

Despacho vinculante intradiario

Fundamentos y aplicación al caso colombiano

Luiz Barroso*, Bruno Peixoto, Gabriel Cunha

*luiz@psr-inc.com

PSR

PSR integra estudios de consultoría, desarrollo de herramientas avanzadas e investigación en nuevas metodologías para sistemas de energía

Tenemos un equipo de 110 personas con graduación y postgrados en ingeniería, matemática, optimización, sistemas de energía, estadística e informática (High Performance Computing y ciencia de los datos)



Sumario

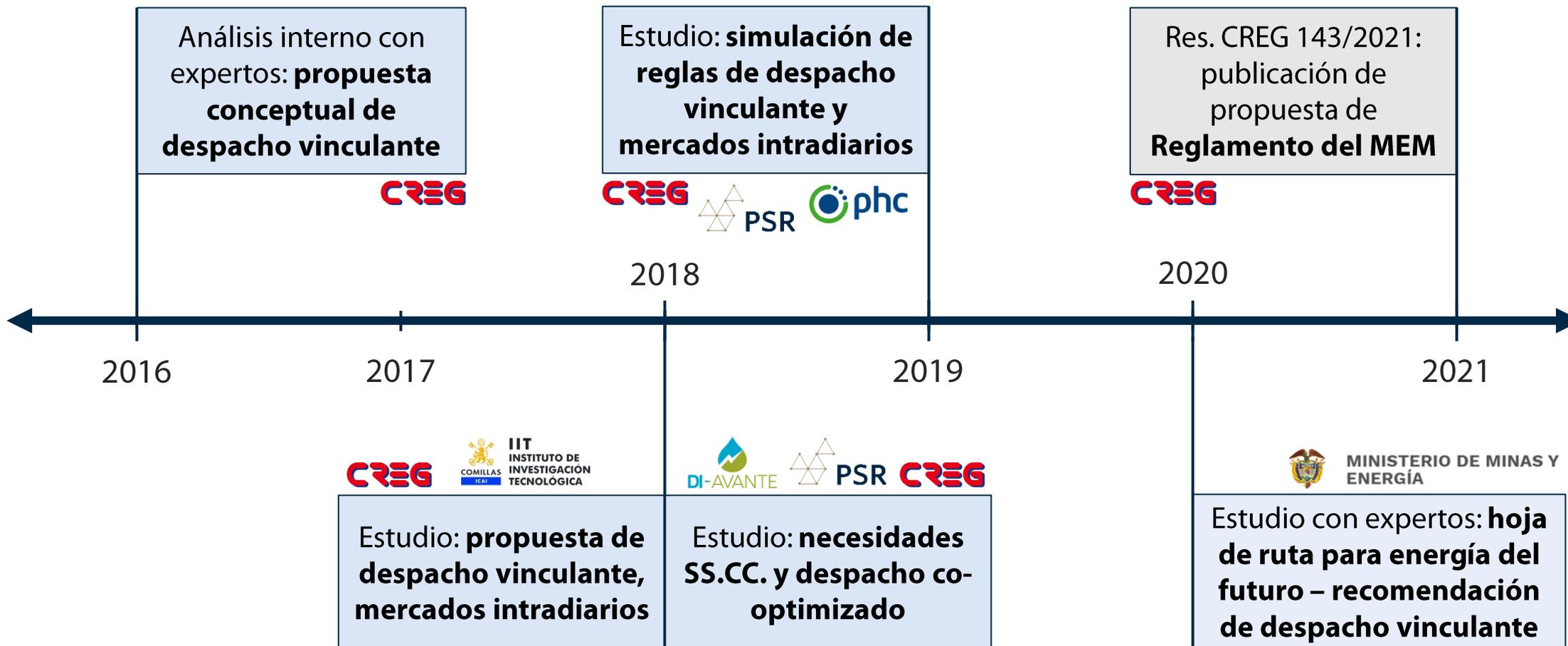
- ▶ **Motivaciones de la reforma en el MEM**
- ▶ **El mercado por ofertas**
- ▶ **Mercados vinculantes**
- ▶ **Servicios complementarios**
- ▶ **Conclusiones**

Sumario

- ▶ **Motivaciones de la reforma en el MEM**
- ▶ El mercado por ofertas
- ▶ Mercados vinculantes
- ▶ Servicios complementarios
- ▶ Conclusiones

Motivaciones de la reforma en el MEM

Han sido muchos los estudios de modernización del MEM



Motivaciones de la reforma del MEM

Diagnóstico del diseño de mercado vigente

Falta de mecanismo para participación de la demanda

Falta de medidas de mitigación de poder de mercado

Ausencia de incentivos para pronósticos de generación y demanda acurados

Falta de mercado de servicios complementarios y despacho previo a la energía

Motivaciones de la reforma

Diagnóstico del diseño de mercado vigente

Falta de

**Demanda elástica
(oferta de precios)**

de demanda

Falta de

**Mecanismo de mitigación
de ofertas**

mercado

Ausencia

Mercados vinculantes

de

Falta de me

**Mercado de SS.CC. y
co-optimización**

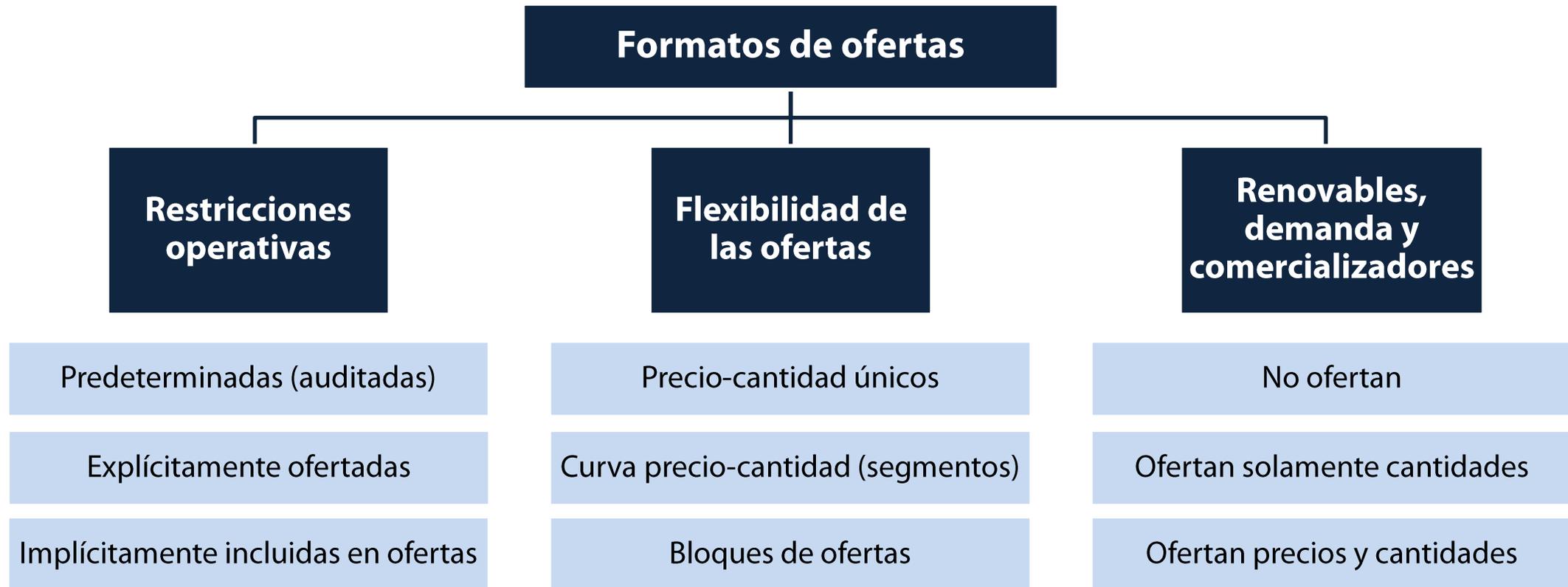
arios y

Sumario

- ▶ Motivaciones de la reforma
- ▶ **El mercado por ofertas**
- ▶ Mercados vinculantes
- ▶ Servicios complementarios
- ▶ Conclusiones

El mercado por ofertas

Mercados por ofertas, como es el caso de Colombia, deben establecer **reglas** sobre como diferentes los tipos de agente pueden someter ofertas



Formatos de ofertas

Alternativas de diseño

Totalmente agnóstico a tecnología

Caso los tipos de ofertas sean suficientemente genéricos, se puede representar cualquier tipo de restricción operativa

Ejemplo: modelo EUPHEMIA (utilizado en Europa)

Ofertas simples	Ofertas en bloque
<i>Step orders</i>	<i>Regular orders</i>
<i>Linear piecewise orders</i>	<i>Profile orders</i>
Condiciones complejas	<i>Exclusive orders</i>
Renta mínima	<i>Linked orders</i>
Gradiente de carga	<i>Flexible orders</i>

Parcialmente agnóstico a tecnología

La declaración de los agentes es utilizada para representar parámetros técnicos físicos

Ejemplo: formato de ofertas en los EE.UU.

Costos operativos		Restricciones técnicas	
Oferta de energía	MWh + \$/MWh	Mín. económico	MW
		Máx. económico	MW
<i>Piecewise o stepwise linear:</i> múltiples pares MW-precio		Rampa	MW/hora
Oferta <i>no-load</i>	\$/hora	Mín./máx. <i>runtime</i>	Hrs., mins.
Costo de arranque	\$	Mín. <i>downtime</i>	Hrs., mins.
Disponibilidad para diferentes arranques (<i>hot/intermediate/cold</i>)		Tiempo de notificación	Hrs., mins.
		Tiempo de enfriamiento	Hrs., mins.
		Tiempo de arranque	Hrs., mins.

Formatos de ofertas

Prácticas internacionales

Mercado	Tipos de ofertas	Incluyen restricciones técnicas?	Ofertas por la demanda?	Segmentos por oferta
	En segmentos, solo cantidad, o múltiples ofertas en bloques	No, deben ser implícitamente incorporadas en ofertas en bloques	Si, igual que los demás agentes	25
	En segmentos, solo cantidad, o virtuales	Sim, excepto costos de <i>start-up</i> y <i>no-load</i> (a cada 6 meses)	Precio-cantidad (excepto demanda regulada)	9
	En segmentos, solo cantidad, o virtuales	Si, pero sujetos a regulación	Ofertas de precio-cantidad	10
	En segmentos, solo cantidad, o múltiples ofertas en bloques	No, deben ser implícitamente incorporadas en ofertas en bloques	Si, igual que los demás agentes	25
	En segmentos o solo cantidad	Solamente rampas	Precio-cantidad o ofertas de diferencia	5 (generación)
	En segmentos o solo cantidad	Si	Solamente cantidades	11 (térmicas)
	Cantidad + precio único para el día	Declaradas a cada 3 meses	No	1

Formatos de ofertas

El caso colombiano: propuesta Res. CREG 143/2021

Tipo de agente	Formato de oferta vigente (Potencia ≥ 20 MW) ¹	Formato de oferta propuesto (Potencia ≥ 5 MW) ¹
	Un precio diario	Curva de oferta (5 pares MW-precio) ² Disponibilidad horaria (o a cada 30 minutos)
	Disponibilidad horaria	Un precio Disponibilidad horaria (o a cada 30 minutos)
	Demanda horaria	Demanda horaria (o a cada 30 minutos) Opcional (comercializadores con usuarios no regulados): Curva de oferta (5 pares MW-precio) → participación activa

✔ Oferta en segmentos: flexibilidad para térmicas

✔ Demanda elástica: participación activa

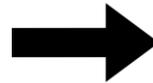
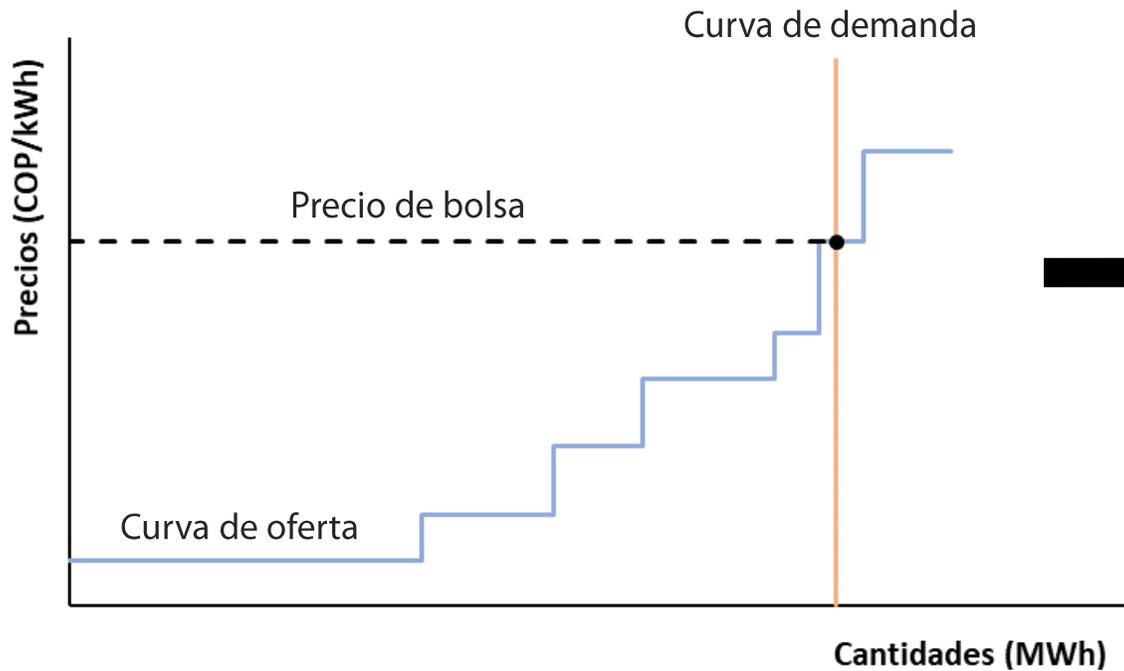
✔ Mayor granularidad temporal: positivo para renovables

✘ Mayor complejidad en la sumisión de ofertas

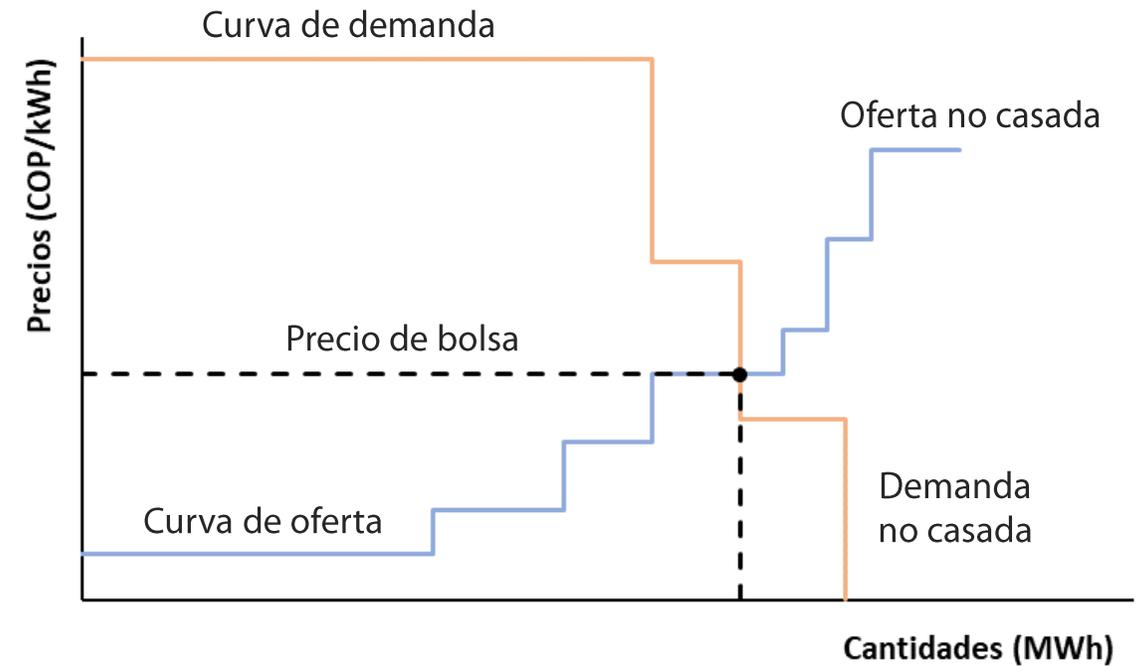
Participación de la demanda

El caso colombiano: propuesta Res. CREG 143/2021

Diseño vigente



Diseño propuesto



Mitigación de poder de mercado

Prácticas internacionales

Mercado	Tipos de monitor	Límite de oferta? (día en adelanto)	Mecanismo de mitigación de ofertas
	Interno (NVE) y externo (<i>Market Surveillance</i>)	[€ -500/MWh , € 3,000/MWh] (límite superior puede sufrir reajuste dinámico)	No hay mecanismo explícito
	Externo (<i>Monitoring Analytics</i>)	Hasta US\$ 1,000/MWh (extendido al costo de generación, caso sea superior)	Con base en el 3 <i>pivotal supplier test</i>
	Interno (EA)	Límite mínimo de NZD 0/MWh	No hay mecanismo explícito
	Interno (AVM) e externo (MIM)	[MXN 0/MWh , 110% del costo variable calculado centralizadamente]	Únicamente caso no respeten los límites de oferta
	Interno (SSPD)	[(CERE+FAZNI) , 75% del CRO1]	Únicamente en caso de reconciliaciones positivas (utiliza costos de referencia en lugar de los precios ofertados)

Mitigación de poder de mercado

El caso colombiano: propuesta Res. CREG 143/2021

Diseño de mercado vigente

No hay mecanismo explícito de mitigación de ofertas

Agentes son libres para ofertar sus precios, desde que no superen el **límite superior** (75% del CRO1)

Estatuto para Situaciones de Riesgo de Desabastecimiento



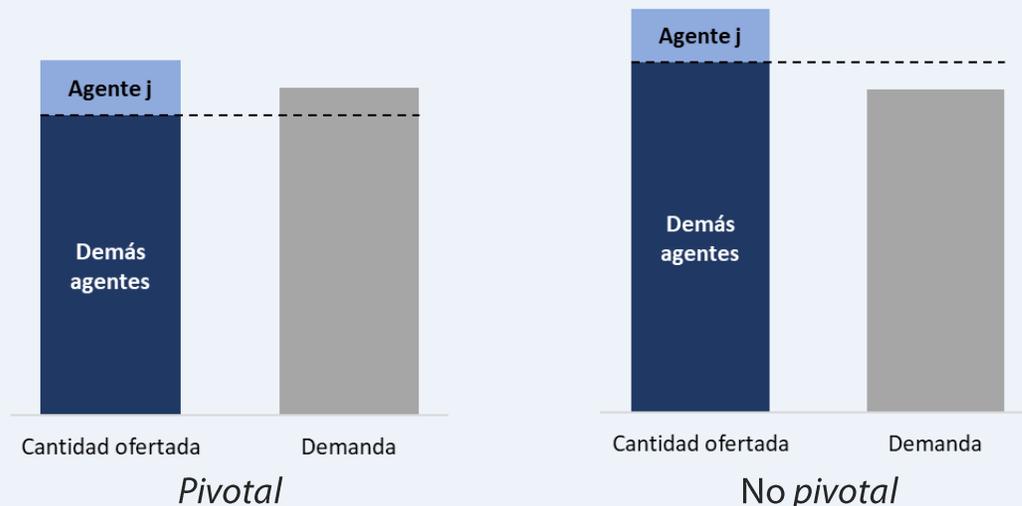
Situación de riesgo (precios y embalses en niveles de alerta) permite intervención en el despacho

✓ Mecanismo transparente y sistemático

✓ Teste de conducta se aplica únicamente a agentes suficientemente grandes: evita intervención excesiva

Diseño de mercado propuesto (Res. CREG)

1. Teste de *pivotalidad* (cantidad)



Si el agente resulta *pivotal*...

2. Teste de conducta (precio)

Comparación entre precios ofertados y valores de referencia

Si los supera, se mitiga la oferta (sustitución del precio ofertado)

Sumario

- ▶ Motivaciones de la reforma
- ▶ El mercado por ofertas
- ▶ **Mercados vinculantes**
 - Fundamentos
 - Particularidades de Colombia
- ▶ Servicios complementarios
- ▶ Conclusiones

Mercados vinculantes

Fundamentos



Problema

Poca previsibilidad en la programación del despacho



Objetivos

Tener **incentivos** para que los agentes informen **pronósticos acurados**

Tener **pronósticos** más **cercanos al tiempo real**, con **menor incertidumbre**



Soluciones

Programa de despacho vinculante

Obligaciones financieras y responsabilización individual por desviaciones (errores)

Múltiples sesiones de mercado

Ajustar el programa de despacho iterativamente hasta la operación en tiempo real

Mercados vinculantes

Programación *ex-ante* vs. despacho

Desafío en la operación de sistemas y mercados eléctricos: **condiciones pueden cambiar** entre la programación *ex-ante* y el despacho efectivo del sistema

Programación *ex-ante*



50 MW



50 MW



0 MW

$\hat{p} = 0$ \$/MWh

Costo Op. = 50 \$/MWh

Despacho



50 MW



30 MW



20 MW

$p = 50$ \$/MWh

Costo Op. = 50 \$/MWh

Liquidación única (actual en Colombia)



Liquidaciones únicamente con base en precios y cantidades del **despacho en tiempo real** (*ex-post*)

Programa de despacho indicativo → **no hay incentivo para buenos pronósticos**

Programación *ex-ante*



50 MW



50 MW



0 MW

$\hat{p} = 0$ \$/MWh

Costo Op. = 50 \$/MWh

Despacho



50 MW



30 MW



20 MW

$p = 50$ \$/MWh

Costo Op. = 50 \$/MWh

$$\$^{eólica} = q \cdot p = 30 \cdot 50 = \$ 1,500$$

Doble liquidación



Sesión 1: considera precios y cantidades de la **programación del despacho**

Sesión 2: considera precios del despacho en tiempo real para liquidar **desviaciones de la programación**

Programación *ex-ante*



50 MW



50 MW



0 MW

$\hat{p} = 0$ \$/MWh

Costo Op. = 50 \$/MWh

$$\$_{s1}^{eólica} = \hat{q} \cdot \hat{p} = 50 \cdot 0 = \$ 0$$

Despacho



50 MW
 $\Delta = 0$ MW



30 MW
 $\Delta = -20$ MW



20 MW
 $\Delta = +20$ MW

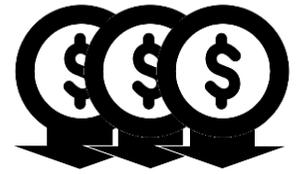
$p = 50$ \$/MWh

Costo Op. = 50 \$/MWh

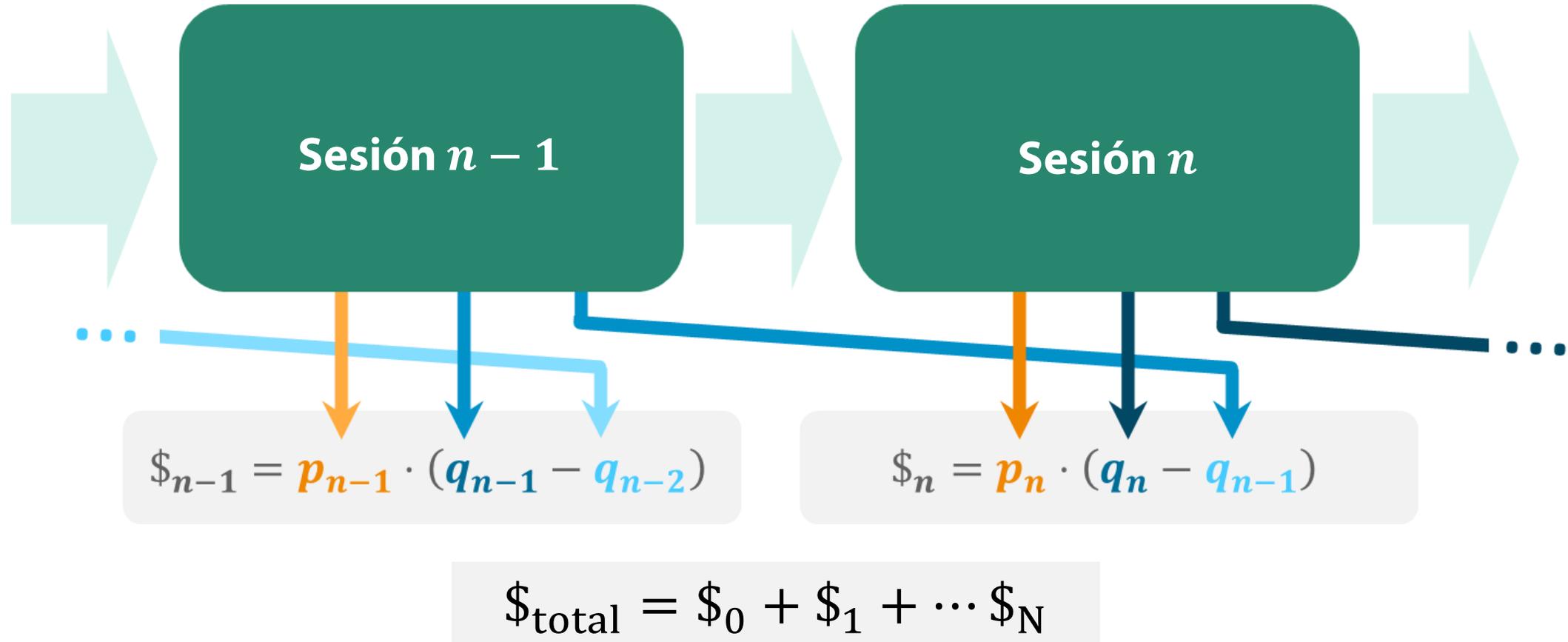
$$\$_{s2}^{eólica} = \Delta q \cdot p = -20 \cdot 50 = -\$ 1,000$$

Incentivo a pronósticos acurados en la programación ↙

Múltiples liquidaciones



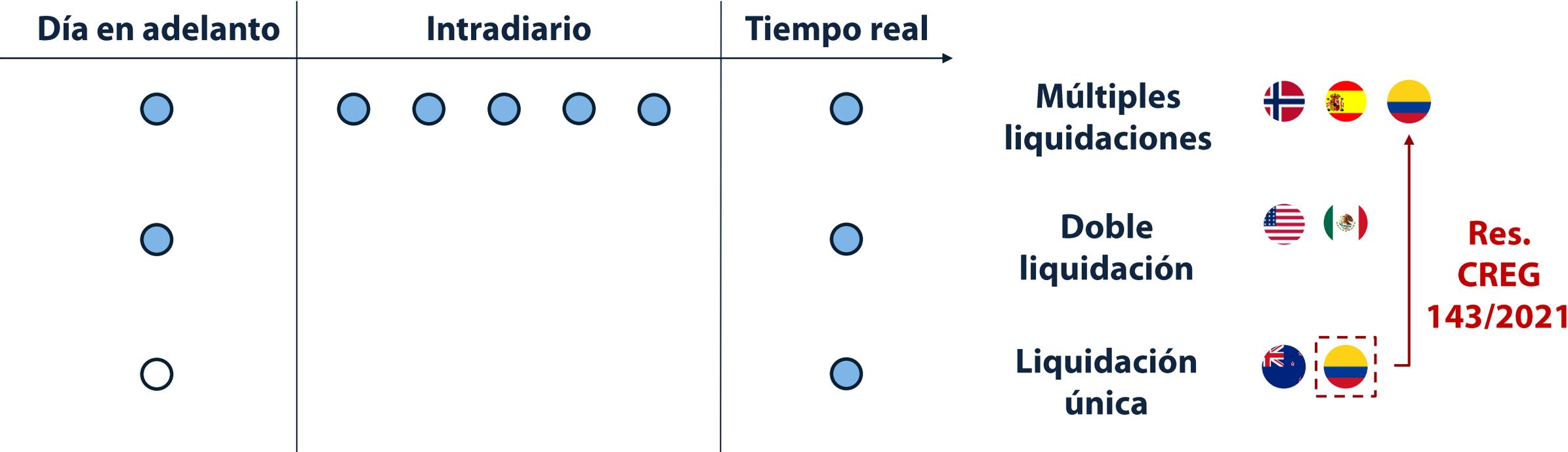
Este procedimiento puede ser **repetido iterativamente** para N liquidaciones (sesiones del mercado)



En el mercado de día en adelanto (MDA), usualmente $n = 1$ y $q_0 =$ cantidad comprometida en contratos

Mercados vinculantes

Prácticas internacionales

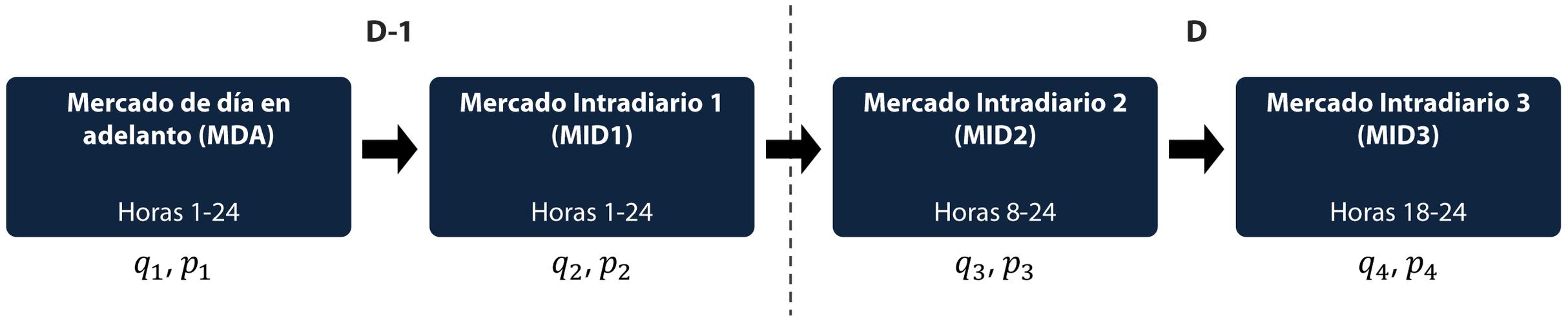


Sumario

- ▶ Motivaciones de la reforma
- ▶ El mercado por ofertas
- ▶ **Mercados vinculantes**
 - Fundamentos
 - Particularidades de Colombia
- ▶ Servicios complementarios
- ▶ Conclusiones

La secuencia de mercados intradiarios

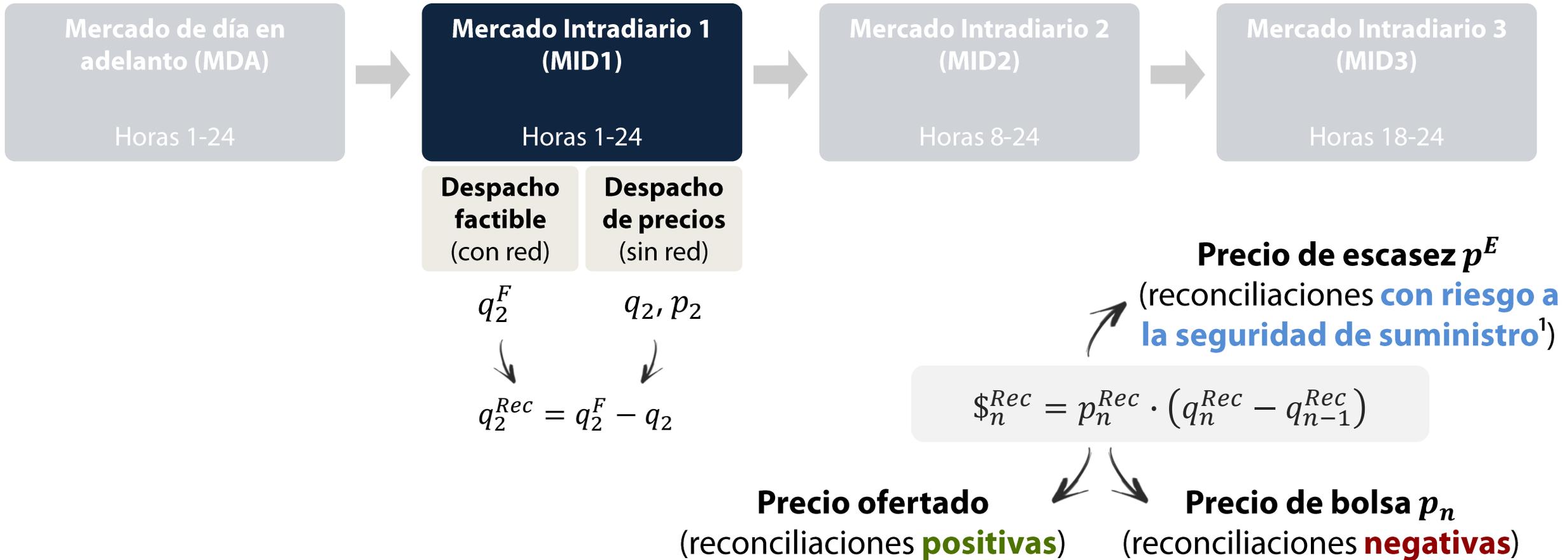
Propuesta Res. CREG: misma estructura básica presentada anteriormente, con **4 iteraciones de mercado**



$$\$_n^{base} = p_n \cdot (q_n - q_{n-1})$$

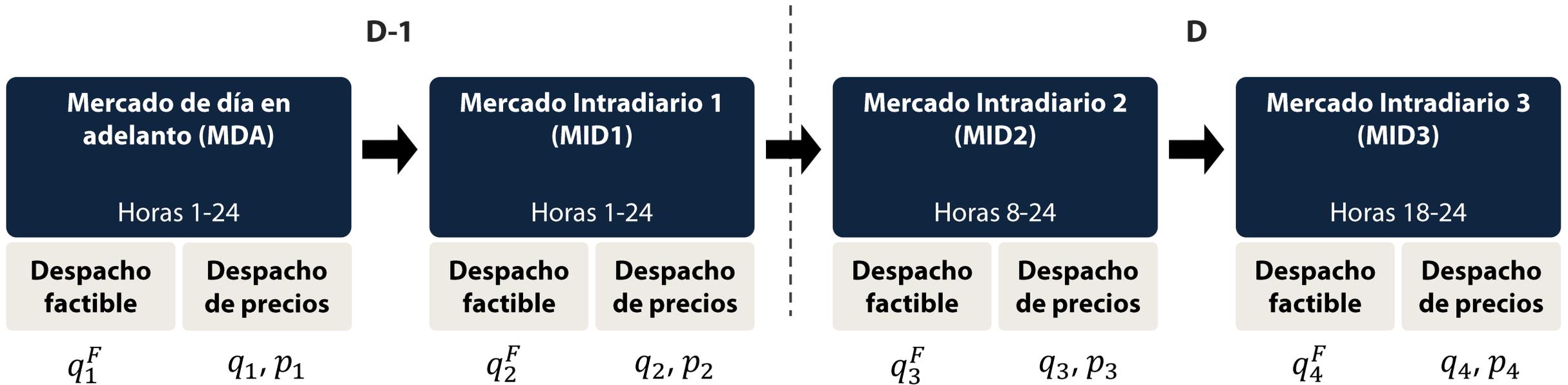
Despacho factible y despacho de precios: *reconciliaciones*

Particularidad de Colombia (ejemplo para MID1): distinción entre despachos **con y sin restricciones de red**



Flujo global de los mercados vinculantes

Las dos componentes son parte de la liquidación en **todas** las sesiones de mercado



$$\$_n^{energia} = p_n \cdot (q_n - q_{n-1}) + p_n^{Rec} \cdot (q_n^{Rec} - q_{n-1}^{Rec})$$

- ✓ Despacho vinculante: incentivo para pronósticos acurados
- ✓ Despacho vinculante aplicable a reconciliaciones
- ✓ Mercados intradiarios: reducción gradual de incertidumbre
- ✗ Mayor complejidad en el mercado

Cómo se relaciona con los contratos de energía y OEF?

Contratos de energía

Se verifica su cumplimiento (y liquidan diferencias) con base **únicamente** en el despacho y precios del **MDA**

Obligaciones de energía firme

Obligaciones que se activan cuando *precio de bolsa* > *precio de escasez*

Para fines de OEF, se considera **únicamente el MDA**

- ✓ Tratamiento consistente para las dos obligaciones de largo-plazo (energía y OEF)
- ✓ Transacciones entre mercados intradiarios valoradas a precio de bolsa (no limitadas al precio de escasez)

Sumario

- ▶ Motivaciones de la reforma
- ▶ El mercado por ofertas
- ▶ Mercados vinculantes
- ▶ **Servicios complementarios**
- ▶ Conclusiones

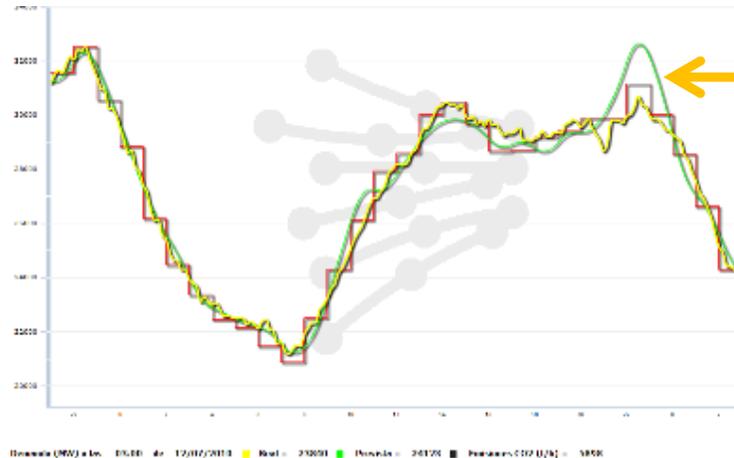
Servicios complementarios

Fundamentos

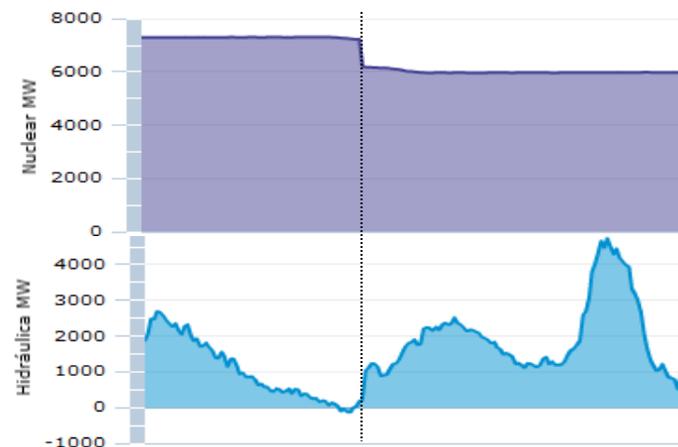
Servicios complementarios: garantizar el **equilibrio entre oferta y demanda** en tiempo real

La estabilidad del sistema puede ser amenazada por **desbalances de corto-plazo** de distintas naturalezas

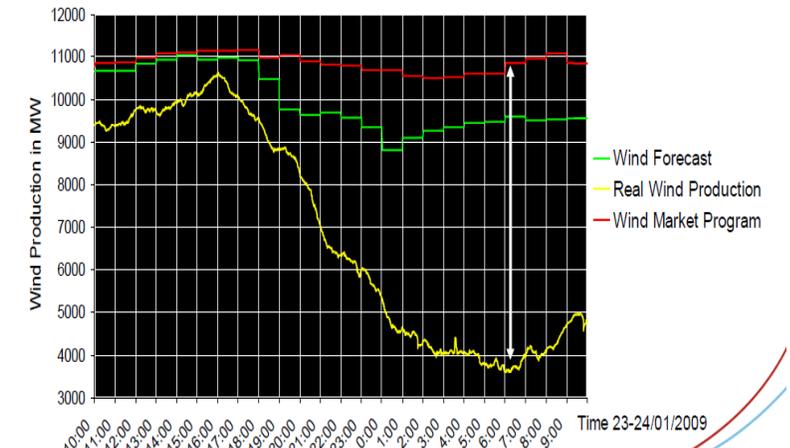
Error de pronóstico/variabilidad de la **demanda**



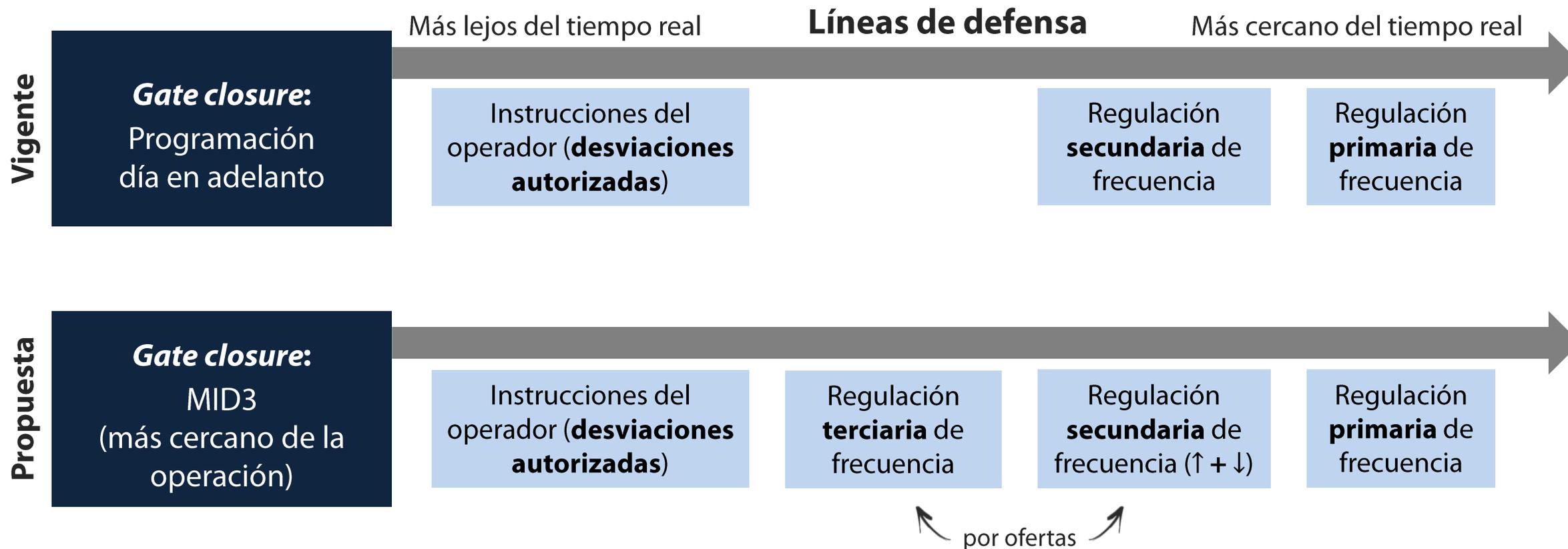
Salida forzada de generadores convencionales



Error de pronóstico/variabilidad de la **producción renovable**



Añadiéndose más flexibilidad a la operación después del *gate closure*



✓ Más líneas de defensa, más flexibilidad operativa y más cercano del tiempo real (+ pronósticos más acurados)

Co-optimización de servicios complementarios

Diseño vigente

Programación
día en adelante

Optimización SS.CC.

Asignación a partir de
ofertas de energía



Optimización energía

Únicamente **indicativo**

Diseño Res. CREG

MDA y MIDs

*Co-optimización SS.CC.
y energía*

Durante el despacho
factible

Ofertas exclusivas para
cada producto

Programa **vinculante**

Productos ofertados por los agentes en la co-optimización de corto-plazo (diseño Res. CREG):

Regulación de frecuencia **secundaria** ↑

Regulación de frecuencia **secundaria** ↓

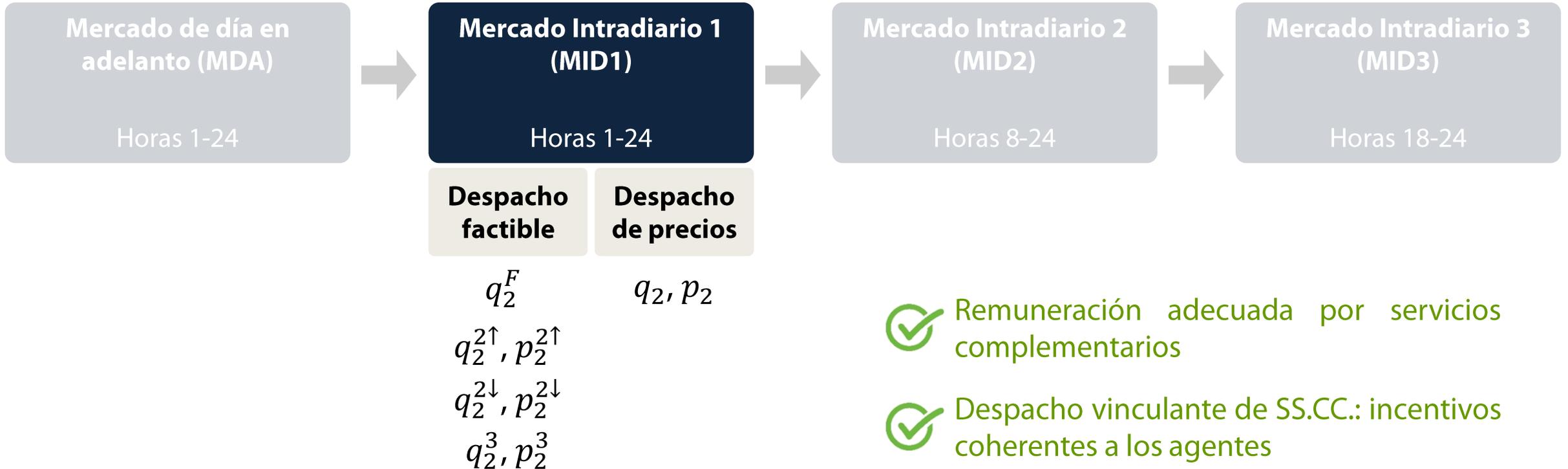
Regulación de frecuencia **terciaria**

✓ Co-optimización en línea con el estado del arte internacional

✓ Permite representación de características y costos individualmente para energía y los SS.CC.

En resumen, liquidaciones separadas para cada sesión y producto

Cada producto posee **precio y liquidación propia** en las sesiones del mercado → **despacho factible**



$$\$_n = p_n \cdot (q_n - q_{n-1}) + p_n^{Rec} \cdot (q_n^{Rec} - q_{n-1}^{Rec}) + p_n^{2\uparrow} \cdot (q_n^{2\uparrow} - q_{n-1}^{2\uparrow}) + p_n^{2\downarrow} \cdot (q_n^{2\downarrow} - q_{n-1}^{2\downarrow}) + p_n^3 \cdot (q_n^3 - q_{n-1}^3)$$

Sumario

- ▶ Motivaciones de la reforma
- ▶ El mercado por ofertas
- ▶ Mercados vinculantes
- ▶ Servicios complementarios
- ▶ Conclusiones

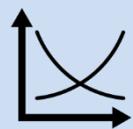
Conclusiones

 Las recomendaciones de la Resolución CREG 143 para un nuevo reglamento del mercado de mayorista son **en línea con las mejores prácticas internacionales** y la realidad de Colombia

 La introducción de **mecanismos sistemáticos para mitigación de poder de mercado** es deseable

 Avances en la **representación física y operación** del sistema:

- Más productos de reserva
- Co-optimización de la reserva

 Avances en la **comunicación entre los agentes y el operador**:

- Más flexibilidad de oferta de energía (segmentos)
- Más flexibilidad de oferta de reserva
- Ofertas por el lado de la demanda

 Avances en la **señal de precios** dada a los agentes:

- Mercados vinculantes premian pronósticos más acurados
- Remuneración por SS.CC. al precio marginal de la reserva
- Reducción del límite para PNDC (20 MW para 5 MW)

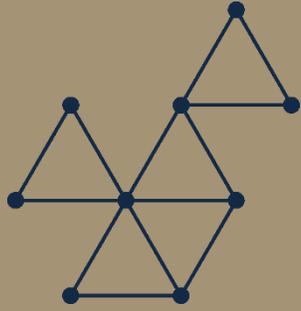
Algunos puntos de atención para monitoreo futuro...

Relación entre despacho físico y despacho factible

- ✓ Representación de **reconciliaciones** positivas y negativas en línea con el **paradigma del mercado colombiano actual** y integrada al mecanismo de **liquidaciones vinculantes**
- ⚠ Sin embargo, la distinción entre despacho físico y despacho factible es una **particularidad** de Colombia relativamente **poco explorada** en la experiencia internacional
- ⚠ Será importante evaluar la frecuencia de **“transición”** entre las diferentes posibilidades de reconciliación (positiva/negativa) **entre los mercados intradiarios**

El costo de la remuneración de la reserva

- ✓ Remuneración de SS.CC. con base en **costos marginales propios** (importante para pasar **señales de precios** adecuados) y asignadas considerando las características físicas del sistema (**despacho factible**)
- ⚠ Sin embargo, eso implica que sus precios pueden ser bastante **más altos** que los de energía, con potenciales **implicaciones al consumidor** → será importante evaluar los resultados del mercado de servicios complementarios en el futuro



 www.psr-inc.com

 psr@psr-inc.com

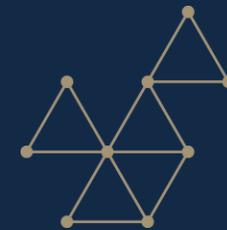
 +55 21 3906-2100

 /psrenergy

 @psrenergy

 @psrenergy

GRACIAS!



PSR