = Índice de los bloques de oferta de orden inferior a n, de la misma zona de regulación a la que pertenece la unidad de programación en la que se incluye el bloque de orden n.

R<sub>subirnh</sub> = Banda a subir asignada al bloque de oferta de orden n.

R<sub>bajar nh</sub> = Banda a bajar asignada al bloque de oferta de orden n.

En caso de que por incumplimiento de esta relación a subir y bajar no se pueda asignar un bloque indivisible, su asignación queda pendiente para posteriores iteraciones. El proceso finaliza cuando se ha asignado una cantidad de reserva entre un +- 10% de la requerida.

$$1,1 * RSSUB_h > \sum Rsubir_{nh} > 0,9 * RSSUB_h$$
$$1,1 * RSBAJ_h > \sum Rbajar_{nh} > 0,9 * RSBAJ_h$$

#### 3.4.1.5.3 Tratamiento final de las ofertas asignadas.

Acabado el proceso de asignación se realizan un tratamiento final a cada uno de los bloques asignados según las siguientes consignas:

- Asignación indivisible: Bloques indivisibles a los que le quede 2 MW en un solo sentido por asignar, son totalmente asignados.
- Rechazo por asignación mínima: Aquellos bloques a los que solo se les haya asignado banda en un único sentido y esta sea inferior a 1 MW, son rechazados.
- Redondeo: Las bandas asignadas se redondean al entero más próximo. El resultado del redondeo nunca puede ser mayor que la banda ofertada.

#### 3.4.1.5.4 Coeficientes zonales de asignación de reserva de regulación secundaria.

Finalizado el proceso, se calculan estos coeficientes que posteriormente son comunicados a los respectivos controles de las zonas.

$$K_{ZR} = \sum Rsubir_t / RSSUB * 100$$

Donde:

t = Índice de ofertas asignadas a dicha zona.

ZR= Código de la zona de regulación.

#### **3.4.1.6 Liquidación del servicio.**

A continuación, se detallan los diferentes conceptos de liquidación asociados al servicio de regulación secundaria:

##### 3.4.1.6.1 Asignación de reserva de regulación secundaria en el mercado correspondiente.

La asignación de reserva de regulación secundaria conlleva un derecho de cobro en función de la banda asignada y el precio marginal del correspondiente mercado en dicho intervalo horario.

##### 3.4.1.6.2 Variación de la reserva de regulación secundaria disponible en tiempo real respecto a la asignada.

El seguimiento en tiempo real del servicio puede dar lugar a variaciones en los programas de generación adquiridos por los sujetos de mercado en los correspondientes mercados.

##### 3.4.1.6.3 Contribuciones al servicio mayores de las establecidas en los programas de generación.

Conllevan derechos de cobro valorados al precio de mercado, para el correspondiente período horario, multiplicados por un coeficiente KS=1,5.

3.4.1.6.4 Energía efectiva neta de regulación secundaria realizada por seguimiento de los requerimientos de regulación, en el correspondiente período de programación.

La energía neta generada se valora al precio marginal de la energía casada en el mercado terciario en el sentido que corresponda.

3.4.1.6.5 Liquidación de asignaciones de banda y redespachos por aplicación del mecanismo excepcional de resolución (MER).

Mediante dicho la aplicación de dicho mecanismo, se pueden asignar tanto reserva de banda de regulación, como energía neta de regulación secundaria. En ambos casos se generan derechos de cobro que se detallan a continuación:

*3.4.1.6.5.1 Asignación de reserva de banda de regulación secundaria*

La asignación de reserva de banda de regulación secundaria mediante el mecanismo MER genera derechos de cobros calculados según el precio marginal del mercado para dicho período horario y multiplicados por un coeficiente  $KMAY=1,15$ .

*3.4.1.6.5.2 Asignación de energía de neta de regulación secundaria.*

La asignación de energía neta genera un derecho de cobro calculado según el precio del mercado diario (no el terciario) en el período horario en cuestión y multiplicado este si es a subir por un coeficiente  $KMAY=1,15$ , y si es a bajar, como el precio es un precio de recompra, por un coeficiente  $KMAY=0,85$ .

## **3.4.2 Regulación terciaria.**

Descrito brevemente, se entrará en profundidad más adelante.

La reserva de regulación terciaria se define como la variación máxima de potencia que puede efectuar una unidad de programación asociada a una unidad de producción o de consumo de bombeo, en un tiempo no superior a 15 minutos, y que puede ser mantenida durante, al menos, 2 horas consecutivas.

La regulación terciaria tiene por objeto la restitución de la reserva de regulación secundaria que haya sido utilizada y el ajuste del equilibrio generación-demanda en periodos no superiores a dos hora. Se trata de un servicio complementario, de oferta obligatoria para todas las unidades de programación habilitadas como proveedoras del servicio, y que es gestionado mediante mecanismos de mercado, estando la asignación del servicio basada en criterios de mínimo coste y estableciéndose para cada hora precios marginales diferenciados para la reserva de regulación terciaria movilizadas a subir y a bajar.

La reserva de regulación terciaria es aportada mediante la actuación manual, de subida o bajada de potencia, de las instalaciones de producción y de consumo de bombeo, respetando siempre la asignación del servicio, las posibles limitaciones de programa establecidas por razones de seguridad del sistema y las posibles indisponibilidades de las instalaciones de producción y/o de consumo de bombeo comunicadas al Operador del Sistema por el sujeto titular de la correspondiente unidad de programación.

## **3.5 GESTIÓN DE DESVÍOS.**

Servicio cuyo objeto es resolver los desvíos entre generación y consumo que aparezcan con posterioridad al cierre de cada sesión del mercado intradiario y hasta el horizonte de efectividad de la siguiente sesión.



Cumple una función de nexo entre la regulación terciaria y los mercados intradiarios y dota al operador de mayor flexibilidad sin poner en riesgo la disponibilidad de las reservas secundaria y terciaria.

Es un mercado marginalista en el que la liquidación por la prestación del servicio en cada período de programación viene determinada por el precio de la última oferta asignada parcial o totalmente.

#### **3.5.1.1 Proveedores del servicio.**

Los proveedores de este servicio de ajuste del sistema son las instalaciones de producción y de consumo de bombeo que siendo aptas para participar en los servicios de ajuste del sistema, obtengan la correspondiente habilitación del O.S. El proceso de habilitación de estos proveedores se detalla ampliamente en el apartado 4.1.3.

#### **3.5.1.2 Convocatoria.**

En caso de que el desvío medio previsto en cada período de programación sea igual o superior a 300 MW, el O.S. comunica a los S.M. el requerimiento total de energía y su sentido (a subir o a bajar) para la resolución de los desvíos en cada período de programación, así como las limitaciones de energía máxima y mínima aplicables a las ofertas que, en su caso, el O.S. pudiera establecer, previa conformidad de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, para garantizar una adecuada prestación y un correcto control de dicho servicio. Para hacer frente a los desvíos previstos, el O.S. utiliza las ofertas de incremento y reducción de las unidades de programación correspondientes a instalaciones de generación y/o de consumo de bombeo y asigna las modificaciones de programa que correspondan a cada unidad de programación, incorporando estas modificaciones en el siguiente programa horario operativo P48.

El ámbito temporal de aplicación del mercado de gestión de desvíos generación- consumo puede llegar a abarcar todos los períodos de programación existentes entre el cierre de una sesión del MI y la hora de inicio del horizonte de programación de la siguiente sesión del MI.

#### **3.5.1.3 Proceso de validación y asignación de ofertas.**

La presentación de las ofertas se lleva a cabo, en un plazo de 30 minutos, tras la comunicación por parte del O.S. de los requerimientos de energía del servicio. Estas ofertas pueden presentar bloques indivisibles y un solo bloque todo o nada que debe además ser el primero. El valor de energía horaria a subir o a bajar de una oferta indivisible no podrá ser superior, en ningún caso, a 300 MWh.

La asignación de ofertas se lleva a cabo con una serie de comprobaciones:

- Comprobaciones de cumplimiento de rampa para certificar que las variaciones de generación de las unidades están dentro de sus capacidades.
- Comprobaciones de energía total asignada a la unidad de programación de forma que esta no exceda sus limitaciones.
- Comprobación de que los bloques de tipo todo o nada hayan sido asignados en todos los periodos de programación. Cuando un bloque de este tipo no haya sido asignado en algún período de programación, bien por precio o por alguna de las restricciones

anteriores, se procede a su desasignación en todos aquellos períodos en los que haya resultado asignado.

### 3.5.1.3.1 Asignación.

Las ofertas se asignan hora a hora en orden creciente de precios. Esta asignación se lleva a cabo comprobando que no se violen las comprobaciones antes citadas.

En igualdad de precios entre ofertas tienen preferencia:

- Los bloques divisibles sobre los indivisibles.
- A igualdad de tipo (ambos divisibles o indivisibles), tiene preferencia el bloque que oferte una menor energía.
- A igualdad de todo lo anterior, la preferencia es para los bloques sean producidos por fuentes renovables y seguidamente por instalaciones de cogeneración de alta eficiencia.

Una vez alcanzados los requerimientos en un periodo de programación se pasa al siguiente hasta llegar al final del horizonte.

Una vez alcanzado el fin del horizonte se repite de nuevo el proceso de asignación hacia atrás. Cuando se realiza la asignación hacia atrás, en los bloques que presentan restricciones de rampa y/o energía total no se puede asignar más energía de la que se asignó en el proceso hacia delante.

Una vez alcanzado el primer período de programación, se analiza si la solución es válida (no se viola ninguna restricción). El proceso se repite hasta que se alcanza el número máximo de iteraciones o se alcanza una solución válida después de cuatro iteraciones. Se admite un margen en la asignación de ofertas del  $\pm 10\%$  de los requerimientos. Cuando se ha alcanzado una solución válida se comprueba que todos los bloques de oferta de tipo todo o nada se han asignado completamente en todos los periodos de programación. Si hubiera varios bloques en esta situación, se elimina el que sea más costoso en su totalidad y se repite de nuevo todo el proceso.

ENERGÍA GESTIONADA EN LOS MERCADOS DE OPERACION. 2005/06 EN GWh						
	2005		2006		% 2006/05	
	A subir	A bajar	A subir	A bajar	A subir	A bajar
Restricciones técnicas (PBF)	3.093		15.144		389,6	
Regulación secundaria	1.076	959	1.049	1.126	-2,5	17,5
Regulación terciaria	2.394	1.817	4.261	1.406	78,8	-22,6
Gestión de desvíos	817	933	28.588	412	3.398	-55,8
Restricciones en tiempo real	449	573	707	579	57,6	1,1
<b>Energía total gestionada</b>	<b>12.112</b>		<b>53.293</b>		<b>340,0</b>	

Tabla 1: Energía gestionada en los mercados de operación.

## 3.6 SERVICIOS TRANSFRONTERIZOS DE BALANCE.

Permiten el intercambio bilateral de energías con los sistemas eléctricos vecinos, utilizando la capacidad de intercambio vacante tras los ajustes de programa en los mercados intradiarios.

Estos mecanismos fueron implantados en la interconexión Francia –España (IFE) y en la

interconexión Portugal- España (IPE), el 11 y el 17 de junio de 2014, respectivamente. Su gestión se realiza de forma coordinada entre los Operadores de los Sistemas eléctricos, manteniéndose sin modificación la participación de los sujetos en los mercados de balance del sistema eléctrico al que están conectados.

Los servicios transfronterizos de balance en la Región South West Europe SWE utilizan como herramienta de gestión una plataforma común para la comunicación de excedentes de energía de balance subir/bajar de sus correspondientes sistemas eléctricos y para la activación de energías de balance ofrecidas por los TSO vecinos.

## **4 REGULACIÓN TERCIARIA.**

## 4.1 SERVICIO DE REGULACIÓN TERCIARIA.

### 4.1.1 Introducción y definiciones.

El servicio de Regulación Terciaria es un servicio complementario de carácter potestativo y oferta obligatoria. Esta gestionado y retribuido por mecanismos de mercado y tiene por objeto:

- Restituir la reserva de Regulación Secundaria que haya sido utilizada.

Esta restitución se lleva a cabo mediante la adaptación de los programas de funcionamiento de las unidades de programación correspondientes a instalaciones de producción y a instalaciones de consumo de bombeo.

#### 4.1.1.1 Reserva de regulación terciaria.

Se define como la variación máxima de potencia que puede efectuar una unidad de producción o de consumo (bombeo de generación) en un tiempo inferior a 15 minutos, y que puede ser mantenida durante, al menos, dos horas consecutivas. La reserva a nivel global del Sistema Eléctrico Peninsular Español es la suma de las reservas de regulación terciaria disponibles en todas las unidades de producción o consumo de bombeo.

##### 4.1.1.1.1 Determinación y publicación de los requerimientos de reserva de Regulación Terciaria.

El Operador del Sistema establece y publica el valor de la reserva de Regulación Terciaria mínima necesaria en el sistema para cada periodo de programación del día siguiente.

- La reserva a subir mínima es, como referencia, igual a la pérdida máxima de producción provocada de forma directa por el fallo simple de un elemento del sistema eléctrico, mayorada en un 2% del valor de la demanda previsto para el período de programación correspondiente.
- La reserva a bajar se establece en función de las condiciones de operación, entre el 40% y el 100% de la reserva a subir.

### 4.1.2 Mercado de Regulación Terciaria.

Los requerimientos de Regulación Terciaria para el siguiente horizonte temporal, el día D, son establecidos antes de las 21:00 horas del día D-1. La presentación de las ofertas se realiza como máximo una hora antes del inicio del período de programación, el día D.

Asignación de reserva de regulación secundaria.	≤ 17:45 horas
Requerimientos de reserva de regulación terciaria.	≤ 21:00 horas
Presentación de ofertas de regulación terciaria.	≤ 23:00 horas

Tabla 2: Horarios del mercado de Regulación Terciaria.

Durante el período de programación, día D, el O.S activa cuando se requiere, el proceso de asignación del servicio de Regulación Terciaria, por lo que en comparación con el servicio por ejemplo de Regulación Secundaria:

- No existe un mercado de Asignación de Reserva, sino que esta reserva son las diferentes ofertas presentadas.
- El mercado en Terciario es un mercado de asignación de potencia, que se traduce en energía de Regulación Terciaria, mientras que en el servicio de Regulación Secundaria la energía se obtiene por seguimiento de los requerimientos de los AGCs.

#### **4.1.2.1 Proveedores del servicio.**

Son proveedores del servicio todas aquellas unidades de programación constituidas por instalaciones o agrupaciones que cumpliendo los criterios bajo los cuales puedan ser consideradas aptas para participar en los servicios de ajustes del sistema obtengan la correspondiente habilitación del Operador de Sistema.

Para obtener la habilitación por parte del Operador del Sistema, las unidades de programación deben cumplir los siguientes requisitos:

- Estar definitivamente inscritos en la correspondiente sección del RAIPEE.
- Ser una instalación apta para la prestación del servicio según los criterios establecidos mediante la Resolución de la Secretaria de Estado de Energía. En el apartado 4.1.3, del presente proyecto se detallan cuales son dichos criterios.
- Remitir la correspondiente solicitud al Operador del Sistema para la prestación del servicio.
- Estar integrada en un centro de control.
- Comunicar al Operador del Sistema la información adicional establecida en el procedimiento de operación correspondiente.
- Verificación de que la unidad de programación aporta capacidad de oferta no inferior a 10 MW.
- Resultado satisfactorio de las pruebas de prestación del servicio establecidas mediante Resolución de la Secretaria de Estado de la Energía. Si dichas pruebas son realizadas de manera agregada, las instalaciones que componen dicha agregación deben participar en la misma unidad de programación. En el apartado 4.1.3, del presente proyecto se detallan cuales son dichas pruebas.

Aprobada la participación del servicio de la unidad correspondiente, el O.S. informará si fuera preciso al titular de la unidad de programación de la falta de capacidad técnica de la unidad, del incumplimiento de forma reiterada de los requisitos técnicos, de la inadecuada calidad del servicio prestado y/o de la no remisión de la información de cambios o modificaciones que puedan afectar a la prestación de este servicio, concediendo un plazo para introducir las mejoras necesarias.

Las unidades de programación están obligadas a mantener actualizada la información requerida por el O.S. para la participación en el servicio.

#### **4.1.2.2 Información suministrada por el O.S. para la presentación de ofertas.**

El Operador del sistema suministra a los sujetos de mercado la siguiente información para la posterior presentación de ofertas:

- Reserva de Regulación Terciaria requerida para cada período de programación del día siguiente.
- Precios máximos o mínimos que, en su caso, puedan ser establecidos por normativa de aplicación.

#### **4.1.2.3 Presentación de ofertas.**

Los sujetos de mercado deben poner a disposición del O.S. la información referente al servicio de Regulación Terciaria. Dicha información consiste en ofertas a subir y bajar por parte de las unidades de programación pertenecientes al sujeto de mercado en cuestión. A continuación, se exponen algunas características de este proceso de presentación de ofertas:

- Las unidades de programación habilitadas para el servicio están obligadas a ofertar en cada período de programación del día siguiente toda su reserva de regulación terciaria disponible tanto a subir como a bajar.
- Las ofertas pueden estar compuestas de tantos bloques divisibles como se quiera y no son admitidos bloques indivisibles.
- Si se comprueba tras la presentación de las ofertas que la reserva de Regulación Terciaria no es suficiente para cumplir con los requerimientos, el O.S. siguiendo el procedimiento de Restricciones Técnicas, ordena que se acoplen grupos térmicos para que se aumente dicha reserva.

##### 4.1.2.3.1 Información de las ofertas.

Las ofertas presentadas a subir y bajar tienen una diferencia principal en cuanto al precio de las ofertas se refiere. A continuación, se detallan:

- Código de la unidad de producción y bloque.
- Período horario.
- Sentido de la energía ofertada, a subir o a bajar.
- Cantidad de reserva de Regulación Terciaria ofertada en MW/h.
- Precio en €/ (MW/h):

A subir:

El precio de la potencia a subir, representa el precio de venta de la energía por parte de la unidad de producción.

A bajar:

El precio de la potencia a bajar, representa el precio de recompra de la energía no producida equivalente por parte de la unidad de producción.

#### **4.1.2.4 Validación de las ofertas de reserva de Regulación Terciaria.**

En este proceso de validación se diferencian dos subprocesos distintos:

##### 4.1.2.4.1 Validación de los bloques de oferta.

En este proceso se entiende por ofertas al conjunto de bloques de energía ofertados por cada unidad de programación.

- Solo se admite una oferta por unidad de programación para cada fecha de convocatoria. De esta forma, si se recibe más de una información para la misma fecha de convocatoria, la última información sustituirá a la anterior.
- El período de programación de la oferta debe ser el período en curso y la oferta debe abarcar todos los períodos de programación del día siguiente.
- Las ofertas tanto a subir como a bajar deben respetar los precios máximos y mínimos establecidos por normativa de aplicación.
- Si uno o varios bloques de una oferta de Regulación Terciaria han sido asignados bien en el mercado de Regulación Terciaria, bien por seguridad para resolver una restricción técnica identificada en tiempo real, solo se admitirá después la recepción de nuevos bloques que complementen la oferta, pero no modificaciones de los ya existentes.

En caso de incumplimiento de alguno de estas condiciones, la oferta es rechazada.

##### 4.1.2.4.2 Comprobaciones previas a la asignación de las ofertas.

Estas comprobaciones se efectúan antes de la asignación de las ofertas y una vez que las escaleras de ofertas a subir y a bajar están establecidas. Esto es debido a la posibilidad de que haya que considerar informaciones que puedan haber sufrido modificaciones desde el proceso de lectura de las ofertas.

- No violación de límites por seguridad.
- No violación de limitaciones por indisponibilidad.
- No ofertar una energía a bajar mayor que el programa de generación de la unidad.
- No ofertar, por parte de unidades de bombeo, de más energía a subir que su programa de bombeo.

En caso de que el bloque de oferta viole alguno de estos límites, es truncado.



#### **4.1.2.5 Actualización de las ofertas de Regulación Terciaria.**

El período de actualización de las ofertas de Regulación Terciaria finaliza 60 minutos antes de que comience el correspondiente período de programación, aunque se pueden dar casos en los que el Operador del Sistema prolongue este intervalo hasta, máximo, 25 minutos antes del comienzo del siguiente horizonte de programación.

Las ofertas de las unidades de programación proveedoras del servicio son actualizadas, dentro del día de operación, siempre que la reserva se modifique por alguna de estas causas:

- Disponibilidad de la unidad de producción o de consumo de bombeo.
- Aportación a banda de Regulación Secundaria.
- Utilización de la capacidad en el Mercado Intradía o en el de Gestión de Desvíos.
- Otras causas justificadas.

#### **4.1.2.6 Algoritmo de asignación de las ofertas de Regulación Terciaria.**

El proceso de asignación tiene las siguientes características:

- El algoritmo admite asignaciones de duración inferior al período de programación en cuestión. El horizonte de asignación puede ser o bien hasta donde estipule el operador o si no hasta el final del período de programación.
- Debido a que es un mercado marginalista, el precio de la asignación es el precio de la última oferta asignada en el proceso. Dicho precio es el más alto, en caso de que se asigne a subir, y el más bajo en caso de que se asigne a bajar.
- No se admiten bloques indivisibles en el proceso.
- La asignación de una oferta de Regulación Terciaria mantenida durante un tiempo determinado, equivale a un redespacho de energía del programa de dicha unidad. Se determina la energía de Regulación Terciaria como la resultante de considerar una rampa de variación de potencia de 15 minutos, desde el instante inicial de la asignación, hasta que, pasados esos minutos, se alcance y se mantenga el valor final de potencia hasta el instante final de asignación.

##### **4.1.2.6.1 Procedimiento de asignación.**

- Se parte de las escaleras de ofertas ya cribadas. Dichas escaleras son ordenadas de manera distinta si son ofertas a subir o a bajar. Las ofertas a subir se ordenan de forma ascendente por precios. Las ofertas a bajar se ordenan de forma descendente por precios.
- Si previamente a una asignación, se ha realizado una asignación de reserva de Regulación Terciaria en sentido opuesto, tienen preferencia los bloques asignados anteriormente. Se

desasigna pues, lo ya asignado, y si no es suficiente, se empieza a asignar a partir de las ofertas de la escalera.

- En caso de que existan bloques con el mismo precio de oferta, tienen prioridad, en primer lugar, las instalaciones que utilicen fuentes de energía renovables, en segundo lugar, las instalaciones de cogeneración de alta eficiencia y después el resto de ofertas según su orden de llegada.
- Cuando la asignación llega a su fin, se produce el correspondiente redespacho de energía de Regulación Terciaria.
- El precio de la energía del correspondiente redespacho es el precio marginal de la asignación de Regulación Terciaria.
- Si se realiza más de un proceso de asignación en un mismo período de programación, el precio marginal de la energía en dicho período es:

A subir.

El máximo alcanzado en el conjunto de asignaciones a subir.

A bajar.

El mínimo alcanzado en el conjunto de asignaciones a bajar.

Se puede además dar el caso de que no haya precio en un sentido pues no se hayan casado ofertas de esa escalera.

#### **4.1.2.7 Solución de anomalías y reclamaciones relativas al proceso de asignación.**

Una vez publicado el resultado del proceso, los sujetos de mercado pueden presentar reclamaciones de acuerdo con lo establecido en el procedimiento de operación por el que se establece la programación de la generación

El Operador del Sistema gestiona con la mayor brevedad posible las reclamaciones y anomalías identificadas y, si es necesario, efectúa una nueva asignación.

#### **4.1.2.8 Liquidación del servicio.**

##### 4.1.2.8.1 Liquidación del servicio.

La energía de Regulación Terciaria utilizada es valorada al precio marginal del periodo de programación correspondiente. Este precio, como ya se ha especificado en el apartado 4.1.2.6, es diferente para la energía a subir y a bajar.

Si por la aparición de una restricción técnica en tiempo real, es necesario para su resolución asignar ofertas de Regulación Terciaria, el precio de estas no influye en el precio marginal del mercado de Regulación Terciaria

En caso de incumplimientos en la presentación de ofertas de reserva de Regulación Terciaria, el O.S. informará a la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Se revisan las

asignaciones de gestión de desvíos y de Regulación Terciaria por zona de regulación o para cada conjunto de unidades de programación de un mismo sujeto de mercado.

El cálculo de los derechos de cobro y de las obligaciones de pago están establecidos en el procedimiento de operación por el que se establecen los derechos de cobro y de las obligaciones de pago.

#### 4.1.2.8.2 Distribución de los costes derivados de la provisión del servicio.

La liquidación de los costes derivados de la modificación del programa de energía de unidades de programación por la asignación de ofertas de Regulación Terciaria, será repercutido de acuerdo con los criterios especificados en el procedimiento de operación por el que se establecen los derechos de cobro y obligaciones de pago.

#### **4.1.2.9 Control del cumplimiento del servicio asignado.**

El Operador del Sistema comprueba mediante telemetría de potencia activa, que se cumplan los requisitos de Regulación Terciaria. De esta forma se verifican la idoneidad de la respuesta tanto en términos de variación de potencia, como del cumplimiento del tiempo máximo (15 minutos) en los que dicha variación debe tener lugar.

#### **4.1.2.10 Control del cumplimiento del servicio asignado.**

Por razones de urgencia ante situaciones en las que no sea posible asignar ofertas de Regulación Terciaria, el Operador del Sistema puede tomar las decisiones que considere más oportunas para la utilización de la reserva de Regulación Terciaria. El conjunto de decisiones tomadas, deben ser justificadas ante la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia y ante los sujetos de mercado afectados.

Las asignaciones de energía efectuadas mediante el mecanismo excepcional de asignación son valoradas:

- A Subir  
Se mayoran con un coeficiente de 1,15 sobre el precio marginal del mercado de Regulación Terciaria a subir de dicho período horario, o si no ha habido mercado, sobre el precio marginal horario del mercado diario.
- A Bajar  
Se mayoran con un coeficiente de 0,85 sobre el precio marginal del mercado de Regulación Terciaria a bajar de dicho período horario, o si no ha habido mercado, sobre el precio marginal horario del mercado diario.

### **4.1.3 Unidades habilitadas y pruebas para la participación en el servicio de Regulación Terciaria.**

#### **4.1.3.1 Habilitación de unidades de producción para la participación en el servicio.**

A continuación, se detallan las condiciones de habilitación de unidades para la participación en el servicio, pero previamente se van a definir para aclarar posteriores apartados, cuales son las instalaciones de producción de energías renovables, cogeneración y residuos, consideradas de tecnología térmica:

- Unidades clasificadas dentro del grupo a de del artículo 2 del Real Decreto 413/2014 de 6 de junio. Este grupo engloba de manera general a instalaciones que utilicen cogeneración u otras formas de producción de electricidad a partir de energías residuales.
- Unidades clasificadas dentro de los subgrupos b.6, b.7, b.8 y algunas del b.3, del grupo b del artículo 2 del Real Decreto 413/2014 de 6 de junio. Los subgrupos 6, 7 y 8 engloban centrales de cogeneración que utilizan combustibles como el biogás procedente de vertederos controlados o los biocombustibles procedentes de cultivos energéticos. En el subgrupo 3 son incluidas en la definición las instalaciones geotérmicas, hidrotérmicas y aerotérmicas.
- Unidades clasificadas dentro del grupo c de del artículo 2 del Real Decreto 413/2014 de 6 de junio. Este grupo engloba instalaciones que utilicen como energía primaria residuos con valorización energética no contemplados en la categoría b), instalaciones que utilicen combustibles de los grupos b.6, b.7 y b.8 cuando no cumplan con los límites de consumo establecidos para los citados subgrupos e instalaciones que utilicen licores negros.

##### 4.1.3.1.1 Condiciones para la agregación de unidades.

Las unidades que soliciten realizar las pruebas de habilitación de manera conjunta, deben cumplir las siguientes condiciones:

- Todas las unidades físicas de la agregación deben estar incluidas dentro del mismo grupo del artículo 2 del Real Decreto 413/2014 de 6 de junio. Si las unidades del conjunto son de tecnología térmica, y tienen individualmente una potencia inferior a 1 MW, pueden formar una agregación si todas ellas, además de estar en el mismo grupo del citado artículo, agregan más de 1 MW.
- La agregación de unidades físicas debe pertenecer al mismo centro de control y a una misma unidad de programación.

##### 4.1.3.1.2 Condiciones para la realización de las pruebas.

Para realizar las pruebas se deben cumplir los siguientes requisitos:

- La tecnología debe ser considerada apta. Según los establecido en la Resolución de 18 de diciembre de 2015 de la Secretaría de estado de la Energía, se considerarán aptas para participar en cada servicio de ajuste del sistema aquellas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos que superen con éxito el correspondiente procedimiento de pruebas.
- La unidad o conjunto de unidades físicas pueden realizar y superar las pruebas, aunque su potencia sea inferior a 10 MW. Sin embargo, para la prestación del servicio tienen que ofertar, como está establecido, ofertas nos inferiores a 10 MW.

- La suma de la potencia instalada del conjunto de unidades físicas, no puede superar los 1000 MW.
- Toda la información estructural y en tiempo real recogida en el Procedimiento de Operación por el que se establecen los intercambios de información con el Operador del Sistema (P.O. 9), debe ser suministrada al Operador del Sistema.

#### **4.1.3.2 Pruebas de habilitación para la participación en el servicio de Regulación Terciaria.**

Estas pruebas de habilitación se realizan sobre la base de los programas de entrega de energía que habrán sido previamente establecidos mediante la participación en los diferentes mercados y/o a través de contratos bilaterales.

El conjunto de pruebas que se realizan para la habilitación del servicio de Regulación Terciaria es un único conjunto que también sirve para habilitar el servicio de Gestión de Desvíos. Estas pruebas se gestionan mediante la participación en los distintos mercados y/o a través de contratos bilaterales. Si no es posible mediante estos mecanismos, se gestionan como desvío respecto al programa.

Con estas pruebas se persigue:

- Determinar los valores máximos de oferta disponibles para estos servicios.
- Capacidad de variación de las entregas de energía de las unidades.

Todo ello es evaluado por el Operador de Sistema mediante un sistema de telemidas en tiempo real.

##### 4.1.3.2.1 Prueba de rampas de respuesta frente a incremento y reducción de potencia, y verificación de las potencias máximas y mínimas disponibles.

Se programan de la forma ya establecida en el apartado anterior el programa de generación con un perfil como el que se refleja en la figura 3. Los valores extremos del perfil de generación deben ser iguales o inferiores a la máxima potencia, que en función de la tecnología puede ser o bien en función de la energía primaria disponible, o bien los de potencia instalada, e iguales o mayores, en el caso de la tecnología térmica, al mínimo técnico. La comunicación de todos los datos de dicho programa es llevada a cabo por el centro de control a que se adscribe la unidad.

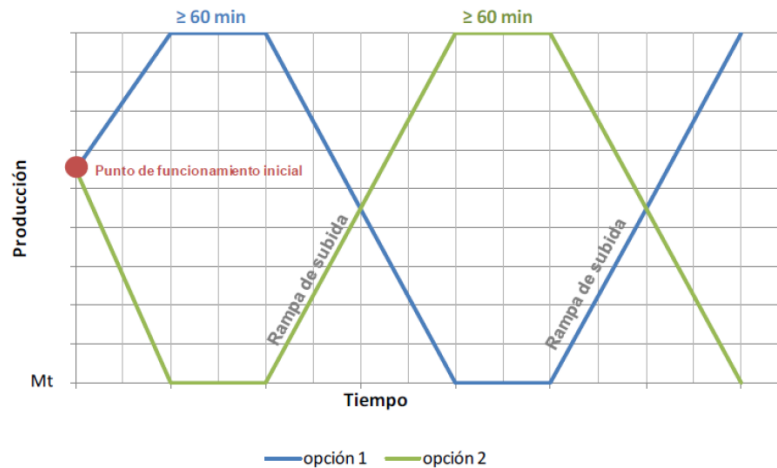


Figura 3: Perfiles de generación para las pruebas de habilitación para la participación en la Regulación Terciaria

Como se observa en la figura 3, existen dos posibles perfiles de generación para realizar las pruebas y en este caso, se va a hacer una breve descripción del primero de ellos.

Partiéndose del punto de funcionamiento, que debe ser inferior a la potencia máxima, se incrementa la potencia tan rápido como sea posible hasta la potencia máxima, y se mantiene al menos 15 o 60 minutos, en función de la tecnología, en ese régimen de generación. Posteriormente se baja la potencia tan rápido como sea posible hasta el valor del mínimo técnico o hasta cero. En caso de que sea térmica, se mantiene el mínimo técnico al menos 60 minutos, si no, al menos 15 minutos. Por último, se vuelve a incrementar la potencia hasta llegar al máximo y en ese momento se da por finalizada la prueba.

De la prueba se incorporan a la base de datos del O.S., los valores mínimos de variación de potencia de 15 minutos en las rampas de bajada y de subida, los valores mínimos de variación de potencia de 30 minutos en las rampas de bajada y de subida y todo el rango de potencias comprendidas entre el mínimo y el máximo.

#### 4.1.3.2.2 Prueba para la determinación del tiempo de arranque en caliente y de los tiempos de subida de carga hasta el mínimo técnico y hasta potencia máxima.

Para la realización de esta prueba, que debe ser realizada por todas las unidades, deben tener estas un programa nulo de al menos 2 horas de duración. Este programa debe ser comunicado por el centro de control de la zona a la que este adscrita, así como los tiempos de subida de carga hasta el mínimo teórico y hasta la potencia máxima.

Dentro de este período de 2 o más horas con programa nulo y antes de que la unidad haya permanecido desacoplada más de 5 horas, el Operador del Sistema, sin previo aviso, solicita el acoplamiento de la unidad. Durante el proceso de acoplamiento, el Operador del Sistema verifica estos tres tiempos (tiempo de arranque en caliente, tiempo de subida de carga hasta el mínimo técnico, y tiempo de subida de carga hasta la potencia máxima) con las telemidas recibidas del centro de control.

#### 4.1.3.2.3 Prueba para la determinación del tiempo de arranque en frío y de los tiempos de subida de carga hasta el mínimo técnico y hasta potencia máxima.

Para la realización de esta prueba, que debe ser realizada por todas las unidades, deben tener estas un programa nulo de al menos 8 horas de duración. Este programa debe ser comunicado por el centro de control de la zona a la que este adscrita, así como los tiempos de subida de carga hasta el mínimo teórico y hasta la potencia máxima.

Dentro de este período de 8 o más horas con programa nulo y una vez que la unidad haya permanecido desacoplada más de 5 horas, el Operador del Sistema, sin previo aviso, solicita el acoplamiento de la unidad. Durante el proceso de acoplamiento, el Operador del Sistema verifica estos tres tiempos (tiempo de arranque en frío, tiempo de subida de carga hasta el mínimo técnico, y tiempo de subida de carga hasta la potencia máxima) con las telemidas recibidas del centro de control.

#### 4.1.3.2.4 Prueba para el seguimiento de las instrucciones del Operador del Sistema.

Esta prueba se realiza una vez finalizadas:

- Prueba de rampas de respuesta frente a incremento y reducción de potencia, y verificación de las potencias máximas y mínimas disponibles.
- Prueba para la determinación del tiempo de arranque en caliente y de los tiempos de subida de carga hasta el mínimo técnico y hasta potencia máxima.
- Prueba para la determinación del tiempo de arranque en frío y de los tiempos de subida de carga hasta el mínimo técnico y hasta potencia máxima.

La ventana para la realización de estas pruebas es de 72 horas y durante este intervalo las unidades deben tener un programa no nulo. Si son de tecnología térmica, el valor debe ser superior al mínimo técnico durante al menos el 25% de las horas. En el caso de las instalaciones renovables clasificadas dentro de los grupos b.1, b.2, b.3, b.4 o b.5 del artículo 2 del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, la energía programada para la unidad física, para el periodo de 72 horas destinado a la realización de las pruebas de seguimiento, no puede ser inferior al 10 % del valor de su entrega máxima teórica de energía.

A continuación, se detallan los diferentes tipos de comprobaciones que se llevan a cabo:

- El Operador del Sistema, dentro de la ventana de 72 horas y sin previo aviso, solicita telefónicamente a través del centro de control una modificación en la potencia generada que afecta al período horario inmediato.
- El valor del nuevo punto de funcionamiento solicitado por el O.S. es el equivalente a sumar o restar al programa total de la unidad física el valor de su capacidad de variación de potencia en el intervalo de tiempo de 15 minutos, en rampa de subida o de bajada sin llegar a superar, en ningún caso, el valor de potencia máxima de dicha unidad física, a la vez que se respeta el valor de mínimo técnico de dicha unidad física.
- La unidad física, o el conjunto de unidades físicas, deben cumplir la instrucción emitida por el O.S. en no más de 15 minutos, y deben mantener el nuevo punto de funcionamiento, al menos, hasta la finalización del periodo horario en cuestión.
- Se considera que la instrucción emitida ha sido cumplida si la entrega de energía solicitada por el O.S. es aportada por la unidad en 15 minutos con un error inferior al  $\pm 10\%$ .
- Una vez se esté cumpliendo lo establecido por el O.S., este puede emitir una orden de cancelación del proceso y la unidad, o unidades, deben volver al programa original en no menos de 15 minutos. Si esta cancelación no es emitida, la unidad, o unidades, vuelven al programa inicial una vez finalizado el período horario en cuestión.

- Posteriormente, y dentro de la ventana horaria, el O.S. emite una orden análoga a la anterior, pero en sentido opuesto y se repite todo el proceso.

Dentro de la misma ventana de 72 horas se lleva a cabo también un proceso análogo a este, pero con algunas variaciones en tiempos y condiciones en las unidades físicas y destinado al servicio de Gestión de Desvíos que, por no ser objeto fundamental del presente proyecto, no se detalla.

4.1.3.2.5 Pruebas de evaluación de respuesta requeridas en el caso de modificación de las variables de control o condiciones de la provisión de los servicios.

Cualquier modificación en las variables de control o condiciones de provisión de los servicios debe ser comunicada con la mayor brevedad posible al Operador del Sistema.

No será necesario repetir las pruebas de evaluación en los casos en los que

- Se incluya una unidad física que haya pasado las pruebas de forma individual en una unidad de programación.
- Se incluyan unidades que hayan pasado las pruebas de habilitación de manera conjunta, de una unidad de programación.
- Se forme una nueva unidad de programación a partir de unidades ya habilitadas de manera conjunta.
- Se elimine una unidad física de la unidad de programación que haya superado las pruebas de manera individual.
- Se eliminen unidades físicas de que hayan superado de forma conjunta las pruebas de habilitación, de una unidad de programación.

Cualquier variación no incluida en las anteriormente citadas, implica rehacer las pruebas de habilitación.



## **5 SIMULADOR DEL MERCADO DE REGULACIÓN Terciaria.**

## **5.1 DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR**

El objetivo del presente proyecto, como ya se define en el correspondiente apartado, es el de desarrollar un simulador del mercado de Regulación Terciaria. El software utilizado es MATLAB en su versión 2015, y la lectura y escritura de ficheros se realiza con EXCEL 2016.

A continuación, se va a proceder a detallar las diferentes características del simulador con objeto de justificar la validez del mismo. En primer lugar y haciendo uso de un diagrama de flujo del simulador, se estructura el contenido del código. Posteriormente, y siguiendo el sentido diagrama de flujo, se citan las diferentes características del mercado recogidas en el Procedimiento de Operación 7.3 y se demuestra su cumplimiento con resultados obtenidos con el simulador.

### **5.1.1 Información.**

#### **5.1.1.1 Fichero de entrada de datos de REE I90.**

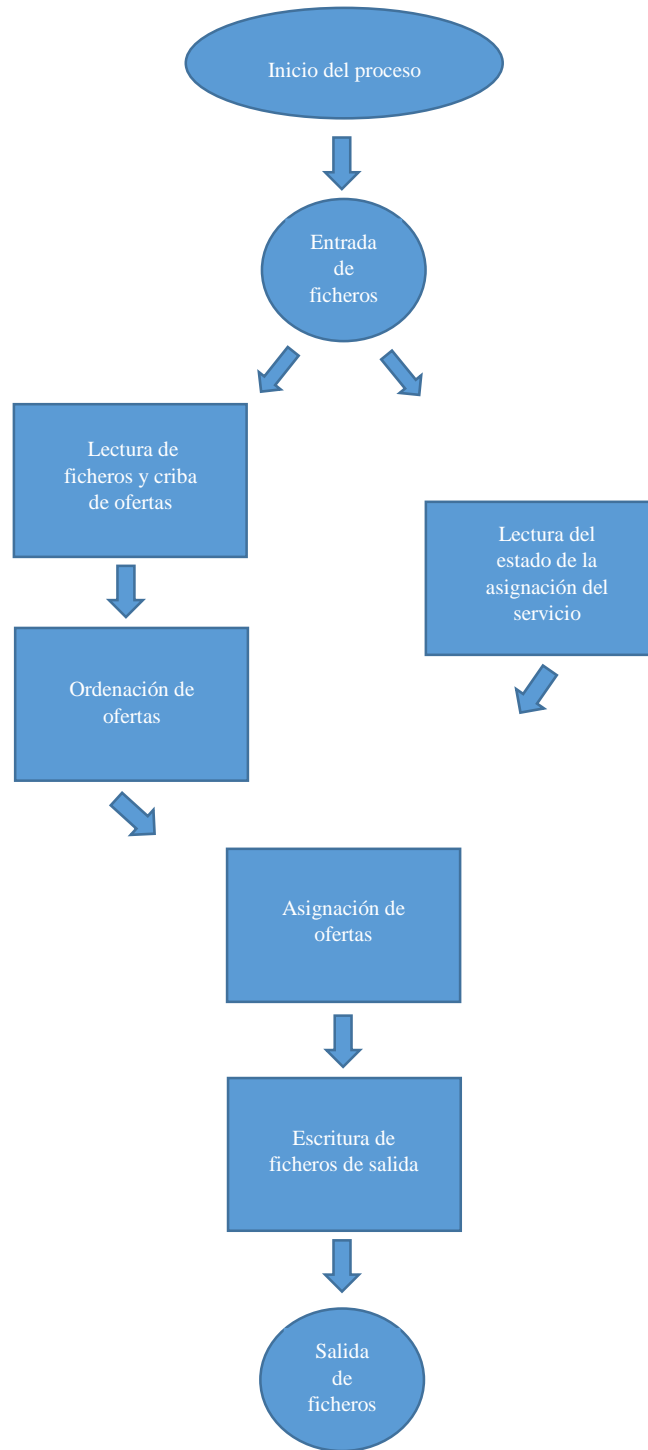
La información a partir de la cual se generan la mayor parte de las entradas del simulador, ha sido obtenida del documento en Excel I90 día del día 2 de diciembre de 2015. Este documento es publicado por el Operador de Sistema 90 días después del día en cuestión y está disponible en la web [www.esios.ree.es](http://www.esios.ree.es). Recoge un resumen de las ofertas presentadas y los resultados casados en los mercados diarios e intradiarios de los diferentes servicios.

- La casación del mercado Terciario está en la hoja 7 del documento.
- Las ofertas de Regulación Terciaria están en la hoja 15 del documento.

### **5.1.2 Diagrama de flujo.**

A continuación, se presenta un diagrama de flujo donde se esquematiza cómo funciona el mercado y el simulador realizado.

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria



**Figura 4: Diagrama de flujo del simulador.**

### 5.1.3 Inicio del proceso.

El proceso de asignación de ofertas de Regulación Terciaria se activa cuando el O.S. tras monitorizar la Regulación Secundaria, establece que se ha perdido reserva Secundaria y por tanto que se debe reponer esta, haciendo uso del servicio Terciario.

Por lo tanto, el proceso se activa cuando el O.S. establezca un requerimiento de potencia Terciaria a asignar. Este requerimiento se traduce en el simulador en el fichero de entrada terciario.xlsx.

Tras establecerse este requerimiento, que puede ser a subir o a bajar, e iniciarse el simulador, se tiene en cuenta el período (hora) de inicio del mismo ya que este dato es fundamental para monitorizar el servicio además de para acceder a las ofertas que haya disponible en ese período.

### 5.1.4 Entrada de ficheros.

Los ficheros de entrada del simulador son:

#### 5.1.4.1 Ofertas.xlsx

El fichero Ofertas es un fichero donde se recogen el conjunto de ofertas de las unidades de producción que participan en el servicio. Estos ficheros de ofertas, como ya se especifica en el apartado 4.1.2.3, pueden ser actualizados durante el propio período actuación del servicio, por lo que cada vez que se activa el mercado para la asignación, se vuelven a leer todas ofertas.

Las diferentes filas del fichero recogen toda la información necesaria sobre lo ofertado:

- El sentido del segmento de potencia ofertado.  
A diferencia del servicio de Regulación Secundaria, en este caso no son bloques con segmentos a subir y a bajar sino ofertas independientes según su sentido.
- La unidad de producción.
- Número del bloque.
- Tipo de oferta.  
Código numérico establecido por el Operador del Sistema para caracterizar a las ofertas de potencia según la tecnología de generación.
- Potencia del bloque para cada hora (MW).
- Precio de la oferta en esa hora (€/MWh).

A continuación, aparece un ejemplo de parte de una fila del fichero:

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh
Subir	ACE4	Blq.52	1	1,4	65,00
Subir	ACE4	Blq.53	1	1,4	66,05

Tabla 3: Entrada de ficheros: Ejemplo de fila del fichero Ofertas.xlsx .

#### 5.1.4.2 Límite de precios.xlsx

El fichero límite de precios recoge la limitación de precios horaria:

- Pmax.  
Limitación de precio máximo de las ofertas a subir.
- Pmin.  
Limitación de precio mínimo de las ofertas a subir.
- Pmincomp.  
Limitación de precio de recompra mínimo de las ofertas a bajar.

En el ejemplo que aparece a continuación, entre las 00:00 y las 1:00 horas, se pueden presentar ofertas con un precio máximo a subir de 100 €/MW, un precio mínimo a subir de 0 €/MW, y un precio mínimo de recompra a bajar de 10 €/MW.

	00-01
Pmax	100
Pmín	0
Pmincomp	10

Tabla 4: Entrada de ficheros:Ejemplo del fichero límite de precios.xlsx.

#### 5.1.4.3 Terciario.xlsx

En este fichero se recoge el requerimiento de potencia de Regulación Terciaria a asignar.

A partir de este requerimiento, se lanza el proceso de asignación. Este dato equivale a la necesidad de potencia en tiempo real (15 minutos a partir de la asignación) que se requiere del servicio y es un dato particular de cada uno de los procesos de asignación que puedan darse en el día. La potencia requerida puede ser a subir, positiva, o a bajar, negativa.

Sentido	Potencia
Subir	250

Tabla 5:Entrada de ficheros:Ejemplo del fichero Terciario.xlsx.

#### 5.1.4.4 estado\_asignacion\_terciaria.xlsx

Es a la vez un fichero de entrada y de salida y se recoge cual es la situación de la asignación de potencia del servicio. Es una información fundamental ya que, el proceso de asignación está totalmente condicionado por dicho estado.

Los datos que se recogen en el fichero son por columnas de izquierda a derecha:

- Sentido de la asignación de los bloques.  
Solo puede ser un sentido ya que el servicio de energía Regulación Terciaria es fruto del proceso de asignación de potencia y, por tanto, esto es en un solo sentido.
- Código de las unidades asignadas.
- Bloque de las unidades.

- Tipo de Oferta  
Correspondiente a la tecnología de generación de la oferta.
- Cantidad de potencia ofertada en el bloque.
- Precio de la oferta del bloque.
- Cantidad restante del bloque no asignada.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Subir	ABO2	Blq. 1	1	5	40,23	0
Subir	PVENT2	Blq. 6	1	11,8	49,6	0
Subir	ECT3	Blq. 1	1	35	54	0
Subir	ESCCC1	Blq. 1	1	0,3	60	0
Subir	ESCCC3	Blq. 7	1	0,7	60	0

Tabla 6:Entrada de ficheros:Ejemplo del fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx.

#### 5.1.4.5 SALIDA.xlsx

El fichero SALIDA, es un fichero con encabezado tipo pero sin más información inicial que se carga de inicio en el simulador para escribir posteriormente el resultado de la casación en él.

### 5.1.5 Lectura de los ficheros y criba de las ofertas.

Las condiciones de criba de ofertas de Regulación Terciaria, están ya especificadas en el apartado 4.1.2.4, En este apartado se ejemplifica un proceso de criba completo y se detalla cual, de estos pasos, lleva a cabo el simulador.

#### 5.1.5.1 Lectura del último fichero de ofertas.

Citando el P.O. 7.3:

*“Sólo se admitirá una oferta por unidad de programación para la venta de energía correspondiente a unidades de generación o por unidad de programación para la adquisición de energía para consumo de bombeo para cada fecha de convocatoria. De esta forma, si para una misma fecha de convocatoria se envía más de una vez información para una misma unidad de programación, la última información sustituirá a la anterior.”*

Además, los proveedores tienen la obligación de actualizar las ofertas como se recoge en el apartado 4.1.2.3. Es por ello que el simulador, lee el fichero de ofertas siempre que se inicia el simulador y no una sola vez y lo almacena.

#### 5.1.5.2 Criba de precios.

Según cita el P.O. 7.3:

*“Cada uno de los bloques de una oferta de regulación terciaria a subir, deberá de respetar los precios máximos que, en su caso, puedan ser establecidos en la normativa de aplicación.”*

A continuación, se ejemplifica como lleva a cabo el proceso el simulador:

Se parte de un cell array Ofertas, donde son almacenadas las ofertas leídas, del cell array de límite de precios donde están almacenados los límites de precios y de la hora en la que se inicia la simulación.

hora\_oferta

'19-20'

Límite de precios

	Total	19-20
Pmax		78
Pmín		0
Pmincomp		10

**Tabla 7:**Lectura de ficheros y criba de las ofertas:Ejemplo del fichero Limite de precios.xlsx en el ejemplo de criba de precios.

Ofertas

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	19-20	
				MWh	€/MWh
Subir	ACE4	Blq.52	1	1,4	77,10
Subir	ACE4	Blq.53	1	1,4	77,47
Subir	ACE4	Blq.54	1	1,4	77,84
Subir	ACE4	Blq.55	1	1,4	78,21
Subir	ACE4	Blq.56	1	1,4	78,58

**Tabla 8:**Lectura de ficheros y criba de las ofertas:Ejemplo del fichero Ofertas.xlsx en el ejemplo de criba de precios.

A partir de estos cell array, se articula el proceso de criba, fruto del cual son rechazadas las ofertas que no cumplan los límites de precios establecidos. Como resultado de este proceso, se genera un fichero de salida, el fichero informe\_de\_validación\_de\_precios.xlsx, del cual se recoge un ejemplo a continuación:

informe\_de\_validación\_de\_precios.xlsx

				19-20
Subir	ACE4	Blq.52	1	in
Subir	ACE4	Blq.53	1	in
Subir	ACE4	Blq.54	1	in
Subir	ACE4	Blq.55	1	out
Subir	ACE4	Blq.56	1	out

**Tabla 9:**Lectura de ficheros y criba de las ofertas:Ejemplo del fichero informe\_de\_validacion\_de\_precios.xlsx en el ejemplo de criba de precios.

Se comprueba que las ofertas a subir con un precio superior a 78 €/MWh son rechazadas mientras que las menores a dicho precio son aceptadas. Queda por tanto validado el proceso de criba de ofertas por precios.

### 5.1.5.3 Otros procesos de criba.

En el Procedimiento de Operación 7.3, hay recogidas otra serie de condiciones de criba que el simulador desarrollado no lleva a cabo. A continuación, se detalla el porqué:

#### 5.1.5.3.1 Condiciones de criba en el proceso de validación de las ofertas.

- Ofertas presentadas para el horizonte temporal del servicio.  
Se parte de la premisa de que las ofertas presentadas cumplen con esta condición, es decir corresponden al período de programación en cuestión.
- Actualización de ofertas posteriormente a asignaciones.  
El simulador no comprueba que no se hayan realizados modificaciones en el fichero de oferta sobre bloques de oferta que hayan sido asignados en procesos anteriores, es decir, se parte de la premisa de que los proveedores cumplen con lo establecido en el apartado 4.1.2.4.1 en lo referente a esta condición.

#### 5.1.5.3.2 Condiciones de criba en el proceso de comprobación previo a la asignación de ofertas.

- Límites de seguridad y disponibilidad.  
Se parte de la premisa de que las unidades que ofertan el servicio están disponibles y su puesta en funcionamiento para el servicio no supone un problema de seguridad ni para la unidad ni para el sistema.
- Coherencia entre las ofertas y los programas de generación.  
Se presupone que las unidades no ofertan una energía a bajar mayor de su programa de generación, y que las unidades de programación para la adquisición de energía para bombeo no ofertan energía a subir mayor que su programa de bombeo.

## 5.1.6 Tratamiento y Ordenación de las ofertas.

### 5.1.6.1 Tratamiento de las ofertas cribadas.

Una vez cribadas las ofertas, se crean los correspondientes cell arrays en Matlab con los diferentes grupos de ofertas clasificados por horas y por sentido.

El número de cell arrays que se crean depende de la hora de la asignación en cuestión, es decir, como se crean dos cell arrays por hora, uno a subir y otro a bajar, el número máximo que se puede llegar a crear es de 48 si la asignación se produce a la primera hora. Si por ejemplo la asignación correspondiese a la última hora del servicio del día D, solo se crean dos cell arrays.

Los cell arrays creados tienen el nombre de Subida\_hora\_i y Bajada\_hora\_i, y a partir de ellos y de la información que almacenan, se realiza toda la asignación. A continuación, se recoge un ejemplo de estas variables:

Se simula una asignación con los siguientes requerimientos:

Terciario

Sentido	Potencia
Subir	250

Tabla 10: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del fichero Terciario.xlsx en el ejemplo de tratamiento de las ofertas cribadas.

El resultado de la asignación realizada en la hora 12-13, se anticipa en los cell arrays:



Subida\_hora\_13

'Subir'	'ABO2'	'Blq. 1'	1	5	40,23	0
'Subir'	'PVENT2'	'Blq. 6'	1	11,8	49,6	0
'Subir'	'ECT3'	'Blq. 1'	1	35	54	0
'Subir'	'ESCCC1'	'Blq. 1'	1	0,3	60	0
'Subir'	'ESCCC3'	'Blq. 7'	1	0,7	60	0
'Subir'	'TARRAG'	'Blq. 1'	1	10	60	0

Tabla 11: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del cell array Subida\_hora\_13 en el ejemplo de tratamiento de las ofertas cribadas.

Bajada\_hora\_13

'Bajar'	'UFMI'	'Blq.15'	1	-12	70	-12
'Bajar'	'MUEL'	'Blq. 5'	1	-77	66,5	-77
'Bajar'	'UFGC'	'Blq.26'	1	-30	64	-30
'Bajar'	'CTN3'	'Blq. 4'	1	-6,5	63,84	-6,5
'Bajar'	'DUER'	'Blq.11'	1	-100	62	-100
'Bajar'	'SIL'	'Blq. 9'	1	-39	60	-39

Tabla 12: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del cell array Bajada\_hora\_13 en el ejemplo de tratamiento de las ofertas cribadas.

Estos cell arrays recogen la información fundamental para la asignación:

- En la columna número 5:  
Aparecen las cantidades de potencia ofertadas, que son positivas en el caso a subir, y negativas en el caso a bajar.
- En la columna número 6:  
Aparecen los precios de las ofertas, cuyo orden se detalla en el apartado 5.1.6.2.
- En la columna número 7:  
Aparece la cantidad del bloque no asignada. Como en este caso es una asignación de potencia a subir, se puede observar como los bloques a subir no tienen potencia disponible por asignar, mientras que en los bloques a bajar no ha habido asignación alguna.

**5.1.6.2 Ordenación de las ofertas de potencia según su precio.**

Citando el P.O. 7.3:

*“El criterio de ordenación depende del tipo de oferta. Así, los bloques que ofertan reserva de regulación terciaria a subir se ordenan de menor a mayor precio y los que ofertan reserva de regulación terciaria a bajar se ordenan de mayor a menor precio de oferta.”*

Por lo que existe un criterio diferente de orden de las ofertas según su precio en función de si son ofertas a subir o a bajar.

**5.1.6.2.1 Escaleras de ofertas a subir.**

El criterio de orden de las escaleras de ofertas a subir es en función de los precios de las mismas de menor a mayor.

Una vez ya cribadas las ofertas y contruidos los cell arrays Subida\_hora\_i, se ordenan según el criterio de precios expuesto, y obteniéndose como resultado un cell array como el del ejemplo:

Subida\_hora\_14

'Subir'	'ABO2'	'Blq. 1'	1	5	40,23	5
'Subir'	'PVENT2'	'Blq. 6'	1	13,2	49,6	13,2
'Subir'	'ECT3'	'Blq. 1'	1	25,4	54	25,4
'Subir'	'ESCCC1'	'Blq. 1'	1	8,6	60	8,6
'Subir'	'ESCCC3'	'Blq. 7'	1	7	60	7
'Subir'	'TARRAG'	'Blq. 1'	1	20	60	20

Tabla 13: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del cell array Subida\_hora\_14 en el ejemplo ordenación de las ofertas según su precio.

5.1.6.2.2 Escaleras de ofertas a subir.

El criterio de orden de las escaleras de ofertas a bajar es en función de los precios de las mismas de mayor a menor, es decir, en orden descendente de precios. Esto es ya que citando el P.O. 7.3:

*“El precio de oferta por la asignación de reserva de regulación terciaria a bajar tiene carácter de precio de recompra de la energía no producida equivalente.”*

Es decir, los proveedores del servicio, están recomprando su energía es por ello que tienen prioridad los que más están dispuestos a pagar por ella, y por lo tanto el orden de precios es de mayor a menor. Esto puede observarse en el siguiente ejemplo:

Bajada\_hora\_14

'Bajar'	'UFMI'	'Blq.15'	1	-12	68,06	-12
'Bajar'	'MUEL'	'Blq. 5'	1	-77	64,57	-77
'Bajar'	'DUER'	'Blq.11'	1	-100	60,07	-100
'Bajar'	'SIL'	'Blq. 9'	1	-60	58,07	-60
'Bajar'	'TAPOWER'	'Blq. 2'	1	-72	56,98	-72
'Bajar'	'CTN4'	'Blq. 4'	1	-110	55,4	-110

Tabla 14: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del cell array Bajada\_hora\_14 en el ejemplo ordenación de las ofertas según su precio.

5.1.6.3 Ordenación de las ofertas de potencia según la tecnología de generación.

Citando el P.O. 7.3:

*“Cuando existen varios bloques de oferta con el mismo precio, éstos se ordenan en primer lugar dando prioridad a la no reducción de la producción (caso de asignación de ofertas a bajar) o al aumento de la producción (caso de asignación de ofertas a subir) de las instalaciones que utilicen fuentes de energía renovable y, tras ellas, a las instalaciones de cogeneración de alta eficiencia, y después por orden de llegada de los ficheros de oferta.”*

Como se especifica en el P.O. 7.3, a la ordenación por criterio de precios, se le suma otra condición por tecnología de generación. Las tecnologías renovables que así estén catalogadas por el Operador del Sistema, tienen preferencia sobre las demás tecnologías y esto conlleva que las listas de ofertas tanto a subir como a bajar sean ordenadas cumpliendo con esta peculiaridad.

Las ofertas de Regulación Terciaria, recogen información sobre la tecnología de generación que las produce. Esta información, como se detalla en el apartado 5.1.4.1, es la que aparecen en la columna *Tipo de Oferta* en el archivo Ofertas.xlsx, y en la columna 4 de los cell arrays Subida\_hora\_i y Bajada\_hora\_i. Tradicionalmente en el servicio aparecen ofertas con la siguiente clasificación ya ordenada por orden de prioridad, por tipo de oferta:

Los tipos de ofertas 3 y 10 tienen igual prioridad.

- 3 = Consumo Bombeo.  
Unidades de consumo de bombeo y grupos reversibles en situación de bombeo.
- 10 = Generación (apartado 1d Anexo II PO 3.1).  
Unidades de generación pertenecientes a instalaciones o agrupaciones de instalaciones renovables salvo UGHs de potencia neta superior a 1 MW.

Los tipos de ofertas 2 y 16 tienen igual prioridad.

- 2 = Generación (apartado 1e Anexo II PO 3.1).  
Unidades de generación pertenecientes a instalaciones renovables (salvo UGHs), de cogeneración y de residuos de potencia neta menor o igual a 1 MW
- 16 = Generación (apartado 1d Anexo II PO 3.1).  
Unidades de generación pertenecientes a instalaciones o agrupaciones de cogeneración y de residuos, de potencia neta superior a 1 MW
- 1 = Generación.  
Tecnologías no renovables e hidráulica.

Este orden de prioridad, es interpretado de forma diferente si la escalera es a subir o a bajar:

5.1.6.3.1 Ordenación de la escalera de ofertas a subir por criterio de tecnologías de generación.  
Una vez ordenada la escalera de ofertas a subir por precio, en el caso de que se de igualdad de precios entre varias ofertas de distinto tipo, priorizando la asignación según el orden de preferencia antes descrito. En el ejemplo que se recoge a continuación se puede observar dicho caso.

Subida\_hora\_i

'Subir'	'CTGN1'	'Blq.54'	3	5,4	65,96	5,4
'Subir'	'CTGN1'	'Blq.55'	3	5,4	65,96	5,4
'Subir'	'GUIG'	'Blq. 1'	10	28	65,96	28
'Subir'	'GUIG'	'Blq. 2'	10	40,9	65,96	40,9
'Subir'	'DUER'	'Blq. 7'	2	135	65,96	135
'Subir'	'DUER'	'Blq. 8'	2	135	65,96	135
'Subir'	'COM4'	'Blq. 1'	1	6	65,96	6
'Subir'	'COM4'	'Blq. 2'	1	4	65,96	4

Tabla 15: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del cell array Subida\_hora\_i en el ejemplo ordenación de las ofertas según su tecnología de generación.

Se comprueba que las ofertas a igual precio, columna 6, son ordenadas priorizando la asignación en función del tipo de oferta.

#### 5.1.6.3.2 Ordenación de la escalera de ofertas a bajar por criterio de tecnologías de generación.

El caso de la ordenación de ofertas a bajar es el opuesto al de subir pues en este caso lo que se prioriza no es la desasignación de ofertas renovables si no la de ofertas no renovables. Es por ello que la escalera de ofertas se ordena con el orden de prioridad inverso.

Bajada\_hora\_i

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

'Bajar'	'TJEG'	'Blq. 3'	1	-52	36,22	-52
'Bajar'	'TJEG'	'Blq. 4'	1	-52	36,22	-52
'Bajar'	'VIES'	'Blq. 5'	2	-15	36,22	-15
'Bajar'	'TJEB'	'Blq. 7'	3	-105	36,22	-105
'Bajar'	'TJEB'	'Blq. 4'	3	-105	36,22	-105
'Bajar'	'UFMI'	'Blq.15'	10	-75	36,22	-75
'Bajar'	'UFTA'	'Blq.26'	10	-75	36,22	-75
'Bajar'	'UFTA'	'Blq.30'	10	-75	36,22	-75

Tabla 16: Tratamiento y ordenación de las ofertas: Ejemplo del cell array Bajada\_hora\_i en el ejemplo ordenación de las ofertas según su tecnología de generación.

### 5.1.7 Lectura del estado de asignación del servicio.

Citando el P.0. 7.3:

*“Cuando previamente a una asignación, se hubiera realizado una asignación de reserva de regulación terciaria en sentido opuesto, tienen preferencia los bloques asignados anteriormente. Es decir, para ir en dirección contraria, siempre se desasigna lo que se hubiera asignado previamente antes de asignar nuevas ofertas en sentido opuesto.”*

Por lo tanto, es fundamental conocer el estado de la asignación del servicio de Regulación Terciaria. Para ello, cada vez que se arranca el simulador, se carga un fichero llamado estado\_asignación\_terciaria.xlsx donde esta almacenada dicha información. Este fichero es a su vez un fichero de salida que se ha creado en otra puesta en funcionamiento del simulador. A continuación, se recoge un ejemplo del mismo.

estado\_asignación\_terciaria.xlsx

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Subir	ALG3	Blq. 1	1	44,5	0,01	0
Subir	PVENT2	Blq. 6	1	10,2	49,6	0
Subir	CTN4	Blq. 1	1	10	58,4	0
Subir	JUCA	Blq. 1	1	37,1	60	0
Subir	TARRAG	Blq. 1	1	60	60	0
Subir	SRI5	Blq. 1	1	30	61,07	0
Subir	SRI5	Blq. 3	1	20	63,74	0
Subir	COM4	Blq. 1	1	6	64,08	0
Subir	COM5	Blq. 1	1	6	64,1	0
Subir	CTJON1	Blq. 1	1	37	64,57	10,8

Tabla 17: Lectura del estado de asignación del servicio: Ejemplo del fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx.

En el fichero aparece toda la información referente a los bloques asignados.

### 5.1.8 Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria.

Las características de este algoritmo están recogidas en el apartado 4.1.2.6. A continuación, se van a ejemplificar diferentes aspectos del algoritmo con el objetivo de justificar el correcto funcionamiento del simulador realizado.

### 5.1.8.1 Asignación sin asignación previa.

En este caso se parte de un fichero estado\_de\_asignacion.xlsx vacío. Por lo tanto, el simulador comienza a asignar ofertas del cell array en cuestión. Este cell array es el que corresponde con el sentido de asignación de potencia requerido, y con la hora del momento en que se requiere el servicio. A continuación, se expone un ejemplo con toda la información requerida:

La hora de la asignación es las 17:01, por tanto, la variable hora\_oferta es:

'17-18'

El requerimiento de potencia, que está recogido en el cell array Terciario es:

Sentido	Potencia
Subir	100

Tabla 18: Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del cell array Terciario en el ejemplo de asignación sin asignación previa.

El resultado de la asignación aparece recogido en el fichero de salida SALIDA.xlsx, y es:

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta		17_01	
					MW/H	E MW/H
Subir	PVENT2	Blq. 6	1		6,8	49,6
Subir	ECT3	Blq. 1	1		93,2	54

Tabla 19: Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del fichero SALIDA.xlsx en el ejemplo de asignación sin asignación previa.

Se observa en el fichero SALIDA.xlsx, descrito en el apartado 5.1.9.1, que toda la oferta asignada es a subir y que además aparece junto la hora de la asignación, las 17:01, la potencia asignada y el precio.

### 5.1.8.2 Asignación partiendo de asignación previa en el mismo sentido.

Partiendo de la asignación del apartado anterior, se realiza una nueva asignación de potencia de Regulación Terciaria, en el mismo sentido que la anterior, es decir, a subir. Para ello, el simulador vuelve a cargar las ofertas, ya que estas pueden haber sido actualizadas, y conociendo el estado de asignación de los bloques (estos no han podido ser modificados porque han sido asignados), asigna la potencia.

La hora de la asignación es las 17:06, por tanto, la variable hora\_oferta es:

'17-18'

El requerimiento de potencia, que está recogido en el cell array Terciario es:

Sentido	Potencia
Subir	180

Tabla 20: Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del cell array Terciario en el ejemplo de asignación partiendo de asignación previa en el mismo sentido.

El resultado de la asignación aparece recogido en el fichero de salida SALIDA.xlsx, y es:

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	17_01		17_06	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Subir	PVENT2	Blq. 6	1	6,8	49,6	6,8	49,6
Subir	ECT3	Blq. 1	1	93,2	54	98	54
Subir	ECT3	Blq. 3	1			101,5	54
Subir	ALG3	Blq. 1	1			25	57
Subir	CTN4	Blq. 1	1			10	58,4
Subir	SRI5	Blq. 1	1			10	61,07
Subir	CTJON1	Blq. 1	1			28,7	64,57

**Tabla 21:** Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del fichero SALIDA.xlsx en el ejemplo de asignación partiendo de asignación previa en el mismo sentido.

Se observa que se ha añadido a la asignación anterior, los 180 MW/h requeridos, haciendo un total 280 MW/h.

### 5.1.8.3 Asignación partiendo de asignación previa en sentido contrario.

A partir del estado de asignación anterior, se establecen requerimientos, en sentido contrario, es de decir a bajar. En este caso se realizan dos simulaciones para demostrar, en la primera de ellas que, el simulador prioriza la desasignación de potencia en sentido contrario, y en la segunda, que cuando no hay más potencia a desasignar en sentido contrario, asigna entonces en el sentido correspondiente.

Se parte del estado de asignación del apartado anterior para realizar las simulaciones.

#### 5.1.8.3.1 1ª Simulación.

La hora de la asignación es las 17:34, por tanto, la variable hora\_oferta es:

'17-18'

El requerimiento de potencia, que está recogido en el cell array Terciario es:

Sentido	Potencia
Bajar	150

**Tabla 22:** Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del cell array Terciario en el ejemplo de asignación partiendo de asignación previa en sentido contrario, 1ª Simulación.

El resultado de la asignación aparece recogido en el fichero de salida SALIDA.xlsx, y es:

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	17_01		17_06		17_34	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Subir	PVENT2	Blq. 6	1	6,8	49,6	6,8	49,6	6,8	49,6
Subir	ECT3	Blq. 1	1	93,2	54	98	54	98	54
Subir	ECT3	Blq. 3	1			101,5	54	25,2	54
Subir	ALG3	Blq. 1	1			25	57		

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Subir	CTN4	Blq. 1	1			10	58,4		
Subir	SRI5	Blq. 1	1			10	61,07		
Subir	CTJON1	Blq. 1	1			28,7	64,57		

**Tabla 23:** Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del fichero SALIDA.xlsx en el ejemplo de asignación partiendo de asignación previa en sentido contrario 1ª Simulación.

Se observa como se ha desasignado potencia con respecto a la asignación del apartado 5.1.8.2. Sin embargo, ha sido suficiente con la potencia que previamente había sido asignada en sentido contrario.

### 5.1.8.3.2 2ª Simulación.

A continuación, se establece un requerimiento de potencia en el mismo sentido que en el apartado anterior, es decir, a bajar. En este caso, sin embargo, no es suficiente con la potencia asignada previamente y por tanto se debe acceder a la escalera de ofertas a Bajar para la hora en cuestión.

La hora de la asignación es las 17:40, por tanto, la variable hora\_oferta es:

'17-18'

El requerimiento de potencia, que está recogido en el cell array Terciario es:

Sentido	Potencia
Bajar	400

**Tabla 24:** Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del cell array Terciario en el ejemplo de asignación partiendo de asignación previa en sentido contrario, 2ª Simulación.

El resultado de la asignación aparece recogido en el fichero de salida SALIDA.xlsx. En este caso, no aparecen recogidos los datos de la primera simulación realizada a las 17:01 por cuestión de espacio, sin embargo, pueden ser consultados en los apartados anteriores:

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	17_06		17_34		17_40	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Subir	PVENT2	Blq. 6	1	6,8	49,6	6,8	49,6		
Subir	ECT3	Blq. 1	1	98	54	98	54		
Subir	ECT3	Blq. 3	1	101,5	54	25,2	54		
Subir	ALG3	Blq. 1	1	25	57				
Subir	CTN4	Blq. 1	1	10	58,4				
Subir	SRI5	Blq. 1	1	10	61,07				
Subir	CTJON1	Blq. 1	1	28,7	64,57				
Bajar	ROB1	Blq. 2	1					-70	71
Bajar	MUEL	Blq. 5	1					-77	67,5
Bajar	CTN3	Blq. 4	1					-24	63,84
Bajar	DUER	Blq. 11	1					-99	63

**Tabla 25:** Algoritmo de asignación del mercado de Regulación Terciaria: Ejemplo del fichero SALIDA.xlsx en el ejemplo de asignación partiendo de asignación previa en sentido contrario, 2ª Simulación.

Se comprueba como aparecen bloques de oferta a bajar asignados en la última de las simulaciones.

### 5.1.9 Salidas del simulador.

Los ficheros de salida del simulador son:

#### 5.1.9.1 SALIDA.xlsx

Este es el fichero principal de salida, ya que recoge el resultado de los diferentes procesos de asignación. Es a la vez fichero de entrada y salida, ya que como se describió en el apartado 5.1.4.5, nada más iniciar el simulador se carga en Matlab el encabezado del fichero para su posterior escritura.

Cada fila corresponde a un bloque de una unidad de producción, que ha sido casado totalmente o en parte en alguna de las asignaciones del servicio. Los bloques aparecen agrupados por el sentido de la potencia del mismo, a subir o a bajar.

En las diferentes columnas se recogen el horario de las asignaciones y el resultado de las mismas. Junto a la cantidad de potencia asignada a cada unidad aparece el precio.

A continuación, se expone un ejemplo donde aparecen los resultados de dos procesos de asignación:

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	15_37		15_39	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Bajar	LAD4	Blq. 3	1	-132	64,55	-132	64,55
Bajar	HFERRAT	Blq. 3	10	-7,6	59,5	-7,6	59,5
Bajar	HFERRAT	Blq. 4	10	-9,8	59	-9,8	59
Bajar	DUER	Blq.11	1	-50,6	58,4	-100	58,4
Bajar	TAPOWER	Blq. 2	1			-72	56,98
Bajar	SIL	Blq. 9	1			-7,1	56,4
Bajar	CTN4	Blq. 4	1			-71,5	55,4

Tabla 26:Salidas del simulador:Ejemplo del fichero SALIDA.xlsx.

#### 5.1.9.2 estado\_asignacion\_terciaria.xlsx

Este archivo ya se detalló en el apartado 5.1.4.4. Lo único que cabe destacar del ejemplo que a continuación se recoge, es que corresponde con el estado de asignación del servicio tras el último de los procesos de asignación llevados a cabo en el anterior apartado. Es por ello que los datos recogidos en la columna son iguales.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Bajar	LAD4	Blq. 3	1	-132	64,55	0
Bajar	HFERRAT	Blq. 3	10	-7,6	59,5	0
Bajar	HFERRAT	Blq. 4	10	-9,8	59	0
Bajar	DUER	Blq.11	1	-100	58,4	0
Bajar	TAPOWER	Blq. 2	1	-72	56,98	0
Bajar	SIL	Blq. 9	1	-7,1	56,4	0
Bajar	CTN4	Blq. 4	1	-100	55,4	-28,5

Tabla 27:Salidas del simulador:Ejemplo del fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx.

#### 5.1.9.3 informe\_validacion\_precios.xlsx

Este archivo es resultado del proceso de criba de límite de precios. Esta información se traduce en un archivo Excel con objeto de dar a conocer a los diferentes proveedores del servicio si sus



## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

bloques cumplen o no esta condición. En las columnas del fichero se especifica por horas con las palabras 'in' o 'out' si los bloques están o no aceptados respectivamente.

				16-17	17-18
Subir	ABO1	Blq. 1	1	out	out
Subir	ABO2	Blq. 1	1	out	out
Subir	ACE4	Blq.52	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.53	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.54	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.55	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.56	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.57	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.58	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.59	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.60	1	in	in
Subir	ACE4	Blq.61	1	in	in

**Tabla 28:Salidas del simulador:Ejemplo del fichero informe\_validacion\_precios.xlsx.**

## **6 RESULTADOS.**

El objetivo de la presente sección es el de demostrar la utilidad del simulador creado. Para ello, se reproduce en primer lugar, un periodo de tiempo determinado, el funcionamiento del mercado de Regulación Terciaria a partir de información real. En segundo lugar, se simulan varias horas consecutivas del servicio a partir también de datos de reales, pero en este caso con el objetivo de obtener un conjunto de precios y compararlos con los reales.

## 6.1 INFORMACIÓN REAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA SIMULACIÓN.

A continuación, se recogen diferentes datos reales del servicio de Regulación Terciaria, los cuales son obtenidos de la web [www.esios.ree.es](http://www.esios.ree.es). Estos datos se exponen a modo de introducción de las posteriores simulaciones que se van a realizar.

De esta información cabe destacar que es horaria y que por lo tanto no reproduce con exactitud el funcionamiento del servicio ya que, como se detalla en el apartado 4.1.2.6, las asignaciones se pueden producir en cualquier momento dentro de los períodos horarios pudiendo haber varios procesos de asignación incluso dentro de la misma hora. Lo ideal hubiera sido disponer de información al minuto del servicio, pero dicha información no está disponible.

### 6.1.1 Requerimientos del servicio de Regulación Terciaria.

Los requerimientos del servicio de Regulación Terciaria son establecidos por el O.S. A continuación, se ejemplifica este dato exponiéndose dichos requerimientos para el día 18 de abril de 2016, en azul a subir y en verde a bajar.

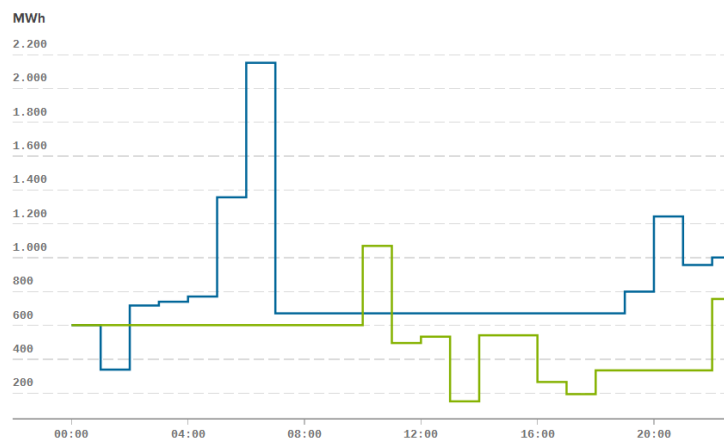


Figura 5: Requerimientos del servicio de Regulación Terciaria del día 18 de abril de 2016.

Se observa que en todo momento hay requerimientos mínimos en ambos sentidos. Además, tanto en la rampa de la mañana como en la de la tarde aumentan considerablemente los requerimientos a subir, lo mismo que ocurre en el servicio de Regulación Secundaria. Por otro lado, el pico del requerimiento a bajar, se da cuando se produce la bajada más rápida del consumo, en las horas posteriores al pico de la mañana.

### 6.1.2 Asignación del servicio de Regulación Terciaria.

La asignación del servicio corresponde con la potencia casada en los diferentes procesos de asignación. Esta información es horaria y como se expuso con anterioridad, solo recoge por tanto el total de potencia asignada en una hora y en un sentido y/o en otro. A continuación, se ejemplifica este dato exponiéndose dicha asignación para los días 1 de marzo y 18 de abril de 2016, en verde a subir y en amarillo a bajar.

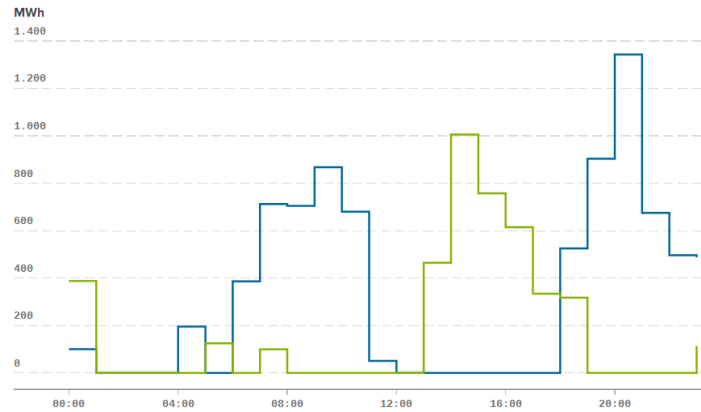


Figura 6:Asignación del servicio de Regulación Terciaria en el día 1 de marzo de 2016.

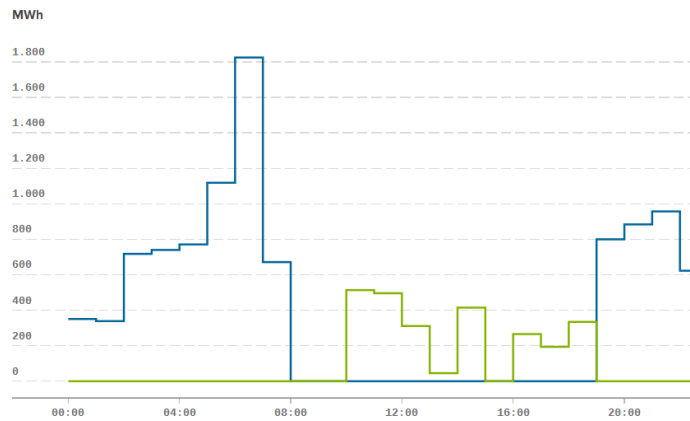


Figura 7:Asignación del servicio de Regulación Terciaria en el día 18 de abril de 2016.

Se comparan ambos casos para evidenciar que se dan situaciones en las que, como ocurre en el día 1 de marzo, existe en una misma hora, asignación a subir y a bajar. Sin embargo, lo normal, como se observa en el ejemplo del día 18 de abril, es que solo haya asignación horaria en un sentido.

### 6.1.3 Precios del servicio de Regulación Terciaria.

Los precios horarios del servicio de Regulación Terciaria del día 1 de marzo de 2016 son:

Hora	Precios a subir	Asignación a Subir	Precio a bajar	Asignación a Bajar
	€/MWh	MWh	€/MWh	MWh
0:00	33	100,2	0,02	387,8
1:00	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

3:00	0	0	0	0
4:00	30,5	195,6	0	0
5:00	0	0	13,96	124,9
6:00	35,26	386,3	0	0
7:00	41	712,4	10	99,7
8:00	41,89	704,5	0	0
9:00	45,49	867,5	0	0
10:00	43,4	680,1	0	0
11:00	39,88	50,8	0	0
12:00	0	0	0	0
13:00	0	0	3	464,8
14:00	0	0	0,96	1.005,40
15:00	0	0	0,96	757,6
16:00	0	0	0,96	614,5
17:00	0	0	1	334
18:00	40,33	525,2	1	317,4
19:00	40,33	903,5	0	0
20:00	40,33	1.343,00	0	0
21:00	40,33	675	0	0
22:00	35	496,4	0	0
23:00	31,5	487,6	0,97	113,1

**Tabla 29: Resultados: Precios y asignaciones del servicio de Regulación Terciaria del día 1 de marzo de 2016.**

Se observa que existen horas donde hay precio en ambos sentidos, lo que significa que en esas horas ha habido procesos de asignación en ambos sentidos. Un ejemplo es el de las 18:00. A dicha hora finaliza un proceso de bajada posterior a la rampa de la mañana, y comienza la rampa de subida de la tarde, por tanto, es de suponer que al comienzo de la hora existiesen asignaciones a bajar, y al final de hora, asignaciones a subir.

## 6.2 1ª SIMULACIÓN, REPRODUCCIÓN DEL SERVICIO.

La simulación engloba un período de 3 horas en el que se realizan sucesivas asignaciones en un sentido y otro con el fin de ejemplificar el servicio basándose en un ejemplo real. Dicho ejemplo real corresponde con el conjunto de horas de entre las 17:00 a las 20:00 del día 1 de marzo de 2016. En este período como ya se detalla en el apartado anterior, existen horas con asignación en un solo sentido y en ambos y, por lo tanto, la correspondiente consecuencia en los precios. Esta es la razón fundamental de la elección del mismo.

El archivo del que parte la simulación es el fichero I90 del día 1 de marzo de 2016. En el aparecen las ofertas del servicio de Regulación Terciaria.

La simulación se ejecuta utilizando los datos reales del día 1 de marzo de 2016 y partiendo de las siguientes suposiciones:

### 6.2.1 Suposiciones iniciales.

#### 6.2.1.1 Ofertas no limitadas en energía.

Citando el P.O.:

*“Las ofertas de reserva de regulación terciaria podrán estar limitadas en energía, con lo que su asignación en un determinado período puede implicar la anulación o modificación de la oferta para los subsiguientes períodos. La limitación abarcará, como*

*mínimo, un período de programación siendo anulada la oferta en los períodos de programación siguientes, en caso de ser ésta asignada.”*

Sin embargo, en estas simulaciones se parte de la suposición de que las ofertas participantes en el servicio no están limitadas en energía y que por lo tanto no existe un proceso de desasignación por este motivo.

### **6.2.1.2 Unidades participantes en el servicio disponibles.**

Citando el P.O.:

*“Las comprobaciones que se realizan antes de la asignación de las ofertas son las siguientes:*

- No violación de límites por seguridad.*
- No violación de limitaciones por indisponibilidad (comunicada por el sujeto del mercado asociado a la unidad de programación proveedora del servicio o, en su defecto, introducida por el O.S., tras comunicación previa del sujeto del mercado asociado a de dicha unidad de programación).*
- No violación de los límites de potencia físicos del grupo (sólo en el caso de grupos térmicos y unidades de bombeo).*
- No oferta de una energía a bajar mayor de su programa de generación, o para las unidades de programación para la adquisición de energía para bombeo, oferta de energía a subir mayor que su programa de bombeo.*
- Cuando un bloque de oferta viole alguno de estos límites, el bloque será truncado hasta el punto en que deje de violar el límite.”*

Se parte de la suposición de que las unidades participantes cumplen cada uno de las comprobaciones mencionadas por el P.O.

### **6.2.1.3 Ofertas asignadas no modificables.**

Citando el P.O.:

*“Si uno o varios bloques de una oferta de regulación terciaria han sido asignados bien en el mercado de regulación terciaria, bien por seguridad para resolver una restricción técnica identificada en tiempo real, sólo se admitirá después la recepción de nuevos bloques que complementen la oferta, pero no modificaciones de los bloques ya existentes en el momento de la asignación.”*

Se parte de la premisa de que las unidades que hayan casado energía para el servicio, no modifican sus ofertas dentro de dichos horizontes temporales. En este proceso de simulación, esto es equivalente al hecho de que el fichero de ofertas es único ya que es el obtenido a partir del archivo I90 día y por lo tanto las ofertas no cambian. Aun así, el simulador lee en todo proceso de asignación el fichero de ofertas, aunque dicho proceso esté dentro de un período temporal donde ya se haya realizado una asignación.

## 6.2.2 Inicio de la simulación 17:00-18:00.

El inicio de la simulación se lleva a cabo a las 17:00. Para esta hora se parte del dato real de asignación del día 1 de marzo de 2016, recogido en la **figura**, y que es de 334 MW/h a bajar. A esta hora el servicio actúa en este sentido ya que la demanda está decreciendo tras el pico de la mañana.

### 6.2.2.1 Estado inicial.

Para el inicio de horizonte de programación de entre las 17:00 y las 18:00, se parte de un estado de la asignación nulo, ya que finaliza el horizonte temporal de las ofertas de la hora anterior cuyo estado de asignación era de 614,5 MW/h. Es decir, finalizado un periodo de programación, se debe desasignar todo lo asignado, y volver a asignar con el nuevo conjunto de ofertas. Por lo tanto, conforme va finalizando el periodo de programación anterior, el O.S. debe anticipar y realizar la asignación correspondiente de potencia con el conjunto de ofertas de la hora siguiente para que, comenzada esa hora, el servicio muestre la continuidad requerida.

La mencionada desasignación entre períodos de programación, se puede llevar a cabo con el simulador de dos formas:

- Limpiando de forma manual el archivo estado\_asignacion\_terciaria.xlsx.
- Realizando una desasignación con el simulador de la misma cantidad de potencia asignada.

En la simulación realizada, se ha elegido este último método. En el caso inicial, sin embargo, como se parte de un estado de asignación nulo y el archivo estado\_asignacion\_terciaria.xlsx., está vacío, no es necesario.

### 6.2.2.2 1ª Asignación.

Los datos reales de asignación con los que se trabaja en esta simulación son, como ya se ha detallado anteriormente, horarios por lo que no se conoce el número de procesos de asignación que se han realizado en dichas horas. Además, los datos reales corresponden a la media del servicio en dicha hora. Como el objeto del presente análisis es el de validar el simulador, es suficiente para ello con realizar dos asignaciones por hora.

Para esta primera asignación, como se viene de un proceso de decrecimiento del servicio en el sentido de la bajada, se parte de que a las 17:00 la asignación a bajar es mayor que la media final de la hora. El valor por tanto es de 434 MW/h, cantidad que se asigna a las 17:00 horas.

El archivo estado\_asignacion\_terciaria.xlsx es:

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Bajar	LIT2	Blq. 6	1	-30	21,91	0
Bajar	LIT2	Blq. 7	1	-9	18,91	0
Bajar	LIT2	Blq. 8	1	-26	13,82	0
Bajar	HCHI	Blq. 2	1	-35	5	0
Bajar	UFBB	Blq. 1	3	-52	5	0
Bajar	DUER	Blq.11	1	-130	1	0
Bajar	UFBB	Blq. 2	3	-52	1	0
Bajar	GUIB	Blq. 1	3	-75	0,97	0
Bajar	MLTB	Blq. 1	3	-73	0,97	-48

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

**Tabla 30: Resultados: Inicio de la simulación: Fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx tras la primera asignación en el intervalo 17:00-18:00.**

Se observa cómo se ha casado la cantidad requerida, siendo el precio de la última oferta 57.5 €/MWh. Este precio no es el precio marginal del servicio ya que este corresponde al más bajo, ya que es a bajar, alcanzado en la hora. Es por ello que se debe esperar a conocer los resultados de todas las asignaciones de la hora para determinar el precio marginal.

El archivo SALIDA.xlsx, se expone una vez se hayan simulado todos los procesos de asignación por hora.

### 6.2.2.3 2ª Asignación.

A las 17:30 se realiza un segundo proceso de asignación. Esta simulación, es a bajar de 200 MW/h quedando el servicio con un estado de asignación de 634 MW/h.

Se observa en el archivo estado\_asignacion\_terciaria.xlsx, como además de las ofertas casadas en el proceso anterior, se han sumado nuevas ofertas a bajar hasta los 634 MW/h.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Bajar	LIT2	Blq. 6	1	-30	21,91	0
Bajar	LIT2	Blq. 7	1	-9	18,91	0
Bajar	LIT2	Blq. 8	1	-26	13,82	0
Bajar	HCHI	Blq. 2	1	-35	5	0
Bajar	UFBB	Blq. 1	3	-52	5	0
Bajar	DUER	Blq.11	1	-130	1	0
Bajar	UFBB	Blq. 2	3	-52	1	0
Bajar	GUIB	Blq. 1	3	-75	0,97	0
Bajar	MLTB	Blq. 1	3	-73	0,97	0
Bajar	SLTB	Blq. 1	3	-100	0,96	0
Bajar	TJEB	Blq. 1	3	-105	0,96	-53

**Tabla 31: Resultados: Inicio de la simulación: Fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx tras la segunda asignación en el intervalo 17:00-18:00.**

### 6.2.2.4 Resultado horario.

El resultado del servicio en el período de 17:00 a 18:00 está recogido en el archivo SALIDA.xlsx. En el aparecen las asignaciones según la hora y el minuto en que se llevan a cabo.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	17_00		17_30	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Bajar	LIT2	Blq. 6	1	-30	21,91	-30	21,91
Bajar	LIT2	Blq. 7	1	-9	18,91	-9	18,91
Bajar	LIT2	Blq. 8	1	-26	13,82	-26	13,82
Bajar	HCHI	Blq. 2	1	-35	5	-35	5
Bajar	UFBB	Blq. 1	3	-52	5	-52	5
Bajar	DUER	Blq.11	1	-130	1	-130	1
Bajar	UFBB	Blq. 2	3	-52	1	-52	1
Bajar	GUIB	Blq. 1	3	-75	0,97	-75	0,97



Bajar	MLTB	Blq. 1	3		-25	0,97	-73	0,97
Bajar	SLTB	Blq. 1	3				-100	0,96
Bajar	TJEB	Blq. 1	3				-52	0,96

Tabla 32: Resultados: Inicio de la simulación: Fichero SALIDA.xlsx resultado de las asignaciones en el intervalo 17:00-18:00.

### 6.2.2.5 Precio Marginal.

#### A subir

Ya que no ha habido asignación a subir, no hay precio marginal a subir del servicio entre las 17:00 y las 18:00 horas.

#### A bajar

El precio marginal del servicio entre las 17:00 y las 18:00 horas es de 0,96 €/MWh a bajar, ya que es el precio más bajo alcanzado en las asignaciones de esta hora. Esto que significa que los generadores recompran la energía que están dejando de producir a ese precio.

## 6.2.3 Segundo período de programación, 18:00-19:00.

En el período de programación comprendido entre las 18:00 horas y las 19:00 horas, se cruzan dos tendencias de la demanda. Por un lado, al principio del período toca a su fin la bajada posterior al pico de la mañana, y hacia el final de la hora, comienza la rampa de la tarde. Esto se refleja, como se detalla en el apartado 4.1.2.6, en que para dicha hora hay asignación en ambos sentidos, y por tanto precio marginal en ambos sentidos.

Se van a realizar, para dar respuesta a estos hechos, dos asignaciones, la primera de ellas a bajar, y la segunda a subir.

### 6.2.3.1 Estado inicial.

En primer lugar, se desasigna la potencia asignada en el periodo anterior. Para ello se debe asignar la correspondiente potencia en el sentido contrario y de esta forma hacer nula la asignación. En este caso se realiza una simulación asignándose a subir 234 MW/h quedando el archivo estado\_asignacion\_horaria.xlsx nulo.

### 6.2.3.2 1ª Asignación. A bajar.

A las 18:00 horas, la tendencia de la demanda sigue siendo negativa, y se requieren del servicio de Regulación Terciaria 317,4 MW/h a bajar. Al haber dado comienzo un nuevo horizonte horario, se debe realizar una nueva asignación con las ofertas válidas para el período de 18:00 a 19:00.

El estado inicial del servicio, es el que recoge el archivo estado\_asignacion\_terciaria.xlsx, al final de la primera asignación.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Bajar	ESCCC1	Blq. 1	1	-69	33	0
Bajar	CHIPG	Blq. 2	1	-1	30	0
Bajar	LIT2	Blq. 6	1	-30	22,65	0
Bajar	LIT2	Blq. 7	1	-30	19,65	0
Bajar	LIT2	Blq. 8	1	-30	14,34	0

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Bajar	LIT2	Blq. 9	1	-10	11,34	0
Bajar	DUER	Blq.11	1	-260	10	-112,6

Tabla 33:Resultados: Fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx tras la primera asignación en el intervalo 18:00-19:00.

### 6.2.3.3 2ª Asignación. A subir.

Durante el transcurso de la segunda mitad de la hora, cambia radicalmente la tendencia de la demanda y comienza la rampa de la tarde. En una situación como esta, entra en funcionamiento el servicio de Regulación Secundaria, pero si el aumento de la demanda es pronunciado y el uso de energía de Regulación Secundaria persiste, entra en funcionamiento el servicio de Regulación Terciaria.

Se realiza a las 18:45, una asignación de potencia a subir de 842,5 MW/h. Dado que el estado del servicio de Regulación Terciaria era de potencia a bajar, en primer lugar, se desasigna lo asignado en sentido contrario, es decir, los 317,4 MW/h. Posteriormente continua la asignación con potencia en sentido a subir, hasta alcanzar 525,2 MW/h lo que resulta en una subida efectiva de 842,5 MW/h.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Subir	LIT2	Blq. 1	1	30	29,73	0
Subir	TJEG	Blq. 1	1	60	29,91	0
Subir	TJEG	Blq. 2	1	30	29,98	0
Subir	SLTG	Blq. 1	1	50	30,01	0
Subir	LIT1	Blq. 1	1	2,3	30,02	0
Subir	SLTG	Blq. 2	1	50	30,11	0
Subir	GUIG	Blq. 1	1	28	30,68	0
Subir	GUIG	Blq. 2	1	40,9	30,87	0
Subir	LIT2	Blq. 2	1	30	31,73	0
Subir	BRR1	Blq. 1	1	53,5	33,1	0
Subir	LIT2	Blq. 3	1	30	33,73	0
Subir	MUEL	Blq. 4	1	200	33,75	79,6

Tabla 34:Resultados: Fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx tras la segunda asignación en el intervalo 18:00-19:00.

### 6.2.3.4 Resultado horario.

En este caso el fichero SALIDA.xlsx recoge ofertas casadas a subir, en la parte posterior, y bajar, en la parte inferior.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	18_00		18_45	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Subir	LIT2	Blq. 1	1			30	29,73
Subir	TJEG	Blq. 1	1			60	29,91
Subir	TJEG	Blq. 2	1			30	29,98
Subir	SLTG	Blq. 1	1			50	30,01
Subir	LIT1	Blq. 1	1			2,3	30,02
Subir	SLTG	Blq. 2	1			50	30,11
Subir	GUIG	Blq. 1	1			28	30,68
Subir	GUIG	Blq. 2	1			40,9	30,87
Subir	LIT2	Blq. 2	1			30	31,73

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Subir	BRR1	Blq. 1	1				53,5	33,1
Subir	LIT2	Blq. 3	1				30	33,73
Subir	MUEL	Blq. 4	1				120,4	33,75
Bajar	ESCCC1	Blq. 1	1		-69	33		
Bajar	CHIPG	Blq. 2	1		-1	30		
Bajar	LIT2	Blq. 6	1		-30	22,65		
Bajar	LIT2	Blq. 7	1		-30	19,65		
Bajar	LIT2	Blq. 8	1		-30	14,34		
Bajar	LIT2	Blq. 9	1		-10	11,34		
Bajar	DUER	Blq.11	1		-147,4	10		

**Tabla 35: Resultados: Fichero SALIDA.xlsx resultado de las asignaciones en el intervalo 18:00-19:00.**

### 6.2.3.5 Precio Marginal.

En este caso existe precio marginal en ambos sentidos, ya que en distintos períodos de la hora hay asignación tanto a subir como a bajar.

#### A subir

El precio más alto alcanzado a de energía de Regulación Terciaria a subir entre las 18:00 y las 19:00 es de 33,75 €/MWh. Este es el precio marginal a subir del servicio, es decir, el precio que cobran las unidades de reducción.

#### A bajar

El precio marginal del servicio entre las 18:00 y las 19:00 horas es de 10 €/MWh a bajar, ya que es el precio más bajo alcanzado en las asignaciones de esta hora.

## 6.2.4 Tercer período de programación, 19:00-20:00.

En el período de programación que transcurre entre las 19:00 y las 20:00 horas, la demanda experimenta un rápido crecimiento. Es por ello que los servicios de ajuste entran en servicio en este sentido. En el caso de servicio de Regulación Terciaria, el valor real del servicio fue de 903,5 MW/h. La simulación llevada a cabo consta de dos procesos de asignación en los que se asignara en total dicha cantidad de potencia.

### 6.2.4.1 Estado inicial.

En primer lugar, se desasigna la potencia asignada en el periodo anterior. Para ello se realiza una simulación asignándose a bajar 525,2 MW/h quedando el archivo estado\_asignacion\_horaria.xlsx nulo.

### 6.2.4.2 1ª Asignación. A subir.

La primera asignación del servicio es a las 19:00, sin embargo, es este caso no es una asignación para asignar más potencia si no para dar continuidad a los requerimientos del servicio al final de la hora anterior, pero con el conjunto de ofertas del horizonte temporal de 19:00 a 20:00. La casación es de 525,2 MW/h.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Subir	TJEG	Blq. 1	1	60	29,91	0
Subir	TJEG	Blq. 2	1	30	29,98	0
Subir	SLTG	Blq. 1	1	50	30,01	0
Subir	SLTG	Blq. 2	1	50	30,11	0

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Subir	GUIG	Blq. 1	1	28	30,68	0
Subir	GUIG	Blq. 2	1	40,9	30,87	0
Subir	LIT2	Blq. 2	1	30	31,73	0
Subir	BRR1	Blq. 1	1	11,7	33,1	0
Subir	LIT2	Blq. 3	1	30	33,73	0
Subir	LIT1	Blq. 1	1	2,3	34,26	0
Subir	LIT2	Blq. 1	1	30	34,28	0
Subir	PGR1	Blq. 1	1	20	34,95	0
Subir	HFERRAT	Blq. 1	10	34,3	35	0
Subir	LIT2	Blq. 4	1	30	35,73	0
Subir	PGR1	Blq. 2	1	20	36,95	0
Subir	CTJON1	Blq. 1	1	20	37	0
Subir	SRI4	Blq. 1	1	70	37	32

Tabla 36:Resultados: Fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx tras la primera asignación en el intervalo 19:00-20:00.

### 6.2.4.3 2ª Asignación. A subir.

En esta asignación se aumentan los requerimientos a subir hasta en 378,3 MW/h hasta alcanzar los 903,5 MW/h.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	MWh	€/MWh	
Subir	TJEG	Blq. 1	1	60	29,91	0
Subir	TJEG	Blq. 2	1	30	29,98	0
Subir	SLTG	Blq. 1	1	50	30,01	0
Subir	SLTG	Blq. 2	1	50	30,11	0
Subir	GUIG	Blq. 1	1	28	30,68	0
Subir	GUIG	Blq. 2	1	40,9	30,87	0
Subir	LIT2	Blq. 2	1	30	31,73	0
Subir	BRR1	Blq. 1	1	11,7	33,1	0
Subir	LIT2	Blq. 3	1	30	33,73	0
Subir	LIT1	Blq. 1	1	2,3	34,26	0
Subir	LIT2	Blq. 1	1	30	34,28	0
Subir	PGR1	Blq. 1	1	20	34,95	0
Subir	HFERRAT	Blq. 1	10	34,3	35	0
Subir	LIT2	Blq. 4	1	30	35,73	0
Subir	PGR1	Blq. 2	1	20	36,95	0
Subir	CTJON1	Blq. 1	1	20	37	0
Subir	SRI4	Blq. 1	1	70	37	0
Subir	SROQ1	Blq.52	1	11,3	37,33	0
Subir	MALA1	Blq.52	1	0,6	37,5	0
Subir	SROQ1	Blq.53	1	11,3	37,67	0
Subir	BES4	Blq.52	1	9,6	37,75	0
Subir	MALA1	Blq.53	1	10,8	37,75	0
Subir	BES4	Blq.53	1	10,2	38	0
Subir	MALA1	Blq.54	1	10,8	38	0
Subir	SROQ1	Blq.54	1	11,3	38	0
Subir	BES4	Blq.54	1	10,2	38,25	0
Subir	MALA1	Blq.55	1	10,8	38,25	0
Subir	SAGU2	Blq.52	1	1,2	38,25	0
Subir	SROQ1	Blq.55	1	11,3	38,33	0
Subir	BES4	Blq.55	1	10,2	38,5	0
Subir	MALA1	Blq.56	1	10,8	38,5	0
Subir	SAGU2	Blq.53	1	11,2	38,5	0
Subir	SROQ1	Blq.56	1	11,3	38,67	0

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Subir	BES4	Blq.56	1	10,2	38,75	0
Subir	MALA1	Blq.57	1	10,8	38,75	0
Subir	SAGU2	Blq.54	1	11,2	38,75	0
Subir	ABO1	Blq. 1	1	20	38,83	0
Subir	PGR1	Blq. 3	1	20	38,95	0
Subir	BES4	Blq.57	1	10,2	39	0
Subir	MALA1	Blq.58	1	10,8	39	0
Subir	SAGU2	Blq.55	1	11,2	39	0
Subir	SROQ1	Blq.57	1	11,3	39	0
Subir	SAGU3	Blq.52	1	1,3	39,13	0
Subir	SAGU2	Blq.56	1	11,2	39,25	0
Subir	SAGU3	Blq.53	1	11,3	39,25	0
Subir	LIT1	Blq. 2	1	1,5	39,26	0
Subir	BES4	Blq.58	1	10,2	39,29	0
Subir	MALA1	Blq.59	1	10,8	39,33	0
Subir	SROQ1	Blq.58	1	11,3	39,33	0
Subir	SAGU3	Blq.54	1	11,3	39,38	0
Subir	SAGU2	Blq.57	1	11,2	39,5	2,4

Tabla 37:Resultados: Fichero estado\_asignacion\_terciaria.xlsx tras la segunda asignación en el intervalo 19:00-20:00.

### 6.2.4.4 Resultado horario.

En este caso el fichero SALIDA.xlsx recoge ofertas casadas a subir, ya que no hay asignaciones a bajar. El precio marginal del servicio a subir es el de la última de las ofertas casadas.

Sentido	Unidad de Programación	Bloque	Tipo Oferta	18_00		18_45	
				MW/H	E MW/H	MW/H	E MW/H
Subir	TJEG	Blq. 1	1	60	29,91	60	29,91
Subir	TJEG	Blq. 2	1	30	29,98	30	29,98
Subir	SLTG	Blq. 1	1	50	30,01	50	30,01
Subir	SLTG	Blq. 2	1	50	30,11	50	30,11
Subir	GUIG	Blq. 1	1	28	30,68	28	30,68
Subir	GUIG	Blq. 2	1	40,9	30,87	40,9	30,87
Subir	LIT2	Blq. 2	1	30	31,73	30	31,73
Subir	BRR1	Blq. 1	1	11,7	33,1	11,7	33,1
Subir	LIT2	Blq. 3	1	30	33,73	30	33,73
Subir	LIT1	Blq. 1	1	2,3	34,26	2,3	34,26
Subir	LIT2	Blq. 1	1	30	34,28	30	34,28
Subir	PGR1	Blq. 1	1	20	34,95	20	34,95
Subir	HFERRAT	Blq. 1	10	34,3	35	34,3	35
Subir	LIT2	Blq. 4	1	30	35,73	30	35,73
Subir	PGR1	Blq. 2	1	20	36,95	20	36,95
Subir	CTJON1	Blq. 1	1	20	37	20	37
Subir	SRI4	Blq. 1	1	38	37	70	37
Subir	SROQ1	Blq.52	1			11,3	37,33
Subir	MALA1	Blq.52	1			0,6	37,5
Subir	SROQ1	Blq.53	1			11,3	37,67
Subir	BES4	Blq.52	1			9,6	37,75
Subir	MALA1	Blq.53	1			10,8	37,75
Subir	BES4	Blq.53	1			10,2	38

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

Subir	MALA1	Blq.54	1				10,8	38
Subir	SROQ1	Blq.54	1				11,3	38
Subir	BES4	Blq.54	1				10,2	38,25
Subir	MALA1	Blq.55	1				10,8	38,25
Subir	SAGU2	Blq.52	1				1,2	38,25
Subir	SROQ1	Blq.55	1				11,3	38,33
Subir	BES4	Blq.55	1				10,2	38,5
Subir	MALA1	Blq.56	1				10,8	38,5
Subir	SAGU2	Blq.53	1				11,2	38,5
Subir	SROQ1	Blq.56	1				11,3	38,67
Subir	BES4	Blq.56	1				10,2	38,75
Subir	MALA1	Blq.57	1				10,8	38,75
Subir	SAGU2	Blq.54	1				11,2	38,75
Subir	ABO1	Blq. 1	1				20	38,83
Subir	PGR1	Blq. 3	1				20	38,95
Subir	BES4	Blq.57	1				10,2	39
Subir	MALA1	Blq.58	1				10,8	39
Subir	SAGU2	Blq.55	1				11,2	39
Subir	SROQ1	Blq.57	1				11,3	39
Subir	SAGU3	Blq.52	1				1,3	39,13
Subir	SAGU2	Blq.56	1				11,2	39,25
Subir	SAGU3	Blq.53	1				11,3	39,25
Subir	LIT1	Blq. 2	1				1,5	39,26
Subir	BES4	Blq.58	1				10,2	39,29
Subir	MALA1	Blq.59	1				10,8	39,33
Subir	SROQ1	Blq.58	1				11,3	39,33
Subir	SAGU3	Blq.54	1				11,3	39,38
Subir	SAGU2	Blq.57	1				8,8	39,5

**Tabla 38: Resultados: Fichero SALIDA.xlsx resultado de las asignaciones en el intervalo 19:00-20:00.**

### 6.2.4.5 Precio Marginal.

#### A subir

El precio más alto alcanzado a de energía de Regulación Terciaria a subir entre las 19:00 y las 20:00 es de 39,5 €/MWh. Este es el precio marginal a subir del servicio, es decir, el precio que cobran las unidades de reducción.

#### A bajar

No existe precio marginal del servicio de Regulación Terciaria a bajar entre la 19:00 y las 20:00 ya que no hay asignación en ese sentido.

### 6.2.5 Encaje del servicio en los Servicios de Ajustes.

Ejemplificado ya el funcionamiento y la adaptación del simulador en el servicio de Regulación Terciaria a través del conjunto de simulaciones realizadas, cabe analizar brevemente, cuales son las consecuencias del estado del servicio y de su encaje en los Servicios de Ajuste del Sistema Eléctrico.

### 6.2.5.1 Gestión de Desvíos.

Según aparece recogido en la regulación de este servicio, si existen desvíos superiores a 300 MW/h que se prolonguen más allá del periodo de actuación de las ofertas de Regulación Terciaria, que es de dos horas, y además no hay un mercado Intradiario que resuelva la situación, se convoca, entonces, un mercado de Gestión de Desvíos.

En la simulación realizada con los datos del día 1 de marzo de 2016, las cantidades asignadas superan los 300MW/h en la amplia mayoría de los casos tanto en un sentido como en otro. Además, en la rampa de la tarde, cuando ya no hay ningún mercado Intradiario en ciernes, el desvío perdura más allá de 2 horas. En el gráfico que se recoge a continuación, aparece la situación de asignación de la Regulación Terciaria a subir y de la energía del servicio de Gestión de Desvíos a subir. Efectivamente, se observa que a las 21:00 entra en servicio energía del servicio de Gestión de Desvíos que alivia la Regulación Terciaria. En este caso entra en juego esta energía a las 4 horas de haberse empezado a producir desvíos significativos, pero esto puede deberse justificarse ya que el servicio de Regulación Terciaria, puede soportar estos desvíos porque entre horas con el cambio de ofertas, pueden ir renovándose ofertas cercanas a dichas dos horas, por unas de nuevas.

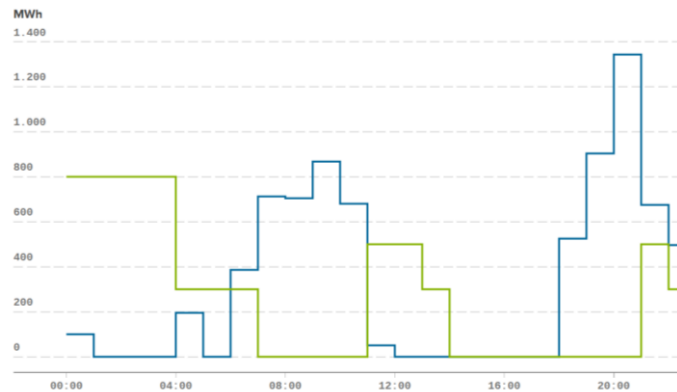


Figura 8: Comparativa entre la asignación a subir del servicio de Regulación Terciaria y la energía a subir asignada en el mercado de Gestión de Desvíos en el día 1 de marzo de 2016.

## 6.3 2ª SIMULACIÓN, COMPARATIVA DE PRECIOS.

En este caso, el objetivo de la simulación es el de obtener un conjunto de precios a partir de cantidades de asignación reales, y posteriormente compararlos con los precios reales del servicio.

### 6.3.1 Datos reales, 2 de marzo de 2016.

Los datos reales utilizados corresponden a los de la asignación de energía de Regulación Terciaria a subir del día 2 de marzo de 2016. Dichos datos consisten en por un lado el conjunto de ofertas presentados en dicho día, y por otro, las cantidades de energía a asignar y los precios marginales horarios a subir.

A continuación, se recogen las cantidades a asignar junto a los correspondientes precios marginales.

Hora	Precios a subir	Asignación a Subir
	€/MWh	MWh
0:00	0	0

## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

1:00	24,13	314,2
2:00	0	0
3:00	21,32	149,7
4:00	19,5	262,6
5:00	21,32	213,6
6:00	34,95	330,1
7:00	34,95	338
8:00	35	527,2
9:00	0	0
10:00	35	330,7
11:00	39	547,2
12:00	0	0
13:00	0	0
14:00	0	0
15:00	0	0
16:00	0	0
17:00	0	0
18:00	35	96,5
19:00	40	253,3
20:00	38	130,8
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	25,34	175,5

Tabla 39:Resultados: Cantidades a asignadas subir y precios reales del día 2 de marzo de 2016.

### 6.3.2 La simulación y la comparación de resultados.

La simulación realizada, a partir de los datos anteriores, ha dado como resultado:

Hora	Precios a subir simulados	Precios a subir reales
	<i>MWh</i>	<i>MWh</i>
0:00	0	0
1:00	23,3	24,13
2:00	0	0
3:00	21,32	21,32
4:00	20	19,5
5:00	21,32	21,32
6:00	24	34,95
7:00	31	34,95
8:00	35,02	35
9:00	0	0
10:00	35	35
11:00	37	39
12:00	0	0
13:00	0	0
14:00	0	0
15:00	0	0
16:00	0	0
17:00	0	0
18:00	29,73	35
19:00	37	40
20:00	34,93	38
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	25,21	25,34

Tabla 40:Resultados: Comparativa entre precios reales y simulados.

Se observa como los datos y los obtenidos y los reales son similares. Las leves diferencias de precios observadas, en la mayoría de los casos a subir, pueden justificarse como el resultado, por ejemplo, de:



## Simulador del mercado de Regulación Terciaria

- Ofertas limitadas en energía. Al no tenerse en cuenta esta condición en las simulaciones, pueden darse situaciones en las que se agoten ofertas y haya que casar ofertas más caras por lo que sube el precio marginal.
- Indisponibilidades por motivos de seguridad o por participación en otros servicios. Las indisponibilidades de unidades de producción pueden provocar también subidas de precios.

A continuación, se recoge un gráfico donde se puede apreciar mejor la comparación entre precios:

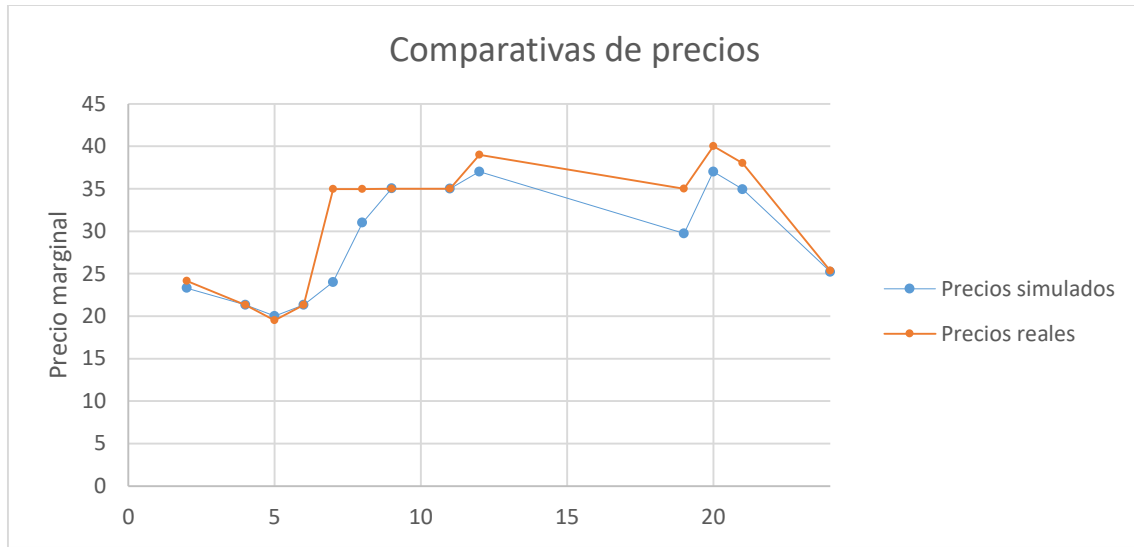


Figura 9: Comparativa entre los precios obtenidos en la simulación y los reales.

## **7 CONCLUSIONES.**

## **7.1 EL SIMULADOR.**

El objetivo del presente proyecto era el de desarrollar un simulador del Mercado de Regulación Terciaria. Sin embargo, las peculiaridades de este servicio dan a lugar a que tanto la herramienta creada como las simulaciones realizadas combinen al mismo tiempo el mercado del servicio y el propio servicio en sí. Es por ello que la fundamental dificultad planteada haya sido la de definir hasta donde llegaba el simulador de mercado como tal.

Sin entrar a detallar de nuevo aspectos del servicio de Regulación Terciaria, se destacan a modo de ejemplo alguno de esos límites que justifican la reflexión expuesta:

- El mercado de Regulación Terciaria es una parte inherente al servicio, y muchos de sus características se desarrollan en tiempo real. La recepción de ofertas es un proceso continuo, con comprobaciones que en algunos casos necesitan de la supervisión humana.
- En los límites entre intervalos horarios en los que los conjuntos de ofertas cambian se deben realizar controles complejos para en función de las ofertas disponibles realizar o deshacer asignaciones que den continuidad al servicio.
- Restricciones como las de máxima energía por bloque, entrelazan el mercado y el seguimiento del servicio en tiempo real. Características como esta no pueden ser contempladas en la realización de un simulador de este tipo.

### **7.1.1 Algoritmo de asignación y precios marginales.**

Más allá de la definición de los límites hasta los que llega el simulador de mercado con respecto al servicio, lo que sin lugar le debe caracterizar, es el proceso de asignación.

Dicho proceso, está validado por:

- En primer lugar, porque como se detalla en el apartado 5, ha sido desarrollado de forma fiel al algoritmo recogido en procedimiento de operación 7.3 del Operador de Sistema, priorizando por ejemplo energías renovables u organizando escaleras de ofertas por precios en función del sentido de la asignación.
- En segundo lugar, y como resultado de las simulaciones realizadas se han obtenido una serie de precios marginales que tras ser comparados con los reales demuestran la validez de la herramienta.

## **7.2 EL FUTURO DEL SERVICIO.**

El servicio de Regulación Terciaria se enfrenta, con el aumento de la penetración renovable, a un gran reto.

### **7.2.1 Participación de las tecnologías renovables.**

En la actualidad ya participan en el servicio parques eólicos, que operan en un tanto por ciento por debajo de su capacidad máxima de generación, para disponer de esa reserva para la prestación del servicio. Sin embargo, estos porcentajes van a ir en aumento conforme dicha tecnología gane peso en el sistema y además otras tecnologías que tradicionalmente regulan disminuyan. Las complicaciones que conllevan estas tendencias están aún por resolver. Una de las posibles soluciones puede venir por el lado de integrar en el mercado del servicio de Regulación Terciaria de forma más activa a consumidores de diferente rango que en situaciones determinadas estén dispuestos a bajar su consumo o directamente a desconectarse.

### **7.2.2 Las interconexiones.**

El aumento de las interconexiones, principalmente con Francia y el resto de Europa, beneficiarían al conjunto de los servicios de Ajuste y en concreto al servicio de Regulación Terciaria ya que podría producirse una mayor integración del mercado y de esta forma participar en el servicio un mayor número de unidades de producción.

### **7.2.3 El coche eléctrico.**

Por último, la eclosión del coche eléctrico va a transformar, de producirse, el sistema eléctrico y por ende los Servicios de Ajuste. Un ejemplo es el de la llamada “recarga lenta nocturna”, que sin inversiones adicionales en la red eléctrica permitiría gestionar un gran número de coches eléctricos aplanando la curva de la demanda y por tanto evitando, o al menos disminuyendo los picos y las rampas que en la mayoría de los casos requieren del uso intensivo de los Servicios de Ajuste.

## 8 BIBLIOGRAFÍA.

*Procedimiento de Operación 7.3.* [en línea]. Resolución del 18 de diciembre de 2015, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se establecen los criterios para participar en los servicios de ajuste del sistema y se aprueban determinados procedimientos de pruebas y procedimientos de operación para su adaptación al Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (BOE 303, 18 de diciembre de 2015).

*Procedimiento de operación 1.5.* [en línea]. Resolución del 13 de julio de 2016, de la Secretaria General de la Energía. (BOE 173, 21 julio 2006).

REE (2015). *Los mercados de servicios de ajuste del sistema eléctrico peninsular español.* Mayo de 2015 [en línea].

REE (2016). *Volumen 1. Mercados de Producción. Parte 11. Ficheros I3DIA, IMES e I90DIA con información agregada.* [en línea].

REE (2013). *Operación del sistema. Informe del sistema eléctrico español 2012.* [en línea].

REE (2014). *Operación del sistema. Informe del sistema eléctrico español 2013.* [en línea].

REE (2015). *Operación del sistema. Informe del sistema eléctrico español 2014.* [en línea].

REE (2015). *Informe sobre los Servicio de Ajuste del sistema eléctrico español. Avance 2015.* [en línea].

CNE (2013). *Informe sobre el comportamiento del mercado mayorista de electricidad durante los últimos meses de 2012 y enero 2013.* [en línea].

ANTONIO GÓMEZ EXPÓSITO. *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica* Ed. Mc Graw Hill. ISBN:94-481-3592-X.

PABLO LEDESMA. *Regulación de frecuencia y potencia.* Universidad de Carlos III de Madrid. [en línea].

