

CONSULTORÍA

Desarrollo de Peajes de Red Flexibles

Peajes de Red Flexibles

Conexiones flexibles: análisis de costes,
benchmark europeo y estructura tarifaria

DESARROLLADO PARA



EQUIPO IIT COMILLAS

José Pablo Chaves · Tomás Gómez
Matteo Troncia · Donatello Scarfiello
Eliaana Ormeño · Miguel Ángel Ruiz



Contenido

SECCIÓN



Parte 0. Introducción y planteamiento

Parte I. Cálculo de los costes incrementales de red

Parte II. Benchmark europeo de conexiones flexibles

Parte III. Cálculo de peajes: incremental y residual

Parte IV. Potencias de acceso, potencias contratadas y peajes para conexiones flexibles

Parte V. Modelo económico / casos de uso

Parte 0

SECCIÓN



Introducción y planteamiento

01

SECCIÓN



Introducción y Metodología Propuesta

El Problema

Saturación de la red y marco regulatorio para conexiones flexibles

Saturación de la red de distribución

La transición hacia la electrificación y el incremento de renovables causan congestiones. 102,4 GW de peticiones de acceso fueron rechazadas entre 2020-2024.

Conexiones firmes (limitación actual)

Las inversiones para incrementar capacidad son costosas y requieren largos plazos de puesta en marcha, generando incertidumbre en las inversiones.

Conexiones flexibles (solución propuesta)

Pueden retrasar el plan de inversiones en distribución hasta 1 año y reducir su importe en un 16% hasta 2030 (EY & IIT, 2025). La Directiva (UE) 2024/1711 exige marcos normativos que lo habiliten.

Definición de propuestas de conexiones flexibles según CNMC 2026

Tipo 0+: patrón horario · Tipo 1: N-1, $P \geq 30$ kV · Tipo 2: flex. distribución, $P \geq 30$ kV · Tipo 3: flex. transporte, $P_{flex} > 1$ MW

Análisis de costes marginales de red

Estructura del cálculo: de costes de inversión a coste total evitado

Costes de inversión conexiones firmes

Refuerzos: líneas, transformadores, etc.

+

Costes específicos de conexiones flexibles

No se esperan costes específicos en la base retributiva de actividades de red

-

Costes de inversión evitados

Diferencia entre conexión firme y flexible

+

OPEX adicionales

¿Digitalización, comunicación, control, recursos humanos y formación?

=

Coste total evitado conexiones flexibles

= Inversión evitada + OPEX adicionales netos

NOTAS METODOLÓGICAS

Costes incrementales de red

Se obtienen de la metodología de retribución de actividades de transporte y distribución.

Desglose por nivel de tensión

Los costes se desglosan por NT (BT, MT, AT) y tipo de equipo para asignarlos correctamente a cada tipo de conexión flexible.

Traslado a peajes

Los costes retribuíbles se trasladan a la estructura de peajes (término de potencia €/kW y término de energía €/kWh).

Estructura de peajes

Marco metodológico para conexiones firmes y flexibles

Conexiones firmes

*De costes incrementales
a retribución T&D*
Costes incrementales
a largo plazo por
incremento de demanda

*De costes retribuíbles
a peajes*
Metodología actual
de peajes

Resultado final
Peajes
Potencia: €/kW
Energía: €/kWh

Conexiones flexibles

*De costes incrementales
a retribución T&D*
Coste total evitado
de conexiones flexibles
+ Benchmark europeo

*De costes retribuíbles
a peajes*
Metodología actual
de peajes + ajuste
por costes evitados

Resultado final
Peajes
Potencia: €/kW
Energía: €/kWh

≥

Tipos de conexión definidos por la CNMC y costes evitados

Propuesta de Resolución CNMC 2026

Variable	Tipo 0	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Característica	Patrones con potencia flexible	Desconexión remota N-1	Totalmente flexible (distribución)	Totalmente flexible (transporte)
Nivel de tensión	Distribución (cualquier tensión)	Distribución, T>30 kV	Distribución, T>30 kV, cap. flex.>1 MW	Transporte, cap. flex.>1 MW
Posición dedicada	No necesaria	Dedicada/exclusiva en subestación	No necesaria	Normalmente no dedicada
Costes evitados	Determinar si generaría costes evitados en NT0, NT1, NT2, NT3, NT4	NT2, NT3, NT4 (solo N-1 + posición)	NT2, NT3, NT4	NT4 (solo transporte)

Fuente: Propuesta de Resolución CNMC — Permisos de acceso flexibles de la demanda a la red de transporte y distribución (2026)

02

SECCIÓN



Selección preliminar de casos europeos (benchmark)

Benchmark europeo

Análisis de prácticas de tarificación para conexiones flexibles en Europa

Reino Unido

Timed Capacity Connections (patrones horarios fijos), Export Limiting Device, ANM Zones. Mismas tarifas que conexiones firmes.

Tarifas iguales

Corte automático

Alemania

Dispositivos de control de potencias (límite 4,2 kW) y reducciones tarifarias: reducción flat, reducción porcentual o tarifa variable.

Reducciones tarifarias

Control potencia

Holanda

Capacity Limitation Contracts (temporales, con compensaciones) vs Alternative Transport Rights (permanentes, con descuentos).

Compensaciones

Descuentos

Francia

Alternative Connection Offer (con modulación de potencia) y Early Connection (smart connection offers).

Oferta alternativa

Early connection

Suecia

Conexiones condicionadas.

Condicionadas

Bélgica

Bilateral Flexibility (temporal) vs Multilateral Flexibility (permanente) con sus correspondientes compensaciones.

Bilateral

Multilateral

03

SECCIÓN



Hitos y planificación actualizada

Calendario de hitos propuesto

Reuniones de seguimiento cada dos semanas, de 13:00 a 14:00

Evento	Descripción	Fecha entregable	Fecha pago
20/04/2026 Reunión de seguimiento	—	—	—
Hito 0	Reunión de lanzamiento	4/05/2026	—
Hito 1	Presentación de análisis de costes marginales	08/05/2026	18/05/2026
Hito 2	Presentación de benchmark europeo	22/05/2026	Factura 1 — 1/06/2026
Hito 3	Propuesta de estructura de peajes flexibles	5/06/2026	15/06/2026
Hito 4	Modelo económico / casos de uso	19/06/2026	15/06/2026
Hito 5	Presentación de posicionamiento	19/06/2026	15/06/2026
Hito 6	Presentación ejecutiva	19/06/2026	Factura 2 — pendiente

Parte I

SECCIÓN



Cálculo de los costes incrementales de red

Obtención de costes de red y traslado a peajes de red

Flujo metodológico completo

1

Costes incrementales de distribución

Metodología de retribución de EY & Comillas 2025. Previsión de crecimiento de demanda (PNIEC) y generación distribuida. Caracterización de red por ratios físicos y costes unitarios.

2

Costes incrementales de transporte

Plan de Expansión 2025-2030. Clasificación de proyectos por categoría (demanda / generación / mixto). 50% de mixtos asignado a demanda.

3

Estructura de peajes flexibles

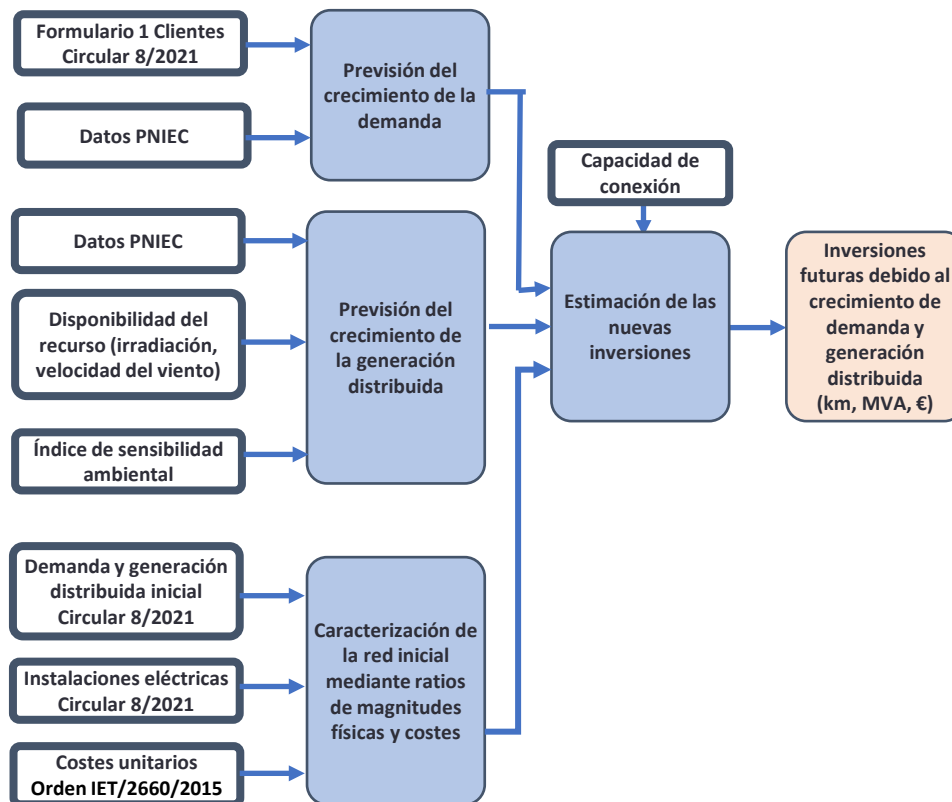
Costes retribuibiles → peajes por nivel de tensión y período tarifario. Benchmarking con metodologías europeas para conexiones flexibles.

Fuente: EY & Comillas 2025 — Modelo de previsión de Demanda y estimación de necesidades de inversión 2025-2035

Detalles metodológicos de los costes de la red de distribución

Fuente: EY & Comillas 2025

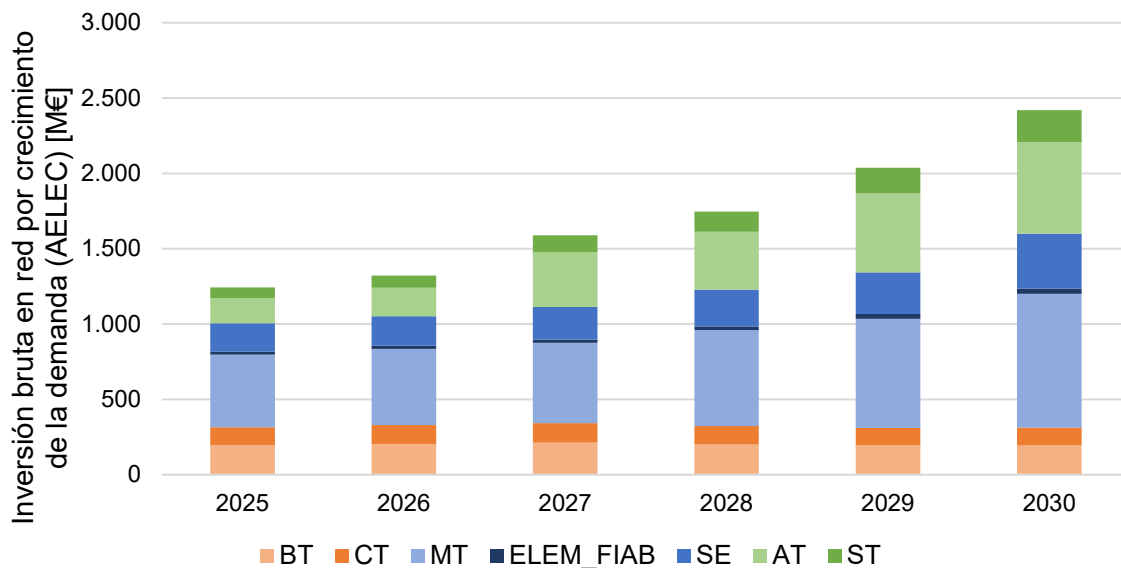
Paso 1: Cálculo de inversiones debidas al crecimiento de la demanda y generación distribuida
→ Determinar costes incrementales de conexiones firmes en distribución



Inversiones relacionadas con el incremento de demanda — red de distribución

Fuente: EY & Comillas 2025

Inversiones anuales de la red (M€) — Escenario B



BT: líneas de baja tensión
MT: líneas de media tensión
SE: subestaciones de media tensión
AT: líneas de media tensión

CT: centros de transformación de baja tensión
ELEM_FIAB: elementos de fiabilidad
ST: subestaciones de alta tensión

INVERSIÓN INCREMENTAL

Incremento demanda prevista

→ 7.915 MW/año (escenario B)

Total inversiones 2025-2035

≈ 2.042 M€ brutas anuales

Reconocidas incrementales

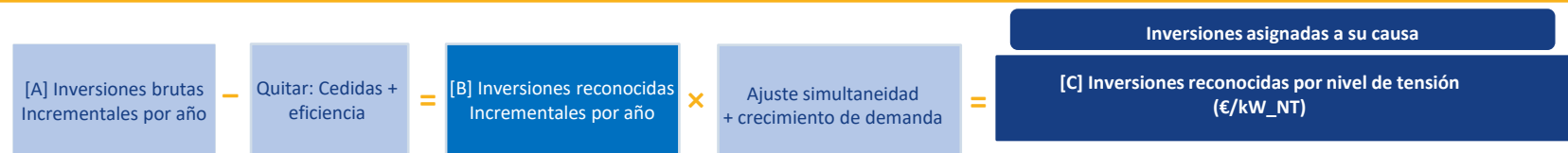
≈ 1.406 M€/año

Referencia por kW conectado

Distribuido por NT (BT/MT/AT)

Inversiones incrementales de la red de distribución por nivel de tensión

Inversiones reconocidas por tipo de equipo y nivel de tensión



Tipo equipo	[A] Inv. Brutas (M€)	[B] Inv. Reconocidas (M€)	[C] €/kW BT	[C] €/kW MT	[C] €/kW AT
BT	237	163	79.33	0.00	0.00
CT	145	100	48.48	0.00	0.00
MT	743	511	72.93	151.94	0.00
ELEM_FIAB	30	20	2.91	6.07	0.00
SE	294	202	28.82	60.05	0.00
AT	441	303	23.55	49.06	63.95
ST	154	106	8.21	17.10	22.30
Total	2.042	1.406	264,24	284,21	86,25

BT: líneas de baja tensión
 MT: líneas de media tensión
 SE: subestaciones de media tensión
 AT: líneas de alta tensión

CT: centros de transformación de baja tensión
 ELEM_FIAB: elementos de fiabilidad
 ST: subestaciones de alta tensión

Costes incrementales de la red de distribución

Retribución asociada a las inversiones por nivel de tensión (€/kW)

Tipo equipo	%O&M	€/kW BT	€/kW MT	€/kW AT
BT	1,04%	79.33	0.00	0.00
CT	2,29%	48.48	0.00	0.00
MT	1,04%	72.93	151.94	0.00
ELEM_FIAB	0,55%	2.91	6.07	0.00
SE	2,69%	28.82	60.05	0.00
AT	1,04%	23.55	49.06	63.95
ST	2,69%	8.21	17.10	22.30
Total	—	264,24	284,21	86,25

Inversiones reconocidas
(€/kW por nivel de tensión)

Tipo equipo	€/kW BT	€/kW MT	€/kW AT
BT	7.14	0.00	0.00
CT	5.03	0.00	0.00
MT	6.56	13.67	0.00
ELEM_FIAB	0.25	0.51	0.00
SE	3.12	6.49	0.00
AT	2.12	4.41	5.75
ST	0.89	1.85	2.41
Total	25.10	26.94	8.17

Costes incrementales anualizados
Anualidad + O&M + retardo retributivo (€/kW)

Los costes totales retribuidos por NT y tipo de conexión se trasladan a la estructura de peajes

Costes incrementales de la red de transporte

Clasificación de proyectos del Plan de Expansión 2025-2030



Figura 7. Reparto de la inversión propuesta por motivaciones (M€)

Costes incrementales de la red de transporte

Clasificación de proyectos del Plan de Expansión 2025-2030

1 Clasificación de proyectos por categoría

Categoría	CAPEX (M€)	OPEX (M€/a)
Demanda	2.100	38,8
Generación	1.761	28,8
Mixto (50% dem.)	1.890	24,3
Residual	5.393	34,6
Interconexiones	1.979	7,8
Total Plan	13.122	134,3

2

Proyectos mixtos: doble causalidad (demanda + generación)

Se asigna 50% del CAPEX y OPEX a demanda:
 $1.890 \text{ M€} \times 50\% = 945 \text{ M€}$ atribuible a demanda

3

CAPEX total atribuible a demanda

Categoría demanda + 50% categoría mixtos:
 $2.100 + 945 = 3.045 \text{ M€ CAPEX}$
 $38,8 + 12,2 = 51,0 \text{ M€/año OPEX}$

El CAPEX de demanda representa el 27% del CAPEX con derecho a retribución del Plan, sin interconexiones (3.045 / 11.143)

Costes incrementales de la red de transporte

Cálculo de la anualidad y resultado final

4

Anualidad retributiva

Parámetros: Tasa 6,58% | Vida útil 40 años | Retardo 1,5 años

$PMT(6,58\%; 40; 3.045 \text{ M€}) = 217,4 \text{ M€/año}$

+ OPEX anual = 51,0 M€/año → Subtotal = 268,4 M€/año

× factor retardo $(1+6,58\%)^{1,5} = 1,10$

→ Anualidad incremental = 295,3 M€/año

5

Incremento de demanda (potencia)

Potencia actual (CNMC 2024): 173,7 GW

Hipótesis crecimiento: +60% (electrificación)

Potencia futura: 278,0 GW

Δ Potencia = 104,2 GW

6 RESULTADO: Coste incremental de transmisión

$295,3 \text{ M€/año} \div 104.245.000 \text{ kW} =$

2,83 €/kW

Parte II

SECCIÓN



Benchmark europeo de conexiones flexibles

Benchmark europeo

Comparación de conexiones flexibles en Europa con propuesta de la CNMC

Tipo	España	Reino Unido	Holanda	Alemania	Bélgica	Francia G*	Suecia
Patrón horario	A*	Tipo 0: patrón horario fijo. T>1 kV, no necesaria posición dedicada en subestación. Se admiten otras conexiones en el mismo nudo. Desconexión por incumplimiento.	Timed Capacity Connections: Patrón horario fijo que puede cambiar para cada contrato.	ATR Time - slot-based schedules: estándar permanentes			
	S*		CBC - Capacity restrictions with fixed time slots: bilaterales temporales				
N-1	A*	Tipo 1: desconexión ante contingencia N-1. T>30 kV. Posición dedicada en subestación. Expectativa consumo >90% horas. No otras conexiones en el mismo nudo.	Local Management Schemes: Anomalías locales. Remote Intertrip Schemes Anomalías aguas arriba.				
Fully flex en distribución	A*	Tipo 2: fully flex. T>30 kV, P>1 MW. No necesaria posición dedicada en subestación. Expectativa consumo >90% horas. Envío de limitaciones preventivas (D-1, 30 min antes) o correctivas (1 min antes). Desconexión por incumplimiento. Se admiten otras conexiones en el mismo nudo.	ANM Zones: DSO envía señales de reducción en tiempo real. Export Limiting Device: limita automáticamente capacidad de exportación, solo generación.	ATR Time - bound: permanentes, DSO envía solicitud de reducción en D-1, 85% horas garantizadas con capacidad plena. ATR NFA 1.0: sin derecho garantizado, señal de reducción en D-1.	SteuVE: demanda P>4,2 KW Módulo 1, 2, 3 reducciones de peajes.	Offre de raccordement alternative: permanentes para generación renovable	Conditional Agreements: temporales
	S*		CBC - On-demand capacity restriction: temporales, DSO envía solicitud de reducción en D-1.		Fall-back flex: multilaterales temporales. P> 100 kVA. Subasta a la baja en zonas congestionadas, usuarios presentan ofertas de potencia de reducción y precio. En tiempo real DSO envía señales de reducción.	Raccordement Anticipé: temporales, para nueva generación.	
Fully flex en transporte	A*	Tipo 3: fully flex en transporte. P>1 MW. No necesaria posición dedicada en subestación. Expectativa consumo >90% horas. Señal de predisposición y señal de activación. Desconexión por incumplimiento. Si P>200 MW compensación al precio mercado D-1.			Fall-back flex PVN: como Fall-back flex pero en red de transporte P>15 MVA		

A*: Acceso a la red, S*: Servicios, G*: Generación

Benchmark europeo

Reino Unido – SPEN (Scottish Power Energy Networks)

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Timed Capacity Connections: Patrón horario fijo que varía según el punto de conexión y sus problemas específicos en la red, para generación y demanda, P<0,5 MVA y T<11 kV, sin comunicación activa [1].	Por lo general, se trata de soluciones temporales con una fecha de finalización preestablecida , pero si, al término del contrato temporal, el cliente no solicita pasar a una conexión firme, la conexión sigue siendo flexible . El cliente puede solicitar en cualquier momento pasar a una conexión firme, pero deberá hacerse cargo de todos los costes de refuerzo y esperar a que concluyan los trabajos [2].
	Método de activación de la limitación
	Curtailment predefinido y fijo. El cliente recibe un programa de operación que especifica cuándo y cuánta capacidad está disponible. Normalmente no requiere comunicación activa; el cumplimiento del curtailment se monitoriza mediante los datos estándar del contador . Cualquier incumplimiento puede derivar en la retirada del acuerdo de conexión [1].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan las mismas tarifas de sistema (DUoS) que las conexiones firmes. El DUoS incluye: Peaje de capacidad sobre la capacidad máxima (p/kVA), Peaje de energía (p/kWh con bandas diarias red/amber/green) y Peaje fijo (p/día). El cliente paga íntegramente las extensiones locales y los dispositivos de control, pero obtiene ahorros al no tener que pagar los refuerzos en la red principal [2].
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación específica (el curtailment es predefinido y aceptado por el cliente en la fase de diseño) [2] [18].

Este contrato es muy similar al **tipo 0** propuesto por la CNMC, y se puede interpretar que, como en España se trata de una conexión firme por períodos, los peajes que se aplican son los correspondientes a la potencia concedida sin descuento. En el Reino Unido, la ventaja es el rápido acceso a la red y el ahorro de costes de conexión.

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Export Limiting Device (ELD): Dispositivo local que mide la potencia y limita automáticamente la potencia para no superar la capacidad de exportación acordada, solo para generación. Esta conexión está disponible en todos los niveles de tensión [1].	Por lo general , se trata de soluciones temporales con una fecha de finalización preestablecida , pero si, al término del contrato temporal, el cliente no solicita pasar a una conexión firme, la conexión sigue siendo flexible. El cliente puede solicitar en cualquier momento pasar a una conexión firme, pero deberá hacerse cargo de todos los costes de refuerzo y esperar a que concluyan los trabajos [2].
	Método de activación de la limitación
	Un dispositivo local automático sin señal externa mide continuamente la potencia aparente en el límite de la instalación y regula automáticamente la salida de generación para no superar la capacidad de exportación acordada [1].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan las mismas tarifas de sistema (DUoS) que las conexiones firmes. El DUoS incluye: Peaje de capacidad (p/kVA), Peaje de energía (p/kWh con bandas diarias red/amber/green) y Peaje fijo (p/día). El cliente paga íntegramente las extensiones locales y los dispositivos de control/licencias de software, pero obtiene ahorros al no tener que pagar los refuerzos en la red principal [2].
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación. [2] [18].
Esta conexión solo aplica a la generación y, por tanto, no resulta de aplicación en lo que respecta a las conexiones flexibles que estamos analizando en España.	

Benchmark europeo

Reino Unido – SPEN (Scottish Power Energy Networks)

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Active Network Management (ANM Zones): Gestión automática en tiempo real desde el centro de control del DNO, para generación y demanda, con reducción LIFO (last-in-first-out). Solo se permite para $T \geq 33$ kV [1].	Por lo general, se trata de soluciones temporales con una fecha de finalización preestablecida , pero si, al término del contrato temporal, el cliente no solicita pasar a una conexión firme, la conexión sigue siendo flexible. El cliente puede solicitar en cualquier momento pasar a una conexión firme, pero deberá hacerse cargo de todos los costes de refuerzo y esperar a que concluyan los trabajos [2].
	Método de activación de la limitación
	Arquitectura de control en tiempo real gestionada por el centro de control del DNO . Monitoriza flujos, tensiones, importaciones/exportaciones. Al alcanzar los límites (térmicos o de tensión), el controlador ANM inicia automáticamente acciones correctivas [1]. Criterio de prioridad en condiciones normales: LIFO (Last-In, First-Out) por fecha de conexión . En condiciones anómalas (averías, cortes planificados): primero se recorta a los clientes cuya producción tiene mayor impacto sobre el activo congestionado [1].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan las mismas tarifas de sistema (DUoS) que las conexiones firmes. El DUoS incluye: Peaje de capacidad (p/kVA), Peaje de energía (p/kWh con bandas diarias red/amber/green) y Peaje fijo (p/día). El cliente paga íntegramente las extensiones locales y los dispositivos de control/licencias de software (ANM), pero obtiene ahorros significativos al no tener que pagar los refuerzos en la red principal [2].
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación dentro de los límites . El cliente paga íntegramente sus activos de extensión local y los dispositivos de control/licencias de software ANM, pero obtiene ahorros al evitar pagar los refuerzos en la red. Aplica la regla sobre el Curtailement Limit : si el operador supera el límite contractual, está obligado a pagar compensación financiera (precio máximo del mercado local de flexibilidad, aumentado en un 20 %) [2] [18].
Este contrato es el mas parecido al tipo 2 y 3 propuestos por la CNMC. En el Reino Unido, la ventaja es el rápido acceso a la red y el ahorro de costes de conexión y refuerzos en la red; no se conceden descuentos en los peajes. Al ser potestad del peticionario acceder a este tipo de conexión, se puede interpretar que las ventajas obtenidas en tiempo y costes con la conexión flexible son suficientes, sin necesidad de un descuento en los peajes.	

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Local Management Schemes: En situaciones anómalas en la red, la conexión se limita a un nivel predefinido, que suele ser cero. En el resto del tiempo capacidad máxima contratada. Se utiliza exclusivamente para gestionar las restricciones locales que puedan surgir en el punto de conexión de la instalación. Destinados principalmente a la generación, pero también aplicables a la demanda. Solo se permite para $T \geq 33$ kV [1].	Por lo general, se trata de soluciones temporales con una fecha de finalización preestablecida , pero si, al término del contrato temporal, el cliente no solicita pasar a una conexión firme, la conexión sigue siendo flexible. El cliente puede solicitar en cualquier momento pasar a una conexión firme, pero deberá hacerse cargo de todos los costes de refuerzo y esperar a que concluyan los trabajos [2].
	Método de activación de la limitación
	La capacidad se libera cuando los límites térmicos y de tensión a nivel local están dentro de los parámetros normales de operación. Si se produce una condición anómala, la conexión se recorta hasta un nivel predefinido, a menudo cero [1].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan las mismas tarifas de sistema (DUoS) que las conexiones firmes. El DUoS incluye: Peaje de capacidad (p/kVA), Peaje de energía (p/kWh con bandas diarias red/amber/green) y Peaje fijo (p/día). El cliente paga íntegramente las extensiones locales y los dispositivos de control/licencias de software (ANM), pero obtiene ahorros significativos al no tener que pagar los refuerzos en la red principal [2].
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación dentro de los límites. El cliente paga íntegramente los dispositivos de control instalados físicamente en su instalación como RTU, medidores de calidad de la energía, conexiones de comunicación (fibra óptica o satélite), módulos con protocolo DNP3 e interruptores automáticos. Obtiene ahorros significativos al evitar pagar los refuerzos en la red principal. Aplica la regla general sobre el Curtailement Limit : si el operador supera el límite contractual de horas, pagará una compensación financiera (precio referido al máximo del mercado de flexibilidad de distribución) [2] [18].

Este contrato se parece al **tipo 1** propuesto por la CNMC. En el Reino Unido, la ventaja es el acceso rápido a la red y el ahorro de costes de conexión; no se conceden descuentos en los peajes. Al ser potestad del peticionario acceder a este tipo de conexión, se puede interpretar que las ventajas obtenidas en tiempo y costes con la conexión flexible son suficientes, sin necesidad de un descuento en los peajes.

Benchmark europeo

Reino Unido – SPEN (Scottish Power Energy Networks)

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Remote Intertrip Schemes: En situaciones anómalas en la red, la conexión se limita a un nivel predefinido, que suele ser cero. En el resto del tiempo capacidad máxima contratada. A diferencia de los Local Management Schemes supervisan anomalías de la red que pueden encontrarse a gran distancia de la instalación del cliente. Destinados principalmente a la generación, pero también aplicables a la demanda. Solo se permite para T≥33 kV [1].	Por lo general, se trata de soluciones temporales con una fecha de finalización preestablecida , pero si, al término del contrato temporal, el cliente no solicita pasar a una conexión firme, la conexión sigue siendo flexible. El cliente puede solicitar en cualquier momento pasar a una conexión firme, pero deberá hacerse cargo de todos los costes de refuerzo y esperar a que concluyan los trabajos [2].
	Método de activación de la limitación
	La capacidad se libera cuando activos específicos aguas arriba están dentro de los parámetros normales de operación. Si se produce una condición anómala en la red, la conexión se recorta hasta un nivel predefinido, a menudo cero [1].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan las mismas tarifas de sistema (DUoS) que las conexiones firmes. El DUoS incluye: Peaje de capacidad (p/kVA), Peaje de energía (p/kWh con bandas diarias red/amber/green) y Peaje fijo (p/día). El cliente paga íntegramente las extensiones locales y los dispositivos de control/licencias de software, pero obtiene ahorros significativos al no tener que pagar los refuerzos en la red principal [2].
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación dentro de los límites. El cliente paga íntegramente los dispositivos de control y interfaz instalados físicamente en su instalación, pero si el sistema de control gestiona las restricciones de una zona más amplia a la que también podrán conectarse otros usuarios en el futuro, el gestor de la red se hace cargo íntegramente de los costes de las unidades de gestión locales, de esquema y de las unidades centrales (DERMS). Obtiene ahorros al evitar pagar los refuerzos en la red principal. Aplica la regla general sobre el Curtailement Limit : si el operador supera el límite contractual de horas, está obligado a pagar compensación financiera (precio referido al máximo del mercado de flexibilidad de distribución) [2] [18].
Este contrato se parece al tipo 1 propuesto por la CNMC. En el Reino Unido, la ventaja es el acceso rápido a la red y el ahorro de costes de conexión; no se conceden descuentos en los peajes. Al ser potestad del peticionario acceder a este tipo de conexión, se puede interpretar que las ventajas obtenidas en tiempo y costes con la conexión flexible son suficientes, sin necesidad de un descuento en los peajes.	

Benchmark europeo

Alemania – Westnetz

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
SteuVE – Dispositivos de consumo P> 4,2 kW – Módulo 1 [3] Reducción fija del peaje de red. Permitida en redes con T≤ 1 kV.	Contrato indefinido y obligatorio para todos los dispositivos de consumo regulables (SteuVE) con una potencia superior a 4,2 kW que se activen a partir del 1 de enero de 2024, aunque el módulo tarifario se puede modificar [3].
	Método de activación de la limitación
	El DSO (Westnetz) transmite señales de control al dispositivo CLS (Controllable Local System) instalado en la planta. El CLS ejecuta la limitación de potencia a nivel de dispositivo. Reducción temporal de potencia sin desconexión total; se garantiza una potencia mínima de 4,2 kW. Aplicación gradual y no discriminatoria entre las instalaciones participantes [3] [4].
	Peajes
	Reducción anual fija en los cargos de red, independiente del consumo real. No se requiere contador separado; el dispositivo puede permanecer conectado al contador doméstico estándar. Conexión firme (referencia 2026): parte fija: 95,56 €/año fijo + parte variable: 11,34 ct/kWh. Conexión flexible: Parte fija: 95,56 €/año + parte energía: 11,34 ct/kWh – descuento sobre el total: 165,05 €/ año (brutos). El importe total no puede ser inferior a 0. Ventajas: baja complejidad , costes mínimos de transacción e instalación, ahorro predecible. No genera incentivos marginales al consumo, no sensible al comportamiento [3] [4].
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación adicional [3] [4].

Al ser un contrato de acceso permanente y obligatorio, esta flexibilidad no se considera un servicio y, por tanto, no está remunerada. Se ofrece un descuento en los peajes correspondientes. Se interpreta que se debe al coste de los refuerzos evitados y a la indemnización al usuario por no poder disponer de la potencia máxima todo el tiempo. Podría aplicarse una lógica similar de reducción del peaje al caso de España para los **tipos 1, 2 y 3** teniendo en cuenta como límite inferior el 90% de las horas de consumo a potencia máxima, como prevé la CNMC.

En Alemania no hay una división de los peajes en periodos horarios.

Benchmark europeo

Alemania – Westnetz

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
SteuVE - Dispositivos de consumo P> 4,2 kW – Módulo 2 [3] Reducción total del peaje de la parte fija y reducción 60% parte variable. Permitida en redes con T≤ 1 kV.	Contrato indefinido y obligatorio para todos los dispositivos de consumo regulables (SteuVE) con una potencia superior a 4,2 kW que se activen a partir del 1 de enero de 2024, aunque el módulo tarifario se puede modificar [3].
	Método de activación de la limitación
	Misma arquitectura que el Módulo 1 (SMGW + CLS, control por parte del DSO con potencia mínima garantizada de 4,2 kW). Se diferencia en la configuración de medición (contador dedicado para aislar el consumo del dispositivo controlable) [3] [4].
	Peajes
	Aproximadamente un 60 % de reducción en el componente variable (€/kWh) de los cargos de red atribuibles al dispositivo controlable; anulación término fijo (€/año). Se requiere contador dedicado [3] [4]. Contrato firme (referencia 2026): parte fija: 95,56 €/año fijo + parte variable: 11,34 ct/kWh Contrato flexible (referencia 2026): 0 €/año fijo + 4,53 ct/kWh.
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación adicional [3] [4].
Al ser un contrato de acceso permanente y obligatorio, esta flexibilidad no se considera un servicio y, por tanto, no está remunerada. Se ofrece un descuento en los peajes correspondientes. Se interpreta que se debe al coste de los refuerzos evitados y a la indemnización al usuario por no poder disponer de la potencia máxima todo el tiempo. Podría aplicarse una lógica similar de reducción del peaje al caso de España para los tipos 1, 2 y 3 teniendo en cuenta como límite inferior el 90% de las horas de consumo a potencia máxima, como prevé la CNMC. Es difícil la comparación cuantitativa debido a que la estructura de peajes en Alemania es mas simple que en España y además no se carga por potencia sino por energía o con cargos fijos.	

En Alemania no hay una división de los peajes en periodos horarios.

Benchmark europeo

Alemania – Westnetz

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
SteuVE – Dispositivos de consumo P> 4,2 kW – Módulo 3 [3] Tarifa variable y fija. Permitida en redes con T≤ 1 kV.	Contrato indefinido y obligatorio para todos los dispositivos de consumo regulables (SteuVE) con una potencia superior a 4,2 kW que se activen a partir del 1 de enero de 2024, aunque el módulo tarifario se puede modificar [3].
	Método de activación de la limitación
	Misma arquitectura de control del Modulo 1 , SMGW + CLS. Requiere iMSys (inteligentes Messsystem) conectado al circuito completo del usuario para habilitar la diferenciación temporal de precios [3] [4].
	Peajes
	Diferenciación temporal de los cargos de red en tres períodos (pico/estándar/valle). Además, descuento fijo sobre el total del peaje [3] [4]. Firme (referencia 2026): parte fija: 95,56 €/año fijo + parte variable: 11,34 ct/kWh. Flexible (referencia 2026): Parte fija: 95,56 €/año – descuento sobre el total: 165,05 €/ año (brutos) + energía: • 00:00–07:00 (Valle): 1,13 ct/kWh • 07:00–15:00 / 20:00–24:00: 11,34 ct/kWh • 15:00–20:00 (Pico): 18,62 ct/kWh El importe total de los peajes no puede ser inferior a 0.
	Compensación al usuario
	No se prevé compensación adicional [3] [4].

Al ser un contrato de acceso permanente y obligatorio, esta flexibilidad no se considera un servicio y, por tanto, no está remunerada. Se ofrece un descuento en los peajes correspondientes. Se interpreta que se debe al coste de los refuerzos evitados y a la indemnización al usuario por no poder disponer de la potencia máxima todo el tiempo. Podría aplicarse una lógica similar de reducción del peaje al caso de España para los **tipos 1, 2 y 3** teniendo en cuenta como límite inferior el 90% de las horas de consumo a potencia máxima, como prevé la CNMC. Es difícil la comparación cuantitativa debido a que la estructura de peajes en Alemania es mas simple que en España y además no se carga por potencia sino por energía o con cargos fijos.

En Alemania no hay una división de los peajes en períodos horarios.

Benchmark europeo

Holanda - Enexis

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
CBC - Capaciteitsbeperking met vaste tijdsvensters (Capacity restrictions with fixed time slots) Patrones horarios. Acuerdo bilateral diferente para cada usuario. Para generación y demanda. Solo se permite para $P \geq 100$ kW [5].	Temporal. Solución puente aplicable solo en áreas donde la red de distribución ya está congestionada o lo estará en el futuro próximo. Se utiliza durante la ejecución de los trabajos de refuerzo de la red por parte del DSO [11].
	Método de activación de la limitación
	El usuario se compromete a reducir su consumo o inyección por debajo de un máximo predefinido en períodos horarios predeterminados. Debe automatizar o asegurar manualmente el cumplimiento del límite en esas horas, sin esperar señal diaria del DSO [5].
	Peajes
	Reciben remuneración, pero no descuentos de peajes [6].
	Remuneración reconocida al usuario
	Remuneración para consumidores compuesta por: • Remuneración fija de disponibilidad • Remuneración por la capacidad cortada con respeto a la P max (€/MW/h) Estos valores se acuerdan bilateralmente entre el gestor de la red de distribución y el usuario, y están sujetos a una cláusula de confidencialidad . Para productores: suma de 4 componentes – Precio de mercado (EPEX SPOT DA), subvenciones perdidas (SDE+/SDE++), Garantías de Origen, recargo acordado de manera bilateral [6].
Este tipo de contrato puede considerarse un servicio de flexibilidad en zonas congestionadas de la red y desvinculado de las condiciones de acceso a la red, aunque operativamente se parece al tipo 0 . La remuneración compensa por los servicios de flexibilidad ofrecidos a corto plazo y por el coste-oportunidad perdido por el usuario. Cuando finalicen los trabajos de refuerzo, no será necesario este tipo de flexibilidad y, por tanto, terminará el servicio prestado por la conexión flexible.	

Benchmark europeo

Holanda - Enexis

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
CBC - Capaciteitsbeperking op afroep (On-demand capacity restriction) Limitación de capacidad variable bajo aviso en el día anterior. Usuario carga su previsión de consumo antes de las 07:00 del DA si el DSO prevé congestiones envía una señal ante de las 8:30 del DA a través de la plataforma GOPACS Para generación y demanda. Solo se permite para $P \geq 100$ kW [5].	Temporal. Solución puente aplicable solo en áreas donde la red de distribución ya está congestionada o lo estará en el futuro próximo. Activa durante la ejecución de los trabajos de refuerzo de la red por parte del DSO [11].
	Método de activación de la limitación
	Limitación dinámica activada bajo llamada por el DSO el día anterior. El usuario envía la previsión de su programa antes de las 07:00. Si el DSO prevé una congestión, envía una solicitud de corte antes de las 08:30 a través de la plataforma GOPACS (API o GUI). Se garantiza una capacidad base mínima [5].
	Peajes
	Reciben remuneración, pero no descuentos de peajes [6].
	Remuneración al usuario
	Remuneración para consumidores acordada bilateralmente entre el gestor de la red de distribución y el usuario compuesta por: remuneración fija, remuneración diaria de activación, remuneración por cada activación, remuneración variable por la capacidad cortada (€/MW/h) Para productores: suma de 4 componentes – Precio de mercado (EPEX SPOT DA), subvenciones perdidas (SDE+/SDE++), Garantías de Origen, recargo acordado de manera bilateral[6].
Este tipo de contrato puede considerarse un servicio de flexibilidad en zonas congestionadas de la red y desvinculado de las condiciones de acceso a la red, aunque operativamente se parece a los tipos 2 y 3 . La remuneración compensa por los servicios de flexibilidad ofrecidos a corto plazo y por el coste-oportunidad perdido por el usuario. Cuando finalicen los trabajos de refuerzo, no será necesario este tipo de flexibilidad y, por tanto, terminará el servicio prestado por la conexión flexible.	

Benchmark europeo

Holanda - Enexis

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
ATR – Tijdsblokgebonden (Time-slot-based) Patrones horarios. El objetivo desplazar permanentemente el consumo hacia los períodos valle. Umbral > 3x80 A. Para generación y demanda [7].	Estructural y de largo plazo. Ofrecido en todas partes de la red, tanto dentro como fuera de las áreas congestionadas [11].
	Método de activación de la limitación
	El usuario tiene derecho a usar la capacidad contratada solo en ventanas temporales predefinidas; fuera de ellas no tiene derecho de uso de la red. No se requiere señal en tiempo real [7].
	Peajes
	Reducción porcentual sobre los cargos de la capacidad contratada, calculada en función de las horas en las que el acceso a la red está restringido por acuerdo mutuo. Se mantienen: cuota fija de peaje de red, potencia máxima utilizada en €/kW (pico mensual), tarifa de energía €/kWh (MT) [7]. Los productores no pagan peajes. Los grandes consumidores pagan la tarifa pico. Los pequeños consumidores solo pagan una tarifa fija.
	Compensación al usuario
	Sin compensación adicional [6].
Al ser un contrato permanente y la única forma de conectarse a la red en muchas zonas, se asimila a un contrato de acceso flexible, como los considerados en España. Se ofrece un descuento en los peajes. Se interpreta que este descuento se debe al coste de los refuerzos evitados y a una indemnización al usuario por no poder disponer de la potencia máxima en todos los períodos. Podría aplicarse una lógica similar de reducción del peaje en el caso de España para el tipo 0 con una reducción sobre los cargos de capacidad contratada en cada período horario dependiendo de las horas en las que se aplica la reducción de potencia.	

Benchmark europeo

Holanda - Enexis

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
ATR – Tijdsduurgebonden (Time-bound) El usuario tiene garantizado un número mínimo de horas de consumo, pero no sabe cuándo. El DSO lo comunica antes de las 8:30 del DA. Umbral > 3x80 A. Para generación y demanda [7].	Estructural y de largo plazo. Ofrecido en todas partes de la red, tanto dentro como fuera de las áreas congestionadas [7].
	Método de activación de la limitación
	El usuario tiene acceso garantizado a la capacidad plena durante un porcentaje mínimo de horas/año (85%), sin saber con antelación qué días serán. El DSO comunica con al menos un día de antelación (antes de las 08:30) qué horas tendrán capacidad restringida [7].
	Peajes
	Tarifa cero sobre el componente de capacidad contratada [€/kW]. Se mantienen: cuota fija de peaje de red [€/a], potencia máxima utilizada en [€/kW] (pico mensual), tarifa de energía [€/kWh] [7]. Los productores no pagan peajes. Los grandes consumidores pagan la tarifa pico. Los pequeños consumidores solo pagan una tarifa fija.
	Compensación al usuario
	Sin compensación adicional [6].
Al ser un contrato permanente y la única manera de conectarse a la red en muchas zonas, se asimila a un contrato de acceso flexible, como los considerados en España. Se ofrece un descuento en los peajes. Se interpreta que este descuento se debe al coste de los refuerzos evitados y a una indemnización al usuario por no poder disponer de la potencia máxima en todos los períodos. En Holanda, los grandes consumidores pagan, además de la tarifa por la potencia contratada, una tarifa por la potencia medida. No hay diferenciación por períodos horarios en el caso de la potencia contratada, ni de la potencia medida. En España solo se distinguen los peajes entre el componente de potencia contratada y el de potencia medida cuando esta última supera a la contratada. Este contrato de conexión flexible se parece al tipo 2 y 3 en España. El descuento en el caso de España no debería ser total, ya que se trata de un diseño tarifario distinto.	

Benchmark europeo

Holanda - Enexis

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
ATR NFA 1.0 Fully flex. No tiene derecho de uso garantizado. El DSO lo comunica antes de las 8:30 del DA. Umbral > 3x80 A. Para generación y consumo [7].	Estructural y de largo plazo. Ofrecido en todas partes de la red, tanto dentro como fuera de las áreas congestionadas [7].
	Método de activación de la limitación
	Sin derecho de uso de red garantizado. El DSO calcula diariamente la capacidad residual segura de la red y la distribuye entre los usuarios flexibles. El curtailment se reparte pro-rata en función de la capacidad solicitada. Comunicación al usuario de los límites horarios permitidos con un día de antelación, antes de las 08:30 [7].
	Peajes
	Tarifa cero sobre el componente de capacidad contratada [€/kW]. Se mantienen: cuota fija de peaje de red, potencia máxima utilizada en [€/kW] (pico mensual), tarifa de energía [€/kWh] [7]. Los productores no pagan peajes. Los grandes consumidores pagan la tarifa pico. Los pequeños consumidores solo pagan una tarifa fija.
	Compensación al usuario
	Sin compensación adicional [6].
Al ser un contrato permanente y la única manera de conectarse a la red en muchas zonas, se asimila a un contrato de acceso flexible, como los considerados en España. Se ofrece un descuento en los peajes. Se interpreta que este descuento se debe al coste de los refuerzos evitados y a una indemnización al usuario por no poder disponer de la potencia máxima en todos los períodos. En Holanda, los grandes consumidores pagan, además de la tarifa por la potencia contratada, una tarifa por la potencia medida. No hay diferenciación por períodos horarios en el caso de la potencia contratada, ni de la potencia medida. En España solo se distinguen los peajes entre el componente de potencia contratada y el de potencia medida cuando esta última supera a la contratada. Este contrato de conexión flexible se parece al tipo 2 y 3 en España, aunque en España se garantiza un 90% de las horas. El descuento en el caso de España no debería ser total, ya que se trata de un diseño tarifario distinto.	

Benchmark europeo

Francia

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Offre de raccordement alternative (Oferta de conexión alternativa) Fully flex. Tienen capacidad mínima garantizada y un cap máximo de energía cortada en tres años. Reservada a la generación. $1 \text{ kV} \leq T \leq 50 \text{ kV}$ [8].	Esquema de conexión plenamente flexible destinado a proyectos de generación renovable (fotovoltaica, eólica) incluidos en los marcos regionales de desarrollo de renovables. El contrato define una capacidad garantizada (P_garantie) y un tope trienal sobre la energía no inyectada (ENI)[8] [9].
	Método de activación de la limitación
	Órdenes en tiempo real desde el DSO. El usuario debe estar equipado con DEIE (Dispositif d'Échange d'Informations d'Exploitation), que garantiza la comunicación permanente entre la planta y el DSO. En caso de varias plantas flexibles en el mismo punto: principio LIFO (Last-In, First-Out) , se recorta primero la última conectada [19].
	Peajes
	Mismas tarifas de red (TURPE) que las conexiones firmes. Los generadores en MT/BT no pagan el componente anual de inyección (CI), pero pagan el componente de medida y de gestión del contador. [9] [10].
	Compensación al usuario
	Sin compensación dentro de límites. Si el DSO recorta potencia por debajo de la P_garantie contractual, la energía no inyectada (ENI) se indemniza. Si la energía total recortada supera el tope trienal, el exceso también se compensa. El reembolso de la ENI sigue el modelo elegido para la remuneración de la energía inyectada: • Obligation d'Achat: energía pagada al precio tarifario garantizado. • Complément de Rémunération: calculado por la Commission de Régulation de l'Énergie. • Open Market: valorada al precio DA Spot si > 0; valoración = 0 si DA Spot < 0 [20].
Las conexiones flexibles están reservadas a la generación. La flexibilidad de la demanda se lleva a cabo a través de tarifas o mercados. No aplica al caso de conexiones flexibles de demanda en España.	

Benchmark europeo

Francia

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Raccordement Anticipé – (Conexión anticipada) Conexión temporal para proyectos renovables , tiene un techo máximo de horas cortables, pero no una potencia mínima garantizada. $1 \text{ kV} \leq T \leq 50 \text{ kV}$ [8].	Solución transitoria. El usuario puede conectarse e inyectar antes de la finalización de los trabajos de refuerzo de la red. Durante el período transitorio se aplican las restricciones contractuales. Una vez finalizados los trabajos de refuerzo, la conexión pasa a ser plenamente firme [8] [9].
	Método de activación de la limitación
	Órdenes en tiempo real vía DEIE (comunicación permanente planta–DSO). Durante el período transitorio previo a la finalización de los trabajos de refuerzo, la instalación puede estar sujeta a restricciones de inyección o indisponibilidades temporales. Límites predefinidos en el contrato (máx. horas/año, a menudo distribuidas por temporada). Principio LIFO en caso de varias plantas en el mismo punto [19].
	Peajes
	Mismas tarifas de red (TURPE) que las conexiones firmes. Los generadores en MT/BT no pagan el componente anual de inyección (CI), pero pagan el componente de medida y de gestión del contador. [9] [10].
	Compensación al usuario
	Sin compensación por la flexibilidad por parte del DSO dentro de los límites. Si la energía total recortada supera el tope trienal, el exceso se compensa. El reembolso de la ENI sigue el modelo elegido para la remuneración de la energía inyectada: • Obligation d'Achat: energía pagada al precio tarifario garantizado • Complément de Rémunération: calculado por la Commission de Régulation de l'Énergie • Open Market: valorada al precio DA Spot si > 0; valoración = 0 si DA Spot < 0 [20].
Las conexiones flexibles están reservadas a la generación. La flexibilidad de la demanda se lleva a cabo a través de tarifas o mercados. No aplica al caso de conexiones flexibles de demanda en España.	

Benchmark europeo

Bélgica - Fluvius

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Fall-back flex Contratos multilaterales temporales. P > 100 kVA. 1 kV ≤ T ≤ 36 kV. Para generación y demanda. El operador de la red organiza una subasta a la baja en una zona congestionada y los usuarios presentan ofertas indicando la potencia que están dispuestos a reducir y el precio. El DSO puede solicitar una limitación de potencia en tiempo real dentro de ciertos límites predefinidos. Tanto para nuevas conexiones como para las ya existentes [11] [12]. Caducan el 8 mayo 2027.	Contratos temporales y transitorios que se utilizan mientras se espera la aplicación de la normativa definitiva sobre conexiones flexibles [11] [12].
	Método de activación de la limitación
	El operador envía una señal que establece un nuevo límite máximo de potencia permitido , respetando en todo momento el umbral mínimo de la subasta. La instalación debe ajustarse al nuevo límite en un plazo máximo de 3 minutos desde la recepción de la señal; si la instalación no se adapta correctamente en ese plazo, el operador tiene derecho a desconectar físicamente la conexión de la red [11] .
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan los mismos peajes que las conexiones firmes [11] [12].
	Remuneración al usuario
	La remuneración prevista consiste exclusivamente en una tarifa fija de reserva , que se abona por poner a disposición su capacidad flexible durante todo el período de prestación del servicio, no se prevé una remuneración variable por la activación. El mecanismo de fijación de precios establecido en la subasta es el « Pay-as-bid » [11] [12].
Este tipo de contrato puede considerarse un servicio de flexibilidad temporal que es voluntario tanto para los consumidores existentes como los que piden acceso. Se puede asimilar a un mercado local de flexibilidad. La remuneración compensa por el precio y cantidad ofertados por el usuario, que se interpreta como el coste de los servicios de flexibilidad ofrecidos a corto plazo y por el coste-oportunidad perdido por el usuario. Cuando entren en vigor los contratos definitivos de flexibilidad, la remuneración y el pago del servicio podrían cambiar.	

Benchmark europeo

Bélgica - Elia

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Fall-back flex PVN Contratos temporales. Red de transporte local (región de Flandes). P> 15 MW. 30 kV≤T≤ 70 kV. Para generación y demanda. Tanto para nuevas conexiones como para las ya existentes . Opción A: el solicitante acepta el corte del suministro sin remuneración. Opción B: el operador de la red pide a usuarios idóneos que presenten ofertas indicando la potencia que están dispuestos a reducir y el precio. El usuario que pide la conexión paga. El operador puede solicitar una limitación de potencia en tiempo real [13].	Contratos temporales y transitorios que se utilizan mientras se espera la aplicación de la normativa definitiva sobre conexiones flexibles [13].
	Método de activación de la limitación
	El operador envía una señal que establece un nuevo límite máximo de potencia permitido , respetando en todo momento el umbral mínimo de la subasta. La instalación debe ajustarse al nuevo límite en un plazo máximo de 5 minutos desde la recepción de la señal; si la instalación no se adapta correctamente en ese plazo, el operador tiene derecho a desconectar físicamente la conexión de la red [13].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan los mismos peajes que las conexiones firmes [13].
	Compensación al usuario
	Opción A: el usuario que solicita una nueva conexión o una ampliación acepta el corte del suministro sin compensación . Opción B: si el usuario que solicita la conexión o una ampliación no puede o no quiere participar en el mecanismo de cortes, el operador de red pide a otros usuarios ya conectados y idóneos que presenten ofertas para proporcionar flexibilidad . Presenta las ofertas al solicitante que quiere conectarse que acepta la más conveniente para el y paga a los proveedores de flexibilidad. La remuneración prevista consiste exclusivamente en una tarifa fija de reserva , que se abona por poner a disposición su capacidad flexible durante todo el período de prestación del servicio, no se prevé una remuneración variable por la activación. El mecanismo de fijación de precios establecido en la subasta es el «Pay-as-bid» [13].
Este tipo de contrato puede analizarse bajo dos puntos de vista. 1: las conexiones flexibles que prestan un servicio de flexibilidad temporal. 2: las condiciones de acceso para un usuario que por conectarse está dispuesto a aceptar cortes de suministro. Bajo este segundo aspecto el acceso flexible es comparable a los tipos 2, 3 de conexiones flexibles en España. En este caso se observa que no se reducen los peajes ni tampoco se compensa el corte de suministro. Es mas el solicitante puede llegar a pagar para tratar de limitar dentro de ciertos limites los cortes o la potencia reducida.	

Benchmark europeo

Bélgica - Fluvius

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
(FAO) Flexibele Aansluitingsovereenkomsten Nuevas propuestas del regulador en Flandes a falta de propuestas de contratos por el DSO Temporales relacionados con refuerzos de red. Contratos bilaterales para nuevas conexiones o para ampliar las existentes. El operador puede proponer varios tipos de contrato que tienen que ser aprobados por el regulador. Contratos propuestos en el pasado, patrones horarios, patrones horarios con liberación de potencia y flexibilidad con modulación en tiempo real [14].	Contratos temporales , la conexión se convierte en firme tan pronto como se lleva a cabo el refuerzo de la red [14].
	Método de activación de la limitación
	El DSO envía una señal en tiempo real tramite telecontrol , la activación específica depende del tipo de contrato [14].
	Peajes
	Cualquier reducción de las tarifas de peaje debe ser aprobada por el organismo regulador. En los contratos propuestos en el pasado las conexiones flexibles pagaban las mismas tarifas que las firmes [14].
	Compensación al usuario
	Depende del tipo de contrato. En los contratos propuestos en el pasado el cliente recibe compensación solo si su potencia es efectivamente limitada por el operador [14].
Estos contratos son contratos flexibles de acceso temporales para nuevos consumidores o ampliación de existentes. Se parecen a las conexiones flexibles de demanda definidas en España Tipo 0, 2 y 3 . La opción de conectar no parece reducir peajes. Se establece la posibilidad de que el usuario sea compensado cuando su potencia sea efectivamente limitada.	

Benchmark europeo

Bélgica - Fluvius

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
(FAO) Flexibele Aansluitingsovereenkomsten Nuevas propuestas del regulador en Flandes a falta de propuestas de contratos por el DSO Contratos permanentes sin fecha límite predeterminada. El usuario ofrece en una subasta la potencia flexible y el precio al que acepta ser cortado. El operador puede proponer varios tipos de contrato que tienen que ser aprobados por el regulador. Contratos propuestos en el pasado, patrones horarios y flexibilidad con modulación en tiempo real [14].	Contratos permanentes , están disponibles en zonas en las que el regulador ha determinado que la inversión en la red no es la solución más eficiente [14].
	Método de activación de la limitación
	El DSO envía una señal en tiempo real tramite telecontrol , la activación específica depende del tipo de contrato [14].
	Peajes
	Cualquier reducción de las tarifas de peaje debe ser aprobada por el organismo regulador. En los contratos propuestos en el pasado las conexiones flexibles pagaban las mismas tarifas que las firmes [14].
	Compensación al usuario
	Compensación al precio de adjudicación de la subasta [14].
Estos contratos son contratos flexibles de acceso permanentes para nuevos consumidores o ampliación de existentes. Se parecen a las conexiones flexibles de demanda definidas en España Tipo 0, 2 y 3 . La opción de conectar no parece reducir peajes. Se establece la posibilidad de que el usuario sea compensado cuando su potencia sea limitada de acuerdo a los requisitos que pida en una subasta el usuario.	

Benchmark europeo

Suecia - Svenska Kraftnät

Tipo de conexión flexible	Duración del contrato
Villkorade avtal – (Conditional Agreements) Contratos de último recurso, se utilizan cuando el mercado no casa suficientes ofertas para gestionar la red. Se trata de contratos voluntarios, el DSO puede imponer un “Villkorat avtal” únicamente si demuestra que no existen alternativas en el mercado de flexibilidad, que los proveedores son insuficientes o que faltan las condiciones para una competencia efectiva. Para generación y consumo. En principio todos los niveles de tensión, en la práctica, $40 \text{ kV} \leq T \leq 130 \text{ kV}$ [15].	Contratos temporales , con duración específica; si se llevan a cabo desarrollos que eliminan la necesidad de la conexión flexible o si se conectan otros recursos que pueden ofrecer flexibilidad a través del mercado, la potencia condicional se transforma en potencia fija [15].
	Método de activación de la limitación
	La capacidad contractual se divide en Prima effekt (potencia garantizada) , en los nuevos contratos solares en áreas congestionadas puede ser 0 kW y Villkorad effekt (potencia adicional) máxima concedida . En caso de congestión prevista, el DSO notifica al usuario. Ejemplo: Skövde Energi exige una reducción con 2 horas de antelación vía SMS, llamada telefónica o comunicación automatizada. Si el cliente no cumple con la orden de reducción, el DSO puede intervenir físicamente para desconectar la instalación [15].
	Peajes
	Las conexiones flexibles pagan los mismos peajes que las conexiones firmes proporcionalmente a la potencia máxima. El término de energía es proporcional a la energía utilizada [15] [16] [17].
	Compensación al usuario
	Sin compensación financiera por la energía cortada por el operador. Al contrario, si no se cumple la orden de reducción, el operador puede intervenir físicamente para desconectar la instalación, cargando los costes de la intervención y aplicando penalizaciones [15]. Sin compensación por exceso de corte por debajo del límite preestablecido en el contrato bilateral.
Son contratos de acceso a la red temporales, hasta que se refuerce la red o el mercado local pueda resolver los problemas. Se parecen a las conexiones flexibles tipo 2 y 3 en España. El usuario no tiene descuentos en los peajes de red y tampoco compensación. Se sabe que este mecanismo está actualmente en revisión por el regulador.	

- [1] "Flexible Connections and Principles Of Access Policy." Accessed: May 05, 2026. [Online]. Available: <https://www.spenergynetworks.co.uk/userfiles/file/ESDD-01-009.pdf>
- [2] "DCUSA Document," DCUSA. Accessed: Mar. 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.dcusa.co.uk/dcusa-document/>
- [3] "Ergänzende Bedingungen über die netzorientierte Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen in Niederspannung gemäß § 14a EnWG." Accessed: May 05, 2026. [Online]. Available: https://www.westnetz.de/content/dam/revu-global/westnetz/documents/energie-verbrauchen/neuregelung-paragraph-14-a/Ergaenzende_Bedingungen_14a_EnWG_Neukunden_2024.pdf
- [4] "preisblaetter-westnetz-strom-01-01-2026.pdf." Accessed: Apr. 30, 2026. [Online]. Available: <https://www.westnetz.de/content/dam/revu-global/westnetz/documents/ueber-westnetz/unsernetz/netzentgelte-strom/preisblaetter-westnetz-strom-01-01-2026.pdf>
- [5] ENEXIS, "Capaciteitsbeperkingscontract," Pagina web. [Online]. Available: <https://www.enexis.nl/zakelijk/netcapaciteit/flexibiliteitsoplossingen/capaciteitsbeperkingscontract#watishet>
- [6] "BIJLAGE 1 bij capaciteitsbeperkingscontract Versie 3 verbruikscongestie." [Online]. Available: <https://www.enexis.nl/-/media/enexis-nl/pdf-documents/congestiemanagement/contracten/bijlage-1-bij-capaciteitsbeperkingscontract-v3-invoedingscongestie.pdf?rev=45e733e71e544297871665bf6c8f5109>
- [7] "FAQ alternatieve transportrechten." Accessed: Apr. 30, 2026. [Online]. Available: https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/2024-03/qa_atr_2201.pdf
- [8] "Enedis for Res 24e | PDF," Scribd. Accessed: May 05, 2026. [Online]. Available: <https://fr.scribd.com/document/1026721291/Enedis-for-Res-24e>
- [9] "Enedis-FOR-CF_16E." [Online]. Available: https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Deliberations/2025/250327_2025-94_CARD-I_HTA_Enedis_Annexe_CP.pdf
- [10] "TURPE 7 HTA/BT." [Online]. Available: <https://www.enedis.fr/media/4717/download>
- [11] "PRODUCTFICHES Marktgebaseerde aankoop van flexibiliteitsdiensten voor het beheer van lokale congestie." [Online]. Available: <https://partner.fluvius.be/sites/fluvius/files/2025-06/productfiche-fall-back-flex-indiening.pdf>
- [12] "Beslissing." [Online]. Available: <https://assets.vlaamsenutsregulator.be/2026-04/BESL-2026-33.pdf?VersionId=G5krdqgxxBmV21E07WsQb0TmptaLRK3a>
- [13] "Rapport." [Online]. Available: https://assets.vlaamsenutsregulator.be/2025-12/Rapport%20RAPP-2025-25.pdf?VersionId=WQ4U0u_XRMKAxwMpacZCmM2d_id4qObJ
- [14] "Technisch reglement distributie elektriciteit versie 2026 - (T1)0." Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: <https://assets.vlaamsenutsregulator.be/2026-04/Technisch%20reglement%20distributie%20elektriciteit%20versie%202026%20-%20%28T1%290.pdf?VersionId=i0oEezUpID4nK0OEQUmghVYZOWfwoAYV>
- [15] "Villkorade avtal.pdf." Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: <https://ei.se/download/18.3505eeff187793de11f49c6/1681906296806/Villkorade-avtal-Ei-R2023-08.pdf>
- [16] "Prislista 2026 för Transmissionsnätet.pdf." Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: <https://www.svk.se/4ad78f/siteassets/aktorsportalen/anslut-till-transmissionsnätet/transmissionsnatstariff/aktuella-prislistor/prislista-transmissionsnatet-2026.pdf>
- [17] "Översyn av transmissionsnätstariffen.pdf." Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: <https://www.svk.se/4a803d/siteassets/2.utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar-odelmarknad/tariffoversyn/pm---oversyn-av-transmissionsnatstariffen.pdf>
- [18] "National Terms of Connection v15.0" [Online]. Available: <https://www.energynetworks.org/assets/images/Resource%20library/National%20Terms%20of%20Connection%20v15.0.pdf>
- [19] "Enedis-FOR-CF_13E" Accessed: May 05, 2026. [Online]. Available: https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Deliberations/2025/250327_2025-94_CARD-I_HTA_Enedis_Annexe_CG.pdf
- [20] "Enedis-MOP-CF_087E." [Online]. Available: <https://www.enedis.fr/media/2020/download>

Benchmark europeo

Resumen de la comparativa de conexiones flexibles de demanda para acceso a la red

Características	Tipo 0	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Peajes	Peaje proporcional a las horas del patrón en los periodos horarios. • Holanda: ATR - Time-slot-based schedules.		Con reducción de peaje • Holanda: ATR - Time-bound • Holanda: ATR - NFA 1.0 • Alemania: SteuVE - Modulo 1,2 3	
	Sin reducción de peaje • Reino unido: Timed Capacity Connections	Sin reducción de peaje • Reino Unido: Remote Intertrip Schemes: • Reino Unido: Local Management Schemes:	Sin reducción de peaje • Reino unido: Active Network Management (ANM Zones): • Suecia: Conditional agreements	Sin reducción de peaje • Belgica: Fall-back flex PVN
Compensación por reducción de potencia dentro de límites	Con compensación			Con compensación negativa • Belgica: Fall-back flex PVN
	Sin compensación • Holanda: ATR – Time-slot-based schedules.	Sin compensación • Reino Unido: Remote Intertrip Schemes: • Reino Unido: Local Management Schemes:	Sin compensación • Reino unido: Active Network Management (ANM Zones) • Suecia: Conditional agreements • Alemania: SteuVE - Modulo 1,2 3	
Compensación por exceso de reducción fuera de límites		Compensado al precio máximo del mercado local de flexibilidad, aumentado en un 20 % • Reino Unido: Remote Intertrip Schemes: • Reino Unido: Local Management Schemes:	Compensado al precio máximo del mercado local de flexibilidad, aumentado en un 20 % • Reino unido: ANM	
			Sin compensación por exceso • Suecia: Conditional Agreements • Holanda: ATR - Time-bound (no especificado) • Holanda: ATR - NFA 1.0 (no tiene límites)	

Parte III

SECCIÓN



Calculo de peajes: incremental y residual

De costes incrementales a peajes incrementales

Conceptos: costes incrementales versus costes residuales.

$T_{p,NT}^{tot, fm}$ Peaje de red actual definido para conexiones firmes aplicado a la potencia contratada en el nivel de tensión NT y en el período p

$$T_{p,NT}^{tot, fm} = T_{p,NT}^{inc, fm} + T_{p,NT}^{res}$$

$T_{p,NT}^{res}$ Parte del peaje asociada a costes hundidos (coste residual), se obtiene como diferencia entre el peaje total necesario para recuperar el coste total reconocido y la parte del peaje asociada al coste incremental en el nivel de tensión NT, en el período p.

$T_{p,NT}^{inc, fm}$ Parte del peaje asociado al coste incremental de la red para conectar 1 kW a la red en el nivel de tensión NT, en el período p.

$T_{p,NT}^{inc, fm}$ se calcula a partir de los costes incrementales, C_{NT}^{inc} , aplicando la metodología actual de peajes de la CNMC. El coste incremental C_{NT}^{inc} se calcula a partir de los planes de expansión de la red.

De costes de inversión a costes retribuidos — red de transporte

Trasladar los costes incrementales a remuneración del transporte

Anualidad incremental (M€/año)

$PMT(6,58\%; 40; 3.045 \text{ M€}) = (217,4 + 51,0 \text{ OPEX}) \times 1,10 \text{ retardo}$

295,3

Incremento de demanda total (GW)

Clasificación de proyectos del Plan de Expansión 2025-2030

104,2

6 RESULTADO PREVIO: Coste incremental de transmisión

$295,3 \text{ M€/año} \div 104.245.000 \text{ kW} =$

2,83 €/kW

Verificación recaudación total

$2,83 \text{ €/kW} \times 183.400.000 \text{ kW (potencia facturada)}$

≈ 519 M€

Costes incrementales de la red de distribución

Retribución asociada a las inversiones por nivel de tensión (€/kW)

Nivel de tensión	Grupo tarifario	Potencia facturada Periodo Tarifario 1 [GW]	Fuente: CNMC
NT ≤ 1 kV	2.0 TD	131,4	
NT ≤ 1 kV	3.0 TD	21,8	
1 kV < NT < 30 kV	6.1 TD	19,5	
30 kV ≤ NT < 72,5 kV	6.2 TD	5	
72,5 kV ≤ NT < 145 kV	6.3 TD	2,3	
NT ≥ 145 kV	6.4 TD	4,4	

Tipo equipo	EUR/kW_BT	EUR/kW_MT	EUR/kW_AT		
BT	7,14	0,00	0,00	NT0 →	1.844 (M€)
CT	5,03	0,00	0,00		
MT	6,56	13,67	0,00	NT1 →	1.940 (M€)
ELEM_FIAB	0,25	0,51	0,00		
SE	3,12	6,49	0,00		
AT	2,12	4,41	5,75	NT2 + NT3 →	702 (M€)
ST	0,89	1,85	2,41		
Total	25,10	26,94	8,17		
				NT2 (55%) →	
				NT3 (45%) →	316 (M€)

Retribución a recuperar por nivel de tensión

Retribución de redes a recuperar por nivel de tensión tarifario (M€)

"Retribución de redes a recuperar por nivel de tensión tarifario (M€)"	Retribución de transporte [M€]	Retribución de distribución [M€]			
	NT4	NT3	NT2	NT1	NT0
	519	315,8	385,9	1.939,8	1.843,6
	100%	7.04%	8.61%	43.25%	41.10%

Incremental
5.004 M €
73% de la
retribución

"Retribución de redes a recuperar por nivel de tensión tarifario (M€)"	Retribución de transporte [M€]	Retribución de distribución [M€]			
	NT4	NT3	NT2	NT1	NT0
	1.184,8	515,2	629,6	2.200,2	2.078,2
	100%	21.26%	25.98%	27.76%	25.01%

Actual
Original
CNMC

Estos valores de costes se asignan por niveles de tensión y por periodos horarios a las potencias contratadas siguiendo la metodología de peajes actual de la circular 3/2020 de la CNMC

Peajes incrementales y residuales por grupo tarifario

División de los peajes actuales en incrementales y residuales

Peaje Incremental

Grupo tarifario	Término de potencia de los peajes (€/kW año)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 TD	18,33	0,39	-	-	-	-
3.0 TD	11,80	6,24	1,99	1,57	0,47	0,47
6.1 TD	17,00	8,96	3,45	2,47	0,05	0,05
6.2 TD	9,16	5,20	1,36	0,84	0,03	0,03
6.3 TD	5,43	3,30	1,10	0,72	0,02	0,02
6.4 TD	2,89	1,72	0,43	0,30	0,01	0,01

Peaje Residual

Grupo tarifario	Término de potencia de los peajes (€/kW año)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 TD	4,99	0,06	-	-	-	-
3.0 TD	3,14	1,66	0,51	0,34	0,06	0,06
6.1 TD	6,94	3,73	1,30	0,87	0,02	0,02
6.2 TD	7,62	4,25	1,14	0,69	0,03	0,02
6.3 TD	4,96	2,96	1,00	0,64	0,02	0,02
6.4 TD	3,71	2,21	0,55	0,39	0,01	0,01

Parte IV

SECCIÓN



**Potencias de acceso, potencias
contratadas y peajes para
conexiones flexibles**

Conexiones flexibles a la red eléctrica

Aspectos económicos: peajes y remuneraciones

Peajes de red. Los peajes de red tienen como finalidad recuperar los costes de construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica, así como enviar señales económicas a los usuarios sobre el impacto que su conexión genera en el sistema. Se estructuran habitualmente en dos componentes complementarios:

- El **peaje de potencia** sirve para remunerar los costes asociados a la disponibilidad de una determinada capacidad de acceso a la red. Las infraestructuras eléctricas deben entonces dimensionarse para atender la capacidad máxima de demanda o inyección previstos, independientemente de su grado real de utilización. Una mayor potencia contratada implica la necesidad de realizar inversiones adicionales en líneas, transformadores y subestaciones, con el fin de garantizar un suministro seguro y fiable.
- El **peaje de energía** retribuye el uso efectivo de la red, en función de la energía transportada. Cubre los costes variables asociados al transporte de la electricidad, como las pérdidas técnicas, y refleja la intensidad real con la que el usuario aprovecha la capacidad puesta a su disposición.

Cuando un usuario acepta una conexión flexible con limitación estructural, reduce la capacidad firme que el operador debe reservar; la red ya no tiene que dimensionarse para su pico máximo, sino para un nivel inferior. Esto se traduce en un menor coste de infraestructura para el sistema, que puede trasladarse al usuario principalmente a través de un descuento en el peaje de potencia, ya que este componente captura el coste incremental de nuevas inversiones en elementos de la red.

En los contratos de conexión flexible de acceso a la red, cuya finalidad es garantizar una conexión que de otra manera no sería posible, no se prevé ninguna **compensación** por los cortes o **reducciones de potencia dentro de límites**, ya que sin ellos el usuario no podría beneficiarse de la conexión. En cambio, en los contratos de servicio, el usuario presta un servicio activo a la red de flexibilidad, por lo que se le **remunera** por la disponibilidad ofrecida y/o por el coste de oportunidad que asume cada vez que su generación o consumo se ve limitado.

La **remuneración por exceso de recorte** o **reducciones de potencia fuera de límites** constituye un mecanismo de protección destinado a garantizar que las limitaciones impuestas a los usuarios con conexiones flexibles no superen los niveles previstos en el contrato. Cuando la frecuencia, la duración o la magnitud de las restricciones exceden los umbrales acordados, el operador debe compensar económicamente al usuario por las pérdidas adicionales ocasionadas. De este modo, se mantiene el equilibrio entre el beneficio obtenido por un acceso anticipado o más económico a la red y el riesgo asumido por el usuario al aceptar condiciones de suministro no firmes.

Conexiones flexibles a la red eléctrica

Propuestas de peajes y remuneración en España

La propuesta planteada para España busca un doble equilibrio: por un lado, los descuentos deben reflejar los menores derechos de uso de la red que caracterizan a las conexiones flexibles frente a las firmes y, por otro, deben ser cost-effective, es decir, traducir en términos tarifarios un ahorro real para el sistema sin generar sobrecompensaciones que acaben recayendo sobre el resto de los usuarios.

- En las conexiones de **tipo 0**, donde la limitación se define mediante un patrón horario, los peajes se calcularían de forma **proporcional a la potencia efectivamente disponible en cada periodo tarifario**. De este modo, el usuario paga únicamente por la capacidad de red que realmente tiene derecho a utilizar en cada franja horaria, alineando el coste con el uso efectivo de la infraestructura.
- En las conexiones de **tipo 1, 2 y 3**, donde la flexibilidad permite postergar o evitar inversiones de refuerzo en la red, el descuento se vincularía al **porcentaje de inversión de refuerzo evitada** gracias a la aceptación de la limitación, que es diferente para cada tipo de conexión. Así, el ahorro tarifario refleja directamente el ahorro real en costes de infraestructura que la conexión flexible genera para el sistema.

En cuanto a la **compensación por reducciones de potencia dentro de límites**, la propuesta para España parte de la premisa conceptual de que las conexiones flexibles **no se configuran como un servicio de flexibilidad, sino como una modalidad de acceso a la red**. Es decir, el usuario no ofrece una prestación al sistema a cambio de una contraprestación económica, sino que accede a la red bajo unas condiciones de uso limitadas que él mismo ha aceptado a cambio de un acceso más rápido o de una conexión que, de otro modo, no sería posible en zonas congestionadas.

Bajo esta lógica, **no procede compensar las reducciones de potencia dentro de límites**, ya que la limitación constituye una característica intrínseca del título de acceso del que dispone. La compensación supondría desnaturalizar el modelo y asimilarlo a otros mecanismos que deberían desarrollarse como un mercado local de flexibilidad.

En el modelo español, el **límite máximo de reducciones de potencia** no se configura como una garantía firme, sino como una **expectativa de funcionamiento**; por esa razón, sería necesario establecer un mecanismo que disuada el recurrir de forma sistemática a las conexiones flexibles más allá de lo razonable, y que evite que estas se utilicen como sustituto de los mercados de flexibilidad. Esta compensación se podría vincular a la energía no suministrada (ENS) pero la opción que mejor responde a la lógica del sistema es indexarla al precio del mercado local de flexibilidad, añadiendo un sobrecoste adicional que penalice el exceso. El precio de mercado captura el valor que la flexibilidad tiene en cada momento y añadirle un sobrecoste asegura que la opción de mercado siga siendo la preferida en condiciones normales.

Benchmark europeo

Lecciones aprendidas de la comparativa europea de conexiones flexible de acceso a la red para el caso de España

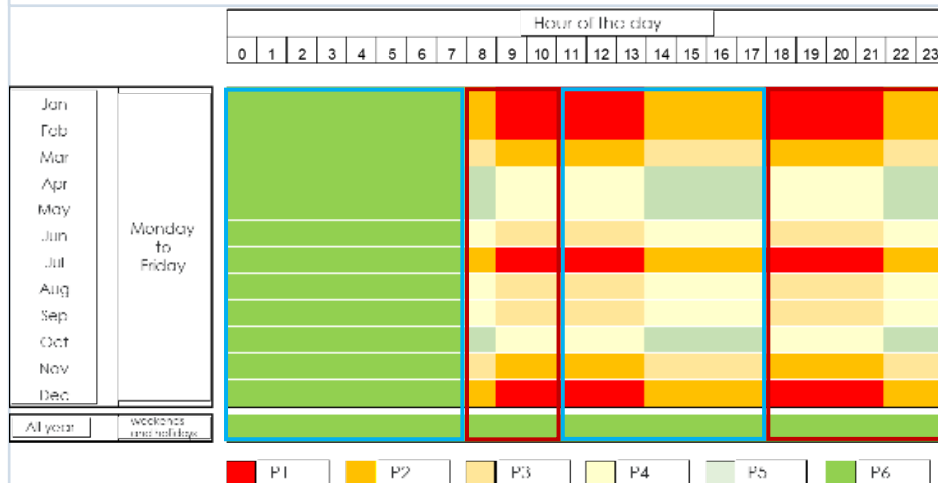
Tipo	Peajes	Compensación por reducción de potencia dentro de límites	Compensación por exceso de reducción fuera de límites
Tipo 0 (Patrones)	● El contrato ATR - Time-slot-based schedules de Holanda es el caso más parecido al tipo 0 propuesto por la CNMC en España. Ofrece una reducción porcentual de los cargos por capacidad contratada, calculada en función de las horas en las que el acceso a la red está restringido. Este descuento refleja bien los ahorros del operador para reforzar la red. ● El contrato Timed Capacity Connections de Reino unido es operativamente similar al tipo 0 de España, pero no hay descuentos de peaje. En el Reino Unido, la ventaja es el rápido acceso a la red y el ahorro de costes de conexión. El operador de red paga íntegramente los refuerzos hasta un determinado umbral. Si se superan dichos umbrales, el usuario se hace cargo de los costes adicionales de red; por lo tanto, conectarse en zonas congestionadas podría suponer unos altos costes de conexión que se evitarían con las conexiones flexibles.	● ATR - Time-slot-based schedules de Holanda ● Timed Capacity Connections de Reino unido Para ambos los contratos no se prevén compensaciones por reducciones de potencia porque estos contratos son considerados de acceso a la red y no servicios que deben ser remunerados.	● ATR - Time-slot-based schedules de Holanda ● Timed Capacity Connections de Reino unido Como son patrones preestablecidos gestionados por el usuario no puede superar los límites.
Tipo 1 (N-1)	● Remote Intertrip Schemes y Local Management Schemes en Reino Unido son los más similares desde el punto operativo al tipo 1 de España, pero no hay descuentos de peaje. Esta falta de descuento no refleja bien los costes evitados del operador para reforzar la red.	● Remote Intertrip Schemes y Local Management Schemes en Reino Unido No se prevén compensaciones por reducciones de potencia porque son contratos de acceso a la red y no servicios que deben ser remunerados	● Remote Intertrip Schemes y Local Management Schemes en Reino Unido. Compensación financiera al precio máximo del mercado local de flexibilidad, aumentado en un 20 %. En España todavía no existen mercados locales.
Tipo 2 y 3	● ATR - Time-bound en Holanda se parecen muchos a los tipos 2 y 3 en España. Tienen un mínimo garantizado del 85% de las horas a potencia máxima. Los ATR - NFA 1.0 no tienen derechos garantizados, pero operativamente se parecen. Para los dos tipos se anula el término de potencia contratada, pero siguen pagando el pico mensual de potencia. ● SteuVE en Alemania tienen un límite de potencia garantizada de 4,2 kW. Dependiendo del modulo elegido hay reducción de peaje fijo e/o diferenciación de precio en el peaje de energía. ● ANM en Reino unido la ventaja es el rápido acceso a la red y el ahorro de costes de conexión entonces no hay descuentos. ● En Suecia los conditional agreements son alternativas de ultimo recurso al mercado de flexibilidad entonces no ofrecen descuentos. En España hay una expectativa de consumo del 90% de las horas, pero no se paga el pico de potencia mensual porque hay una división por periodos horarios.	● ATR - Time-bound y ATR - NFA 1.0 en SteuVE en Alemania, ANM en Reino unido y conditional agreements en Suecia No se prevén compensaciones por reducciones de potencia porque son contratos de acceso a la red y no servicios que deben ser remunerados	● Holanda: ATR - NFA 1.0 no tiene derechos garantizados entonces no tiene compensación ● SteuVE en Alemania el operador no puede cortar por debajo de los 4,2 KW. ● ANM en Reino unido Compensación financiera al precio máximo del mercado local de flexibilidad, aumentado en un 20 %. ● ATR - Time-bound no especifica compensación, pero como el corte es comunicado en el DA el usuario puede denunciar si se sobrepasa el límite. En España hay una expectativa de consumo del 90% de las horas, pero no es un limite garantizado así que parece bien definir una compensación por exceso de reducción.

Conexión flexible Tipo 0: Patrones horarios

Tipo 0 (Patrones horarios) Tensión: BT, MT, AT, **permite coexistencia con permiso de acceso firme**

Conexiones firmes

Periodos tarifarios para las potencias contratadas firme



Conexiones flexibles tipo 0

La potencia de acceso flexible se define como la concedida con el siguiente patrón de funcionamiento de absorción de energía de la red:

- Periodo desde 0:00 hasta 7:59
- Periodo desde 11:00 hasta 17:59

En este patrón horario la conexión es firme

Solapes: con todos los periodos tarifarios P1 a P6

- P1: 11:00 a 13:59 (En, Fb, Jl, Dc) Lunes a Viernes
- P2: 11:00 a 13:59 (Mr, Nv) Lunes a Viernes
- P3: 11:00 a 13:59 (Jn, Ag, Sp) Lunes a Viernes
- P4: 11:00 a 13:59 (Ab, My, Oc) Lunes a Viernes
- P5: 14:00 a 17:59 (En, Fb, Jl, Dc) Lunes a Viernes
- P6: 14:00 a 17:59 (Mr, Nv) Lunes a Viernes
- P7: 14:00 a 17:59 (Jn, Ag, Sp) Lunes a Viernes
- P8: 14:00 a 17:59 (Ab, My, Oc) Lunes a Viernes
- P9: 0:00 a 7:59 (todo el año) / 11:00 a 17:59 (fines de semana y festivos)

Este modelo es poco coherente con la estructura de peajes vigentes, ya que divide los periodos horarios de facturación y abarca tanto horas punta como horas valle.

Horas del patrón flexible tipo 0

Horas donde el consumo no está permitido

Conexión flexible Tipo 0: Potencias contratadas y peajes

Tipo 0 (Patrones horarios)

Conexión firme en horario fuera del patrón

P_a^{fm} : Potencia de acceso firme

P_p^{fm} : Potencia contratada firme en el periodo p; $P_p^{fm} \leq P_a^{fm}$; $P_p^{fm} \leq P_{p+1}^{fm}$; p=1 a 6

$T_{p,NT}^{fm}$: Tarifa de red o peaje aplicable a la potencia contratada en el periodo p (€/kW_año); NT= nivel de tensión

h_p^{fm} : horas del año con potencia contratada firme en el periodo p (fuera del patrón)

Pago_peaje $_p^{fm}$: Pago de peaje por la potencia contratada firme en el periodo p

Conexión flexible Tipo 0 en horario del patrón

P_a^{fx} : Potencia de acceso flexible; $P_a^{fx} > P_a^{fm}$

P_p^{fx} : Potencia contratada flexible en el periodo p; $P_p^{fx} \leq P_a^{fx}$; $P_p^{fx} \leq P_{p+1}^{fx}$; p=1 a 6

$T_{p,NT}^{fx}$: Tarifa de red o peaje aplicable a la potencia contratada en el periodo p (€/kW_año); NT= nivel de tensión

h_p^{fx} : horas del año con potencia contratada flexible en el periodo p (dentro del patrón)

h_p^T : horas del año del periodo p; $h_p^T = h_p^{fm} + h_p^{fx}$

Pago_peaje $_p^{fx}$: Pago de peaje por la potencia contratada flexible en el periodo p

$$\text{Pago_peaje}_p^{fm} + \text{Pago_peaje}_p^{fx} = T_{p,NT}^{fm} \cdot P_p^{fm} \cdot \frac{h_p^{fm}}{h_p^T} + T_{p,NT}^{fx} \cdot P_p^{fx} \cdot \frac{h_p^{fx}}{h_p^T}$$

Se asume que la demanda tiene una conexión firme en el horario fuera del patrón, y una conexión flexible tipo 0 (que también es firme) en el horario del patrón
Obsérvese que la potencia firme y la potencia flexible se definen de forma independiente, cada una de ellas en diferentes patrones horarios

Mismos costes incrementales que conexiones firmes en los periodos horarios del patrón

El ahorro medio del peaje de potencia es del 59%, aunque las horas prohibidas solo representen el 37,5 % del total. Esto se debe a que las horas prohibidas por el patrón tienen tarifas diferentes.

Conexión flexible Tipo 1: Potencias contratadas y peajes

Tipo 1: Tensión > 30 kV, conexión dedicada y exclusiva desde subestación, **no permite coexistencia con permiso de acceso firme**

Conexión flexible Tipo 1

Según la literatura el porcentaje de los refuerzos necesarios para resolver problemas de contingencia N-1 son el **15-20%** | 16-22%*** | 21,3%**** del total.**

P_a^{fx} : Potencia de acceso flexible; P_a^{fx}

P_p^{fx} : Potencia contratada flexible en el periodo p; $P_p^{fx} \leq P_a^{fx}$; $P_p^{fx} \leq P_{p+1}^{fx}$; p=1 a 6

$T_{p,NT}^{fm}$: Tarifa de red o peaje aplicable a la potencia contratada firme en el período p (€/kW_año); NT= nivel de tensión

$$T_{p,NT}^{fm} = T_{p,NT}^{inc, fm} + T_{p,NT}^{res}$$

Pago_peaje $_p^{fx}$: Pago de peaje por la potencia contratada flexible en el periodo p

$$T_{p,NT}^{inc, fx} = T_{p,NT}^{inc, fm} \cdot (1 - \alpha_{N-1,p})$$

α_{N-1} : porcentaje de los costes de refuerzos debidos a problemas de contingencia N-1 (por unidad). Se asume un 20%.

La expectativa de no reducir la potencia de acceso debe garantizarse al menos el 90% de las horas del año (límite del 10% de las horas totales*).

$$\text{Pago_peaje}_p^{fx} = T_{p,NT}^{res} \cdot P_p^{fx} + T_{p,NT}^{inc, fx} \cdot P_p^{fx} = T_{p,NT}^{res} \cdot P_p^{fx} + T_{p,NT}^{inc, fm} \cdot (1 - \alpha_{N-1}) \cdot P_p^{fx}$$

Se asume que la demanda tiene una conexión flexible tipo 1 en el nivel de tensión NT

*Propuesta Resolución CNMC — permisos de acceso flexibles · **Castelli et al. (2024) Applied Energy · ***Finnish Parliament HE20/2013 · ****Seppälä et al., Electricity (2024)

Conexión flexible Tipo 2 y 3: Potencias contratadas y peajes

Tipo 2 y 3: Tensión > 30 kV, no conexión dedicada y exclusiva desde subestación, **permite coexistencia con permiso de acceso firme**

Conexión flexible Tipo 2 y 3

P_a^{fx} : Potencia de acceso flexible concedida por encima de la firme; P_a^{fx}
 P_p^{fx} : Potencia contratada flexible en el periodo p; $P_p^{fx} \leq P_a^{fx}$; $P_p^{fx} \leq P_{p+1}^{fx}$; p=1 a 6
 $T_{p,NT}^{fm}$: Tarifa de red o peaje aplicable a la potencia contratada firme en el período p (€/kW_año); NT= nivel de tensión
 $T_{p,NT}^{fm} = T_{p,NT}^{inc, fm} + T_{p,NT}^{res}$
 Pago_peaje_p^{fx} : Pago de peaje por la potencia contratada flexible en el periodo p

$$T_{p,NT}^{inc, fx} = T_{p,NT}^{inc, fm} \cdot (1 - \beta_{N-1,p})$$

β_{N-1} : porcentaje de los costes incrementales asociados a resolver problemas de congestiones o de tensión en la red mediante el uso de flexibilidad (por unidad). Se asume un 50% *.

La expectativa de no reducir la potencia de acceso debe garantizarse al menos el 90% de las horas del año (límite del 10% de las horas totales*).

$$\text{Pago_peaje}_p^{fx} = T_{p,NT}^{res} \cdot P_p^{fx} + T_{p,NT}^{inc, fx} \cdot P_p^{fx} = T_{p,NT}^{res} \cdot P_p^{fx} + T_{p,NT}^{inc, fm} \cdot (1 - \beta_{N-1}) \cdot P_p^{fx}$$

Se asume que la demanda tiene una conexión flexible tipo 1 en el nivel de tensión NT

* En principio podría asumirse que la conexión flexible ahorra todo el coste incremental. Sin embargo, existen razones tales como el coste incremental representa también refuerzos e inversiones para suministrar el crecimiento vegetativo de la demanda, también según la metodología de la circular 8/2025 de la CNMC los distribuidores deben capturar parte de los ahorros como incentivo (50%). Estudios realizados demuestran que con flexibilidad solo se puede ahorrar o posponer un porcentaje de las inversiones.

Término de energía

Tipo 0, 1, 2 y 3

Conexiones firmes

E_p^{fm} : Energía consumida en cada periodo p durante los periodos firmes de la conexión

$TE_{p,NT}$: Tarifa de red aplicable a la energía consumida en cada periodo y nivel de tensión

$$\text{Pago_peaje}_{p,NT}^{En} = E_p^{fm} \cdot TE_{p,NT}$$

Conexiones flexibles

E_p^{fx} : Energía consumida en cada periodo p durante los periodos firmes de la conexión

$TE_{p,NT}$: Tarifa de red aplicable a la energía consumida en cada periodo y nivel de tensión

$$\text{Pago_peaje}_{p,NT}^{En} = E_p^{fx} \cdot TE_{p,NT}$$

El precio por kWh consumido es el mismo independientemente del tipo de conexión porque el termino de energía debería teóricamente representar las pérdidas de energía en la red y los refuerzos para reducirlos.

Mismos peajes para la energía utilizada en conexiones firmes y flexibles (Tipos 0, 1, 2 y 3)

Compensación por limitaciones de potencia fuera del límite esperado: Tipo 1, 2 y 3

Régimen de compensaciones según horas de corte (Propuesta para cuando existan mercados de flexibilidad o estableciendo un proxy al precio del mercado de flexibilidad)

La expectativa de consumo es de al menos el 90% de las horas del año.

Dentro del límite del 10%

Ninguna compensación

El número de horas que se estima en el estudio en el que no se cumplirán los criterios de seguridad en condiciones de indisponibilidad, estaría acotado al 10% de las horas del año, por lo tanto, la instalación tendrá una expectativa de poder consumir al menos 90% de horas al año. Esta expectativa de consumo no ha de entenderse como garantía de suministro (Propuesta de resolución CNMC RDC/DE/003/25).

Si se supera el límite del 10%

**Precio del mercado local de flexibilidad
+
Componente adicional**

El precio de mercado captura el valor que la flexibilidad tiene en cada momento y añadirle un sobrecoste asegura que la opción de mercado siga siendo la preferida en condiciones normales

Parte V

SECCIÓN



Modelo económico / casos de uso

Calculo de los márgenes de remuneración con el uso de conexiones flexibles en España

Calculo para conexiones flexibles de tipo 0, 1 y 2

1 Estimación de la demanda
El enfoque emplea pronósticos de crecimiento de la demanda nacional, obtenidos del estudio EY-IIT, para calcular los incrementos anuales de potencia conectada a las redes de distribución para el período 2026-2031.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Demanda anual prevista EY-IIT	174,09	179,26	186,13	194,03	203,29	213,63	221,21

2 Potencia contratada
Sin conexiones flexibles, la potencia incremental facturada equivale a la potencia incremental calculada precedentemente, pero las conexiones flexibles no pagan los mismos peajes que las firmes, pagan un porcentaje menor. Se evaluarán varios escenarios con diferente cantidad de conexiones flexibles.

	Distribución firme/flexible	Tipo de conexión flexible
Escenario A	100% firme	
Escenario B	75% firme + 25% flexible	25% Tipo 0, 5% Tipo 1, 70% Tipo 2
Escenario C	50% firme + 50% flexible	25% Tipo 0, 5% Tipo 1, 70% Tipo 2

3 Cálculo de las inversiones
Para cada uno de los escenarios planteados, se calculan las nuevas inversiones admisibles (NIA) y las inversiones realmente necesarias. Las NIA representan las inversiones de referencias máximas calculadas por el regulador consideradas eficientes y que se pueden remunerar. Las conexiones necesarias son las que se van realmente a necesitar con el uso de conexiones flexibles ya que solo la parte firme requiere inversiones reales. En el escenario A estas dos inversiones coinciden; en los escenarios con conexiones flexibles las inversiones realmente necesarias resultan inferiores a las inversiones admisibles.

$$NIA_{n,n-2}^i = K_p^i \cdot \Delta P_{n-1 \rightarrow n}^i + IS_n^i$$

$NIA_{n,n-2}^i$: El NIA de un DSO en el año de remuneración n tiene en cuenta las inversiones consideradas eficientes en el año n-2.

K_p^i : es el factor de sostenibilidad económica que relaciona la demanda de potencia contratada facturada con la inversión en la red. Establecida por el operador.

$\Delta P_{n-1 \rightarrow n}^i$: es el aumento de la demanda de potencia contratada facturada en el año n.

IS_n^i : el presupuesto de inversión no vinculado a la conexión de la demanda incremental, necesario para la sustitución de activos, la digitalización y la innovación, entre otros, en el año n. El regulador fija su valor al inicio de cada período regulatorio.

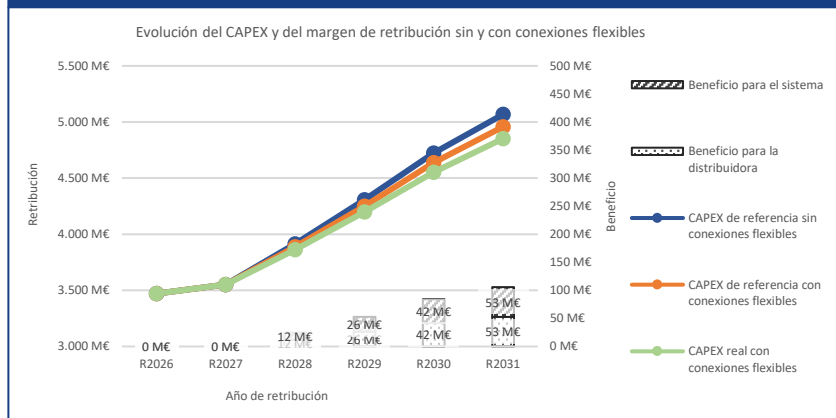
4 Profit-sharing
Se considera que el OPEX con conexiones firmes es igual al OPEX con conexiones flexibles. Por lo tanto, el margen de remuneración, que normalmente se calcula como la diferencia entre el TOTEX real y el TOTEX de referencia, se obtiene como la diferencia entre el CAPEX real y el de referencia.

La diferencia entre el CAPEX de referencia y el CAPEX real representa los márgenes de remuneración en el escenario con conexiones flexibles y se distribuye al 50% entre el operador de red y los usuarios.

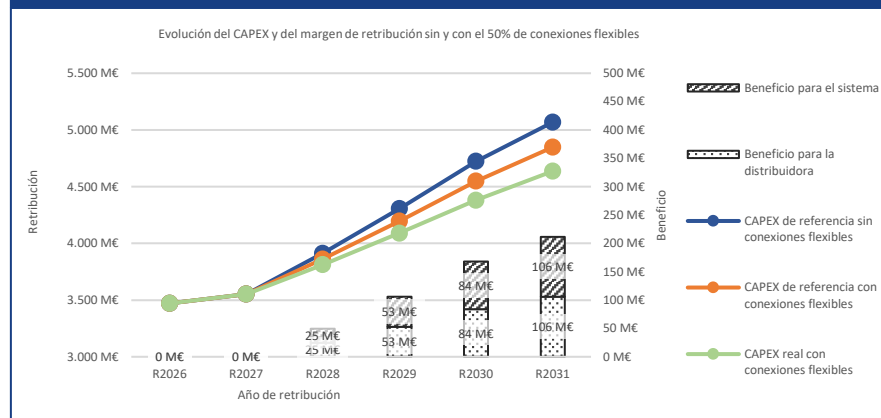
Calculo de los márgenes de remuneración con el uso de conexiones flexibles en España

Resultados

Escenario B: 75% conexiones firmes, 25% conexiones flexibles



Escenario C: 50% conexiones firmes, 50% conexiones flexibles



El **escenario A** corresponde al 100% de potencia adicional de tipo firme y se representa en las gráficas con una línea azul. En este escenario, simplemente se remuneran las inversiones efectuadas incrementadas con el coeficiente de retorno definido por el regulador.

En los **escenarios B y C**, teniendo en cuenta el nuevo modelo de remuneración del DSO, las inversiones reconocidas están vinculadas a los incrementos de la potencia contratada facturada. La introducción de conexiones flexibles reduce la potencia contratada facturada en comparación con las conexiones firmes, esta reducción depende de cada tipo de conexión flexible. Por lo tanto, las nuevas inversiones reconocidas se reducen en la misma cuantía. Al mismo tiempo, las inversiones en la red necesarias para las conexiones flexibles son menores, ya que solo la parte firme de la nueva potencia conectada requiere una ampliación de la red, lo que genera **márgenes de beneficio para la distribuidora con el nuevo esquema retributivo (Circular 8/2025)**. Estos márgenes se **reparten al 50%** entre la distribuidora y los usuarios.

Los detalles sobre la metodología de este caso de estudio pueden consultarse en:

https://www.iit.comillas.edu/publicacion/congreso/es/12693/Flexible_Connection_Agreements_and_TOTEX_Incentive_Regulation_for_Efficient_Network_Infrastructure_Deployment:_The_Spanish_Case

Batería térmica Rondo

Construcción de un modelo de optimización en el mercado diario con datos del 2025 y detalles técnicos suministrados por Rondo

La batería térmica Rondo (RHB) está diseñada para satisfacer las necesidades de calor de cualquier instalación industrial y puede sustituir directamente a las calderas que utilizan combustibles fósiles. Aprovecha la electricidad en las horas más baratas, la convierte en calor y lo almacena hasta que se requiera. En este modelo el suministro de la carga térmica está fijado hora a hora y se optimiza la carga eléctrica en las horas más baratas del mercado eléctrico.

Parámetros	Valores
Capacidad de carga	80 MWe
Capacidad de descarga	30 MWt
Capacidad de almacenamiento	312 MWh
Eficiencia ciclo	96%

Réplica del modelo de optimización proporcionado	
Coste real suministrado por Rondo 9.186.687 €	Energía retirada de la red- caso Rondo 199.872 MWh
Coste simulado (+0,043%) 9.190.673 €	Energía retirada de la red modelado (+0,46%) 200.795MWh

Date	Hour	Charge (MWe)	Discharge (MWt)	Storage (MWh)	SOC (%)	Wholesale (€/MWh)
01/01/2029	1	0,0	18,7	93,6	30,0%	72,35
01/01/2029	2	0,0	22,2	74,2	23,8%	68,19
01/01/2029	3	0,0	23,9	51,3	16,5%	65,02
01/01/2029	4	0,0	19,0	26,8	8,6%	63,78
01/01/2029	5	62,3	24,1	7,1	2,3%	61,90
01/01/2029	6	0,0	23,4	44,3	14,2%	64,46
01/01/2029	7	0,0	19,5	20,2	6,5%	67,65
01/01/2029	8	27,8	27,0	0,0	0,0%	58,87
01/01/2029	9	20,6	19,8	0,0	0,0%	50,80
01/01/2029	10	22,3	21,5	0,0	0,0%	44,23
01/01/2029	11	52,5	23,8	0,0	0,0%	39,96
01/01/2029	12	80,0	24,0	27,8	8,9%	22,91

Batería térmica Rondo

Cálculo de los costes de suministro eléctrico total de una batería térmica conectada con conexión firme y con conexión flexible de tipo 0

La batería térmica Rondo (RHB) aprovecha la electricidad en las horas de precio más bajo en el mercado, la convierte en calor y lo almacena hasta que se requiera suministrar la demanda térmica. En este modelo, el suministro de la carga térmica está fijado hora a hora; por tanto, se optimiza la carga eléctrica en las horas de menor precio en el mercado eléctrico.

Conexión firme (80 MW en todas las horas del año)

Gestión de la energía*: **7.268.024 €**

Cargos y peajes de potencia: **2.201.636 €**

Coste total: **9.469.660 €**

Conexión flexible **tipo 0** (80 MW en todas las horas del patrón y 0 en el resto)

Gestión de la energía**: **7.650.704 €** (+5% de la firme)

Cargos y peajes de potencia: **1.199.506 €** (-46% de la firme)

Coste total: **8.850.210 €** (-7% de la firme)

Parámetros	Valores
Capacidad de carga	80 MWe
Capacidad de descarga	30 MWt
Capacidad de almacenamiento	312 MWh
Eficiencia ciclo	96%

Tipo de conexión flexible	Coste total
Tipo 0	-7% de la firme

Al ser una conexión flexible de **tipo 0**, ya se conocen las horas limitadas, por lo que se puede reprogramar la carga de la batería para proporcionar toda la energía térmica necesaria. El coste de gestión de la energía es mayor porque se compra en horas en las que el precio es más alto, pero el descuento del peaje de potencia hace que el coste total sea inferior.

* Valor de la energía en el mercado DA: 6.544.980 € + cargos y peajes de energía: 723.044 €

** Valor de la energía en el mercado DA: 6.980.918 € + cargos y peajes de energía: 669.786 €

Batería térmica Rondo

Cálculo de los costes de suministro eléctrico total de una batería térmica conectada con conexión flexible de tipo 1, 2 y 3

En las simulaciones se han tenido en cuenta las siguientes condiciones límite:

- **Límite máximo de horas de corte admitido.** Se ha simulado la batería cortando el 10% de las horas del año.
- **Cortes en tiempo real.** Para el tipo 2, el operador podría notificar con un día de antelación las horas de limitación, permitiendo reprogramar el consumo.
- **Corte total de la potencia.** Para los tipos 2 y 3, la limitación es dinámica, lo que podría disminuir el impacto sobre las horas limitadas.
- **Completa imprevisibilidad de las horas de corte.** Se considera un margen adicional de carga en la batería para reducir el riesgo de energía no suministrada.

Coste total con cortes en las horas de mayor demanda del año
(Tipo 1)

Gestión de la energía*: **6.645.335 €** (-9% de la firme)
Cargos y peajes de potencia: **2.027.933 €** (-8% de la firme)
ENS térmica: **16.463 MWh** (8% de la firme)
Coste total: **8.673.268 €** (-8% de la firme)

Tipo de conexión flexible	Coste total
Tipo 1	-8% de la firme

Coste total con cortes en las horas de mayor demanda del año
(Tipo 2 y 3)

Gestión de la energía*: **6.645.335 €** (-9% de la firme)
Cargos y peajes de potencia: **1.767.379 €** (-20% de la firme)
ENS térmica: **16.463 MWh** (8% de la firme)
Coste total: **8.412.714 €** (-11% de la firme)

Tipo de conexión flexible	Coste total
Tipo 2 y 3	-11% de la firme

Al desconocerse las horas de corte con antelación, la batería puede no disponer de suficiente carga para cubrir la demanda, generándose **energía térmica no suministrada**. No obstante, el coste de gestión energética disminuye, ya que la energía limitada se valora al precio de desvíos. Junto con el descuento en el peaje de potencia, esto reduce el coste total.

El almacenamiento térmico puede complementarse con sistemas de respaldo, como calderas de gas o biomasa, o utilizar estrategias de gestión de la demanda que reduzcan temporalmente los procesos menos críticos, **mitigando así el impacto económico** de las restricciones de suministro. Así mismo, el caso presentado se considera el más desfavorable, por producirse el coste de suministro sin previo aviso. Un sistema térmico que cuente con tiempo de preaviso suficiente puede reprogramar la carga y reducir de forma parcial o completa la energía térmica no suministrada.

* Valor de la energía en el mercado DA: 6.544.980 € + cargos y peajes de energía: 521.807 € + costes de desvíos: -421.452 €

Batería térmica Rondo

Cálculo de los costes de suministro eléctrico total de una batería térmica conectada con conexión flexible de tipo 1, 2 y 3

Para **evitar energía térmica no suministrada**, la energía eléctrica cortada podría recuperarse mediante compras en el mercado continuo en las horas posteriores. Por falta de datos del mercado continuo, en estos dos casos se ha valorizado al **precio de desvíos** y al **precio del mercado DA**, lo que podría suponer un mayor coste

Energía térmica no suministrada valorizada al **precio de desvíos**

Coste total con cortes en las horas de mayor demanda del año (tipo 1). **Precio de desvíos**

Gestión de la energía*: **7.944.194** (+9% de la firme)
Cargos y peajes de potencia: **2.027.933 €** (-8% de la firme)
Coste total: **9.972.127 €** (+5% de la firme)

Coste total con cortes en las horas de mayor demanda del año (tipo 2 y 3). **Precio de desvíos**

Gestión de la energía*: **7.944.194** (+9% de la firme)
Cargos y peajes de potencia: **1.767.379 €** (-20% de la firme)
Coste total: **9.711.573 €** (+3% de la firme)

Energía térmica no suministrada valorizada al precio medio de compra del **mercado DA**

Coste total con cortes en las horas de mayor demanda del año (tipo 1). **Precio mercado DA.**

Gestión de la energía**: **7.168.933 €** (-1% de la firme)
Cargos y peajes de potencia: **2.027.933 €** (-8% de la firme)
Coste total: **9.196.867 €** (-3% de la firme)

Coste total con cortes en las horas de mayor demanda del año (tipo 2 y 3). **Precio mercado DA.**

Gestión de la energía**: **7.168.933 €** (-1% de la firme)
Cargos y peajes de potencia: **1.767.379 €** (-20% de la firme)
Coste total: **8.936.313 €** (-6% de la firme)

* Valor de la energía en el mercado DA: 6.544.980 € + cargos y peajes de energía: 615.044 € + costes de desvíos: 784.170 €

** Valor de la energía en el mercado DA: 7.068.578 € + cargos y peajes de energía: 521.807 € + costes de desvíos: -421.452 €

Batería de iones de litio de 10 MW

Optimización del arbitraje en el mercado Day-ahead

En este caso de uso, analizaremos una batería de iones de litio de **10 MW de potencia y 40 MWh de capacidad**, utilizada para arbitraje en el mercado diario. Para que sea rentable, la batería debe cargarse durante las horas de precios bajos y descargarse durante las horas de precios altos. Se han impuesto restricciones en el SOC, tanto mínimo como máximo, para que no realice un ciclo de carga y descarga completo y, de esta manera, extienda al máximo su ciclo de vida. Como la batería tiene ciclos limitados, también se han cuantificado los costes de reemplazo de sus módulos para evitar ciclos innecesarios. La simulación se realiza con los precios del mercado mayorista de 2025. Las baterías actualmente no pagan peajes, pero eso podría cambiar en el futuro, por eso se han tenido en cuenta los peajes para el caso base aplicados a la potencia contratada y a la energía consumida o retirada de la red. El beneficio actual de las conexiones flexibles es poder conectarse a la red cuando no hay acceso firme.

Parámetros	Valores
Eficiencia de carga	92%
Eficiencia de descarga	96%
Auto-descarga mensual	3%
SoC min/max	15%/95%
SoC inicial	50%
Profundidad de descarga	80%
Ciclos máximos de referencia	5000
Coste de replazo	150.000 €/MWh
O&M Variables	5 €/MWh

Beneficios arbitraje conexión firme

Beneficios energía DA: **830.376 €**
Cargos y peajes de energía: **61.398 €**
Cargos y peajes de potencia: **584.497 €**
Margen total: **184.481 €**

Beneficios arbitraje conexión flexible Tipo 0

Beneficios energía DA: **830.376 €**
Cargos y peajes de energía: **61.398 €**
Cargos y peajes de potencia: **318.572 €**
Margen total: **450.406 € (+144% firme)**

Beneficios de una batería con **conexión firme** que puede retirar siempre su potencia máxima de la red (10 MW)

Beneficios de una batería con conexión flexible de **Tipo 0**. El patrón horario de esta conexión es el siguiente:

- Desde 0:00 hasta 7:59
- Desde 11:00 hasta 17:59

El beneficio no se ve afectado por esta conexión flexible, ya que, como la potencia es limitada solo del lado de la demanda, la batería puede seguir retirando energía durante las horas solares y nocturnas, que son las más baratas, e inyectar energía durante las horas pico, por la mañana y por la tarde. El ahorro se debe al descuento del 60% en los peajes de potencia.

Batería de iones de litio de 10 MW

Optimización en el mercado day-ahead con precios del 2025 para conexiones flexibles de Tipo 1

Las conexiones flexibles de **Tipo 1** están relacionadas con problemas de contingencia N-1. En caso de que se produzcan estas contingencias, la conexión se corta y **no es posible ni retirar ni inyectar** energía a la red. Se han simulado dos escenarios: el **escenario A**, en el que los **cortes son totalmente aleatorios** durante el año, y el **escenario B**, en el que los cortes se producen en las horas de mayor demanda de la red, calculadas en cada periodo tarifario de acuerdo con los porcentajes de utilización de la red en esas horas, según la metodología de la CNMC para el cálculo de los peajes (Circular 3/2020). En la simulación, se ha considerado un **corte total del 100% de la capacidad** en cada periodo y un porcentaje máximo del **10% de los periodos cortables**, de acuerdo con la resolución de la CNMC respecto a las conexiones flexibles. Para cada simulación, se han generado **100 escenarios aleatorios** para seleccionar los periodos de corte. Dado que la limitación se **comunica en tiempo real**, en este caso se generan **costes de desvío**, pero **el ahorro del 20% en peajes por potencia** los compensa y el **beneficio neto total es mayor** al del caso de conexión firme.

Beneficio total con cortes totalmente aleatorios en cualquier hora del año

Beneficios energía DA: **830.376 €**
Coste de desvíos: **64.898 €**
Cargos y peajes de energía: **55.339 €**
Cargos y peajes de potencia: **521.561 €**
Margen total: **188.578 €** (+2% de la firme)

Beneficio total con cortes en las horas de mayor demanda del año

Beneficios energía DA: **830.376 €**
Coste de desvíos: **42.722 €**
Cargos y peajes de energía: **50.893 €**
Cargos y peajes de potencia: **521.561 €**
Margen total: **215.200 €** (+17% de la firme)

Batería de iones de litio de 10 MW

Optimización en el mercado day-ahead con precios del 2025 para conexiones flexibles de Tipo 2 y 3

Las conexiones flexibles de **Tipo 2 y 3** pueden ser cortadas en tiempo real por el operador para resolver problemas de red. En caso de que se produzcan estas contingencias, la conexión **no puede retirar energía de la red**. Se han simulado dos escenarios: el **escenario A**, en el que los **cortes son totalmente aleatorios** durante el año, y el **escenario B**, en el que los cortes se producen en las horas de mayor demanda de la red, calculadas en cada periodo tarifario de acuerdo con los porcentajes de utilización de la red en esas horas, según la metodología de la CNMC para el cálculo de los peajes (Circular 3/2020). En la simulación, se ha considerado un **corte total del 100% de la capacidad** en cada periodo y un porcentaje **máximo del 10% de los periodos cortables**, de acuerdo con la resolución de la CNMC respecto a las conexiones flexibles. Para cada simulación, se han generado **100 escenarios aleatorios** para seleccionar los periodos de corte. Dado que la limitación se **comunica en tiempo real**, se producen **costes de desvío**, pero el **ahorro del 50% en peajes de potencia** los compensa y el **beneficio neto total es mayor** que en el caso de una conexión firme.

Beneficio total con cortes totalmente aleatorios en cualquier hora del año

Beneficios energía DA: **830.376 €**

Coste de desvíos: **64.898 €**

Cargos y peajes de energía: **55.339 €**

Cargos y peajes de potencia: **427.158 €**

Margen total: **282.981 €** (+53% de la firme)

Beneficio total con cortes en las horas de mayor demanda del año

Beneficios energía DA: **830.376 €**

Coste de desvíos: **42.722 €**

Cargos y peajes de energía: **50.893 €**

Cargos y peajes de potencia: **427.158 €**

Margen total: **309.603 €** (+68% de la firme)

- **Descuentos de peajes de potencia propuestos respecto a los valores actuales de conexiones firmes:** Tipo 0 proporcional a la potencia disponible en las horas del patrón, resulta $\approx 60\%$, Tipo 1 = 20%, Tipo 2 y 3 = 50%.
- **Peajes de energía:** Sin cambios respecto a las conexiones firmes.
- **Principio de proporcionalidad:** Un usuario con menos derechos de acceso a la red no debe asumir los mismos costes que un usuario con acceso firme e ininterrumpido.
- **Descuentos que reflejan los costes de la red:** Los porcentajes de descuento propuestos, distintos para cada tipo de conexión flexible, están relacionados con los costes evitados por el sistema y con el uso de la infraestructura.
- **Beneficios económicos compartidos:** Al reducir los costes de refuerzo de la red, se crea un margen de remuneración adicional que se distribuye equitativamente entre los operadores de red y los usuarios mediante un esquema de reparto de beneficios.
- **Beneficio para los usuarios de las conexiones flexibles:** los usuarios que puedan adaptarse a restricciones temporales podrán reducir sus costes de acceso sin que sus actividades habituales se vean excesivamente afectadas gracias a los descuentos en peajes.
- **Asignación eficiente de costes:** La coexistencia de distintas modalidades de acceso permite distribuir los costes de la red de manera más acorde con el nivel de servicio recibido por cada usuario.
- **Facilitación de nueva demanda y almacenamiento:** La propuesta permite integrar nuevas cargas y almacenamiento en el sistema eléctrico de forma más rápida, sin comprometer la seguridad ni la eficiencia operativa de la red.



¡Muchas gracias!

José Pablo Chaves · Tomás Gómez · Matteo Troncia · Donatello Scarfiello · Eliana Ormeño · Miguel Ángel Ruiz