



5.2. Uso de tecnologías de almacenamiento para servicios auxiliares y su potencial para la mitigación del cambio climático

Apéndice B

Metodología para el cálculo de requerimientos de reserva de regulación

Octubre, 2020



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO



**Danish Energy
Agency**



Directorio

María Amparo Martínez Arroyo, PhD

Directora General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Elaboración, edición, revisión y supervisión:

Claudia Octaviano Villasana, PhD

Coordinadora General para la Mitigación del Cambio Climático

Eduardo Olivares Lechuga, Eng.

Director de Proyectos Estratégicos en Tecnologías de Bajo Carbono

Roberto Ulises Ruiz Saucedo, Eng.Dr.

Director Adjunto de Innovación y Transferencia de Tecnología

Loui Algren, M.Sc.

Asesor del Organismo de Energía de Dinamarca

Amalia Pizarro Alonso, PhD

Asesora del Programa de Asociación México-Dinamarca para la Energía y el Cambio Climático

Este informe es parte del estudio:

Hoja de ruta tecnológica y potencial de mitigación del almacenamiento de electricidad a escala de servicios públicos en México

Redactado por:

Juan M. Ramírez Arredondo, PhD

Consultor, COWI, Programa México-Dinamarca para la Energía y el Cambio Climático

Por encargo de INECC con apoyo del Programa México-Dinamarca para Energía y Cambio Climático

D.R. © 2020 Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Bld. Adolfo Ruíz Cortines 4209,

Jardines en la Montaña, Ciudad de México. C.P. 14210

<http://www.gob.mx/inecc>



Apéndice B

Metodología para el cálculo del requisito de reserva regulatoria

El cálculo del requerimiento de Reserva de Regulación se realiza por horas, considerando los componentes que tienen un efecto de muy corto plazo en el balance de carga-generación del sistema. Estos componentes son los siguientes.

1.- Demanda del Sistema Interconectado Nacional (SIN)

- Perfil de día típico: Se considera un perfil ideal del comportamiento real de la demanda.
- Cambio de demanda horaria: se examina la demanda horaria para determinar la dirección y magnitud de los cambios cada 10 minutos, en base al perfil típico seleccionado.
- Variabilidad de la demanda: la desviación estándar horaria está determinada por el tipo de aumento/disminución de la variación, según los cambios en la demanda cada 10 minutos.

2.- Cambio neto programado

- Cambios en intercambios netos programados: Se incluyen los cambios horarios del intercambio neto programado, considerando el valor de la rampa y la magnitud del intercambio programado.

3.- Carga industrial

- Variaciones típicas: Se tiene en cuenta el comportamiento típico de las diferencias reales de la carga industrial.
- Brecha horaria: En este tema, la carga industrial se determina cada diez minutos, se logra un promedio de las diferencias de 10 minutos correspondientes a los aumentos o disminuciones de la carga industrial.
- Variabilidad horaria: La desviación estándar de las variaciones horarias de los incrementos y decrementos se determina por separado utilizando los promedios de la carga industrial obtenidos cada 10 minutos.

4.- Generación Eólica

- Perfil de día anterior: Se considera el perfil de generación real del último día, o si es necesario el del día anterior que ha transcurrido más cerca de la fecha de cálculo.
- Diferencia horaria: En este tema, obtenemos las variaciones de 10 minutos de la generación de energía eólica y obtenemos el promedio de estas variaciones por separado de los aumentos y disminuciones durante la hora. Las reducciones afectarán el cálculo del requerimiento regulatorio para aumentar, mientras que las adiciones al monto de la reserva regulatoria disminuirán.
- Variabilidad horaria: La desviación estándar de la generación eólica se determina utilizando los promedios obtenidos cada 10 minutos.



5.- Resultados

Los montos recaudados para cada componente se suman para obtener el número total del encaje regulatorio. Con base en información histórica, se verifica que la obligación horaria es tal que garantiza el equilibrio carga-generación en cada momento y que se cumplen los estándares de confiabilidad establecidos.

Metodología para el cálculo del requisito de reserva rodante

El cálculo del requisito de reserva rodante se realiza en base a las disposiciones del manual para la verificación de las instrucciones de despacho y los servicios auxiliares. Para el pronóstico se toma en cuenta la demanda horaria promedio de un día típico y se alcanza el porcentaje establecido en el manual para el requerimiento de reserva rodante.

Requisitos de reserva de área

Con base en el comportamiento real de las reservas, se obtienen factores de distribución horaria por área, a través de los cuales el CENACE distribuye los requerimientos calculados.

La reserva de control de frecuencia secundaria

Se activa para equilibrar la producción y el consumo. Por tanto, la reserva varía en función del tamaño y cartera considerada. Dentro de la Unión para la Coordinación de Transmisión de Electricidad (Europa) (UCTE), el cálculo de las reservas secundarias se origina a partir de una fórmula empírica [UCPTE (1991)]. Esta fórmula se desarrolló durante los años setenta a partir de mediciones de producción y consumo cada media hora. Los medios utilizados en ese momento eran relativamente limitados, como el cálculo manual basado en la información proporcionada por teléfono por los operadores de las unidades generadoras. Entonces ha evolucionado la primera fórmula. La Tabla B.1 proporciona una descripción general de la evolución de la reserva secundaria R_{sec} , considerando algunos sistemas dentro de la UCTE y dependiendo de la información disponible. La fórmula UCTE actual (es decir, desde 2004) es un compromiso basado en todos los métodos anteriores. Sin embargo, los TSO prefieren tomar márgenes para aumentar la seguridad del sistema, especialmente durante variaciones rápidas de la carga. Por último, tenga en cuenta que la UCTE recomienda que la pérdida de la unidad más grande en la zona sea compensada con reservas de control de frecuencia terciaria tanto secundarias y rápidas (es decir, desplegadas en menos de 15 minutos) [UCTE (2004b)].

Tabla B.1 Recomendaciones de reserva secundaria en algunos sistemas dentro de la UCTE

Al menos desde	Sistema	Fórmula	Referencias
1991	Alemania	$R_{sec} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2500}{\hat{P}_{max\ generación}}} \hat{b} \hat{P}_{max\ generación}$ <p>$\hat{P}_{max\ generación}$ = estimación de la generación pico por el día (en MW)</p>	UCPTE (1991)



Al menos desde	Sistema	Fórmula	Referencias
		<p>\hat{b} = desviación de potencia estimada en % relacionada con $\hat{P}_{\max \text{ generación}}$. El promedio de \hat{b} estaba cerca de 3.5%, y el valor máximo 9% durante fluctuaciones rápidas de carga (6-9 h)</p>	
1991	Francia	$R_{\text{sec}} = 2.8 \sqrt{\hat{P}_{\text{consumo}}}$ <p>$R_{\text{sec}} = 0.02 \hat{P}_{\text{consumo}}$ durante fluctuaciones de carga rápidas</p> <p>\hat{P}_{consumo} = estimación del consumo interno (en MW)</p>	UCPTE (1991)
1991	Italia	$R_{\text{sec}} = 0.0125 \hat{P}_{\text{consumo}}$	UCPTE (1991)
1998	España	$R_{\text{sec}} = 3 \sqrt{\hat{P}_{\max \text{ consumo}}}$ <p>$R_{\text{sec}} = 6 \sqrt{\hat{P}_{\max \text{ consumo}}}$ durante fluctuaciones de carga y energías rápidas</p> <p>$\hat{P}_{\max \text{ consumo}}$ = estimación del departamento interno máximo consumo (en MW)</p>	Industria Española (1998)
2004	UCTE	$R_{\text{sec}} = \sqrt{10 \hat{P}_{\max \text{ consumo}}} + 22500 - 150$	UCTE (2004b)
2006	Francia	$R_{\text{sec}} = \min(500, \sqrt{10 \hat{P}_{\max \text{ consumo}}} + 22500 - 150)$ $R_{\text{sec}} = \frac{\text{Gradiente Demanda}}{6}$ <p>Si el gradiente de demanda es mayor que 12000 MW/h</p>	Texier-Pauton (2007)



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO



Danish Energy
Agency

UCTE: Unión para la Coordinación de Transporte de Electricidad (Europa)

UCPTE: Unión para la Coordinación de Producción y Transmisión de Electricidad (Europa)

La fórmula UCTE es un compromiso entre métodos anteriores, que se desarrollaron durante la década de los setenta cuando el portafolio y los medios de medición eran diferentes a los disponibles en la actualidad.