



Comisión Regional de Interconexión Eléctrica

**CRIE-15-2024  
MODIFICACIÓN NORMATIVA  
REFERENTE A LOS  
NUMERALES D7.1.1 Y D7.1.2  
DEL ANEXO “D” DEL LIBRO III  
DEL RMER DENOMINADO:**

**“FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL  
PROGRAMA DE SELECCIÓN DE SOLICITUDES  
(PSS) PARA EL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE  
DT Y FORMULACIÓN MATEMÁTICA PARA LOS  
CARGOS VARIABLES DE TRANSMISIÓN  
NETOS (CVT NETOS) Y LOS INGRESOS POR  
VENTAS DE DT (IVDT)”**



# Introducción

## Derechos Firmes

Está asociado a un Contrato Firme y asigna a su Titular, durante el Período de Validez: a) **el derecho pero no la obligación** de inyectar potencia en un nodo de la RTR y a retirar potencia en otro nodo de la RTR y, b) **el derecho a percibir o la obligación de pagar una Renta de Congestión** según el resultado del producto de la Energía Declarada o Energía Requerida Reducida en el predespacho o redespacho Regional del Contrato Firme asociado a dicho derecho, por la diferencia entre el Precio Nodal de retiro menos el Precio Nodal de inyección, resultantes del predespacho o redespacho Regional.



## Contrato Firme

Contrato que **da prioridad de suministro** de la energía contratada a la parte compradora, debe tener asociado Derechos de Transmisión entre los nodos de inyección y retiro.

Fuente: Glosario del RMER

# CONTENIDO

Antecedentes

Normativa aplicable

Análisis

- NECESIDAD DE OPTIMIZAR LA EFICIENCIA EN LA VALORACIÓN DE DERECHOS DE TRANSMISIÓN
- PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA
- MEJORAS EN LA VALORIZACIÓN DE LOS DERECHOS FIRMES (DF)

Conclusiones

Recomendaciones



# ANTECEDENTES

**29/07/2020:** CRIE-50-2020, “*Modificaciones relacionadas con los Derechos Firmes y Contratos Firmes de Corto Plazo*”

**11/12/2020:** Se decidió iniciar el proceso de actualización de la regulación de DT para 2021-2023.

**02/22 - 03/22:** Se encargó al Dr. Jesús Velásquez revisar el modelo de subasta de DT. El informe se emitió el 25/04/22.

**06/10/2022:** Se presentó el “Diseño General y propuesta para la actualización de la regulación de DT en el Mercado Eléctrico Regional de América Central V2022-1006”.



# ANTECEDENTES

**10/11/22:** GM realizó un taller sobre el informe de DT para reguladores y la JC de CRIE, y envió el informe a entidades reguladoras nacionales para comentarios.

**30/11/22:** La ASEP y CNEE enviaron las observaciones a la CRIE sobre el informe de DT.

**03/02/23-10/03/23:** Se analizó los resultados de los CVT de enero de 2023, recomendó reformas en la valoración económica de los DT para solucionar el problema.



# ANTECEDENTES

**22/02/24** Publicación del informe de diagnóstico y sometimiento a consulta pública. CP-01-2024

**28/02/24 – 13/03/24:**  
Recepción de observaciones a la consulta pública CP-01-2024

**30/04/24:** Se resuelve, entre otros, APROBAR la “MODIFICACIÓN NORMATIVA REFERENTE A LOS NUMERALES D7.1.1 Y D7.1.2 DEL ANEXO ‘D’ DEL LIBRO III DEL RMER. CRIE-15-2024



# NORMATIVA APLICABLE

## Tratado Marco

- “Artículo 2. Los fines del Tratado son:// f. Establecer reglas objetivas, transparentes y no discriminatorias para regular el funcionamiento del mercado eléctrico regional y las relaciones entre los agentes participantes (...) // g) **Propiciar que los beneficios derivados del mercado eléctrico regional lleguen a todos los habitantes de los países de la región.**”
- “Artículo 23. Las facultades de la CRIE son, entre otras:// a. Regular el funcionamiento del Mercado, emitiendo los reglamentos necesarios. // c. Adoptar las decisiones para propiciar el desarrollo del Mercado, asegurando su funcionamiento inicial y su **evolución gradual hacia estados más competitivos.** (...) // e. Regular los aspectos concernientes a la transmisión y generación regionales. (...) // i) Aprobar las tarifas por el uso del sistema de transmisión regional según el reglamento correspondiente. (...)”.

## RMER

- Libro III, Anexo D, “D7 Precios de los DT”
- “D.7.1.1 Sobre la base de los resultados de la asignación de DT, **se definirá el precio de los DT** de acuerdo al sistema de precios nodales implícito, que se calculará de acuerdo a las fórmulas que se presentan en esta sección”.
- “D.7.1.2 **El monto a pagar** por parte de los compradores de DT que resulta de la asignación de DT se calcula según el procedimiento indicado en este artículo.”





# Necesidad de Optimizar la Eficiencia en la Valoración de Derechos de Transmisión

## Contexto y Desafíos Actuales

1. Asignación con **valoración** de DT basadas en precios duales y **nodales parciales**.
2. **Desequilibrios financieros en la CGC** por cargos atípicos en concepto de CVTn.



## Implicaciones de Postergar la Implementación

1. **Continuidad de desbalances** financieros en la CGC.
2. **Riesgos de insuficiencia** financiera y falta de previsibilidad en el MER.



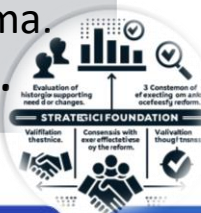
## Directrices de la Propuesta

1. Parte de la Reestructuración integral **sugerida por especialistas**.
2. Enfoque en la valoración precisa y eficiencia económica en las subastas de DT.



## Fundamentación Estratégica de la Iniciativa

1. Evaluación de **datos históricos** que respaldan la necesidad de cambios.
2. **Consenso con experto** sobre la viabilidad y eficacia de la reforma.
3. **Validación a través de pruebas**.



## Ventajas Estratégicas

1. Equilibrio económico mejorado entre IVDT y RC en predespacho.
2. Señales de precio acorde a la competencia de los agentes.



## Prioridad de Acción

1. Adopción gradual para mitigar riesgos financieros.
2. Mejoras tangibles en la operatividad del MER.





# Resultados de CVTn durante 2023

- Se observó un comportamiento atípico de los CVT netos en algunos meses del año 2023, generando cargos netos mensuales a la CGC en enero.
- **Especialistas sugieren ajustes en la valorización** de la asignación de derechos de transmisión.
- Las causas de los problemas con los CVT netos en 2023:
  - Valoración de DT basadas en **precios duales y nodales parciales** en la subasta de los Derechos de Transmisión,
  - Escenarios de mercado con diferentes condicionantes a las transacciones regionales:
    - **Reducción** en el volumen de las transacciones en el MER.
    - **Rentas de congestión altas** con respecto al CVTmer generado por las transacciones no firmes.
    - **Transacciones no firmes en contraflujo** a los Contratos Firmes.
    - Contratos Firmes entre **nodos con altas pérdidas**.

Esto se tradujo en **cargos mensuales netos a la Cuenta General de Compensación (CGC)** en enero 2023, se proponen reformas normativas para mejorar la valorización económica de los Derechos de Transmisión.

Mes	Cargos (USD)	Abonos (USD)	Neto (USD)
ene-23	201,316	122,958	<b>-78,358</b>
feb-23	123,849	218,708	94,859
mar-23	0	2,170,838	2,170,838
abr-23	0	1,246,613	1,246,613
may-23	101,258	2,778,063	2,676,805
jun-23	0	2,096,771	2,096,771
jul-23	0	657,268	657,268
ago-23	40,420	1,948,395	1,907,975
sep-23	0	4,161,840	4,161,840
oct-23	87,487	1,902,728	1,815,241
nov-23	151,899	91,060	<b>-60,839</b>
dic-23	7,514	1,828,656	1,821,142
<b>Total</b>	<b>713,743</b>	<b>19,223,898</b>	<b>18,510,155</b>

Suma de montos de CVTneto correspondientes a la conciliación diaria sumando días con cargo neto y abonos netos por mes para el año 2023 (BD EOR)

# Análisis de CVTs

<u>Mes</u>	<u>Cvtmer</u>	<u>Cvttdt</u>	<u>Cvtneto</u>
enero	<b>642,880</b>	<b>721,244</b>	<b>-78,358</b>
febrero	500,638	405,780	94,859
marzo	2,520,096	349,237	2,170,838
abril	1,342,177	95,535	1,246,613
mayo	8,315,929	5,639,289	2,676,805
junio	4,938,514	2,841,927	2,096,771
julio	1,562,943	905,672	657,268
agosto	8,185,068	6,277,093	1,907,975
septiembre	8,082,157	3,920,315	4,161,840
octubre	4,380,162	2,565,025	1,815,241
noviembre	<b>1,230,274</b>	<b>1,291,098</b>	<b>-60,839</b>
diciembre	3,504,962	1,683,634	1,821,142
<b>Total</b>	<b>45,205,800</b>	<b>26,695,849</b>	<b>18,510,155</b>

- Los CVTmer son producto de las transacciones del mercado.
- Los CVTdt en representan los montos de cobertura de Renta de Congestión.
- Los CVTnetos resultan de los CVTmer descontando los CVTdt

# PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

## Marginales actuales asociados a los precios de DT

$[\beta_e^+]_{L*1}, [\beta_e^-]_{L*1}$  valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (4)  
**(Ecuación de Factibilidad de Derechos Firmes)**

$[\sigma_e]_{L*1}$  valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (8)  
**(Ecuación de Suficiencia Financiera)**

$\lambda$  valor escalar de la variable dual asociada a la ecuación (6)  
**(Ecuación de Compensación de Pérdidas)**

$$[PON_{ei}]_{M*1} = [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} + [\lambda]_{M*1}$$
$$PON = [PON_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} \right) + [\lambda]_{M*1}$$

$$[PN_{ei}]_{M*1} = [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \quad \forall \text{nodo } i, \text{ línea } l, \text{ estado } e \wedge \beta_{el} > 0$$
$$PN = [PN_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \right)$$



# PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

## (4.1) Desigualdad por cada sentido de MCTP

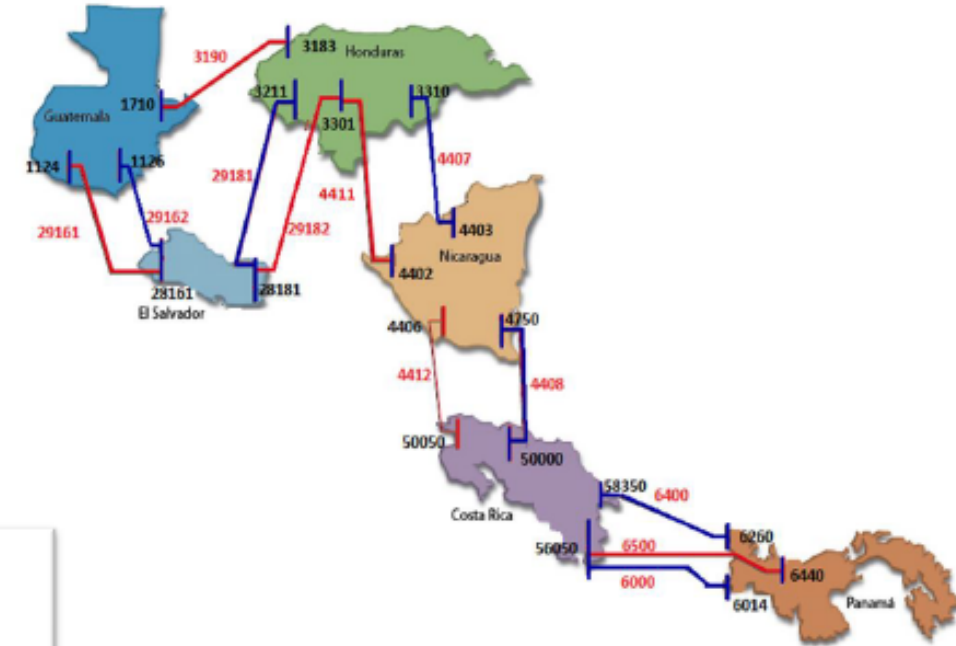
$$\sum_j^{MT} \sum_k SK_j [F_{e,k}]_j - \sum_j^{MT} \sum_q SK_j [F_{e,q}]_j \leq bMT_e - \sum_j^{MT} \sum_o SK_j [H_e TE_o]_j$$

$\forall k \in AcNC \quad \wedge \quad \forall q \in AcNV \quad \wedge \quad \forall o \in AcNE$

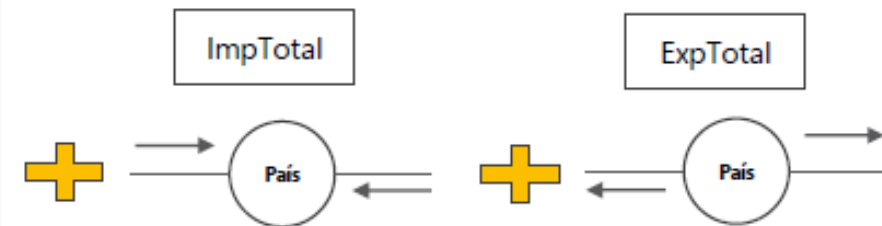
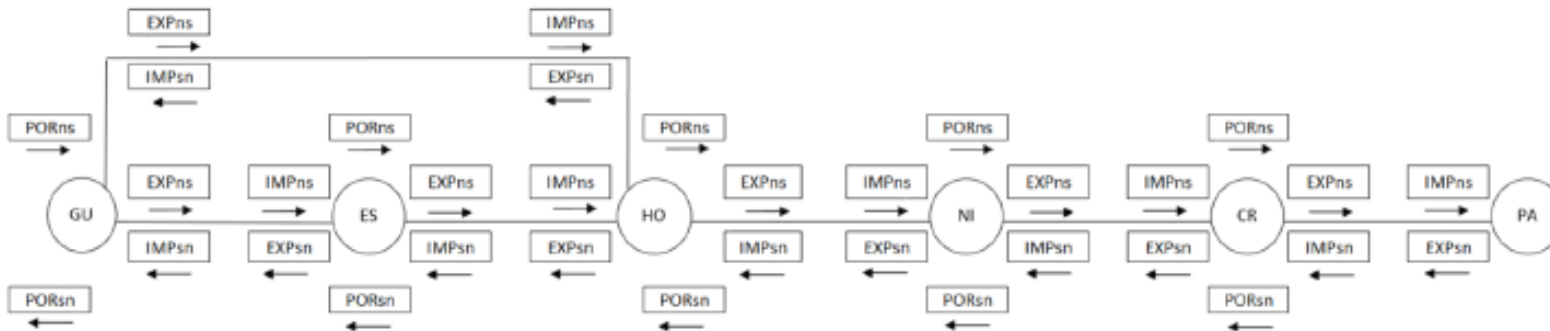
(4.1)

$bMT_e$  = Vector columna de las capacidades operativas de transmisión, denominadas máximas capacidades de transferencia de potencia por área de control, asociado al conjunto MT.

Los valores de las variables duales asociadas a las restricciones (4.1) no se deben tomar en cuenta en el cálculo de los Precios Nodales implícitos de la factibilidad de los DF, PN de la ecuación (13); ni tampoco en los Pagos a los compradores y vendedores de DT, PDF de la ecuación (15), ambas establecidas en el numeral D7.1.2.



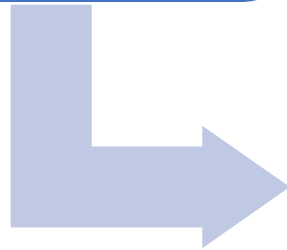
Referencia de valores individuales de MCTP (Porteo, Importación y Exportación) para cada dirección Norte-Sur y Sur-Norte



# PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

Valorización  
Antes de  
CRIE-15-2024

- Capacidad individual de línea
- Capacidades Operativas de Transmisión para la asignación de Derechos Transmisión (COTDT) – *Grupo de Líneas*
- Pérdidas



Valorización  
CRIE-15-2024

- Capacidad individual de línea
- COTDT - *Grupo de Líneas*
- Pérdidas
- **MCTP EQ(4.1)**

- **Se plantea un balance económico más eficiente entre los IVDT y las Rentas de Congestión**, mejorando la eficiencia económica y la suficiencia financiera de los DF.
- Valorizando la competencia por todas las restricciones del modelo

# Mejoras en la valorización de los DF

## Marginales Propuestos para Costos Reducidos

$$0 \leq \alpha_k \leq 1$$

$CRCDF_k$

Valor de la **variable dual** asociada a la ecuación (9) (Límites de variables de estado). Este es el Costo Reducido de la capacidad adjudicada de cada compra de DF "k".

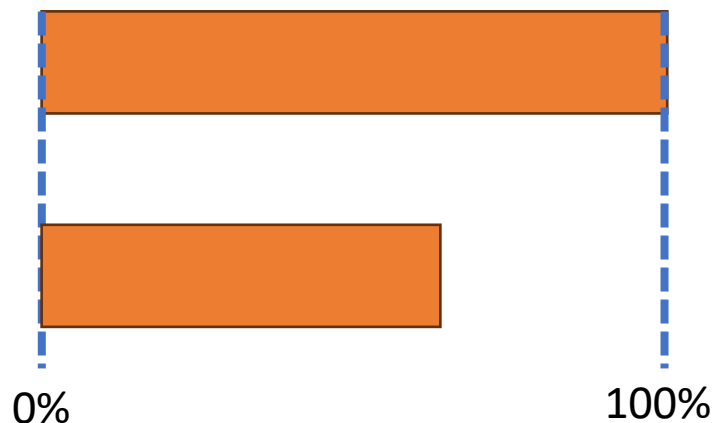
$$0 \leq \psi_j \leq \alpha_j$$

$CRCDF_{per_k}$

Valor de la **variable dual** asociada a la ecuación (7) (Límites de aceptación de pérdidas). Este es el Costo Reducido de la capacidad adjudicada de pérdidas, asociadas a cada compra de DF "k".

$$PDF_k = (C_k - CRCDF_k)\alpha_k - (cper_k - CRCDF_{per_k})\psi_k$$

$$0 \leq \alpha_k \leq 1$$



Asignación completa – **Se reduce** al costo por MW a la influencia de la oferta marginal  
 $CRCDF_k > 0$

Oferta Marginal - Se valoriza al costo por MW de **oferta del agente**  
 $CRCDF_k = 0$



## Comparativo de cambio normativo

### D7.1.1

*“D.7.1.1 El precio Sobre la base de los resultados de la asignación de los DT y los precios nodales implícitos, se definirá el precio de los DT de acuerdo al sistema de precios nodales implícito, que se calcularán sobre la base de los resultados de la asignación de DT de acuerdo con  $\alpha$  las fórmulas que se presentan en el siguiente numeral esta sección”.*

## Comparativo de cambio normativo

### D7.1.2

***“D.7.1.2 El monto a pagar por parte de los compradores de DT y los precios nodales implícitos que resultan de la asignación de DT, se calcularán según el siguiente procedimiento ~~indicado en este artículo~~:***

*Sean:*

$$\left[ \beta_e^+ \right]_{L \times 1}, \left[ \beta_e^- \right]_{L \times 1}$$

*valores de las variables duales  
asociadas a las ecuaciones (4) (Ecuación  
de Factibilidad de Derechos Firmes)*

$$\left[ \sigma_e \right]_{L \times 1}$$

*valores de las variables duales  
asociadas a la ecuación (8) (Ecuación de  
Suficiencia Financiera)*

$$\lambda$$

*valor escalar de la variable dual  
asociada a la ecuación (6) (Ecuación de  
Compensación de Pérdidas)*

$$l$$

*subíndice que se extiende a todas las  
líneas o vínculos 'l' (un valor de 'l'  
por cada restricción).*

## Comparativo de cambio normativo

$CRCDF_k$

*Valor de la variable dual asociada a la ecuación (9) (Límites de variables de estado). Este es el Costo Reducido de la capacidad adjudicada de cada compra de DF “k”.*

$CRCDF_{per_k}$

*Valor de la variable dual asociada a la ecuación (7) (Límites de aceptación de pérdidas). Este es el Costo Reducido de la capacidad adjudicada de pérdidas, asociadas a cada compra de DF “k”.*



## Comparativo de cambio normativo

*Donde ~~las~~ variables duales  $[\beta_e^+]_{L*1}$ ,  $[\beta_e^-]_{L*1}$  y  $[\sigma_e]_{L*1}$  se utilizan para definir ~~definen~~ dos sistemas de precios nodales implícitos, uno para las restricciones de tipo (4), asociadas a la factibilidad de los DF, y otro para las restricciones de tipo (6) y (8), asociadas simultáneamente a la suficiencia financiera de los DF y DFPP, así como con la ecuación de compensación de pérdidas. ~~dados por:~~ Mientras que las variables duales  $CRCDF_k$  y  $CRCDFper_k$ , se consideran para la determinación del monto a pagar por parte de los compradores de DF.*

*Precios Nodales implícitos de la factibilidad de los DF*

$$\begin{aligned}
 [PN_{ei}]_{M*1} &= [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \quad \forall \text{nodo } i, \text{ línea } \ell, \text{ estado } e \wedge \beta_{el} > 0 \\
 PN &= [PN_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \right)
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

*Donde:*

*PN es un vector columna cuyas componentes son  $PN_i$*

*Notar que  $[\beta_{el}]_{L*1}$  es igual a  $[\beta_{el}^+ - \beta_{el}^-]_{L*1}$*

## Comparativo de cambio normativo

Precios Nodales implícitos de la suficiencia financiera de los DF y de los DFPP

$$\begin{aligned}
 [PON_{ei}]_{M*1} &= [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} + [\lambda]_{M*1} \\
 PON &= [PON_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} \right) + [\lambda]_{M*1}
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Donde:

**PON** es un vector columna cuyas componentes son  $PON_i$ . Su primera componente corresponde al nodo de referencia.

Pagos a los compradores y vendedores de DT

Para el caso de los compradores de DF, el precio ofertado de compra, el precio de aceptación de pérdidas y los costos reducidos  $[CRCDF_k]$  y  $[CRCDFper_k]$  definen el monto a pagar. Para los otros casos, los precios nodales implícitos  $[PN_i]$  y  $[PON_i]$  definen los pagos que deberán ser asignados a los compradores de DFPP, o que percibirán los vendedores de DT, según las expresiones:

$$PDF_k = (C_k - CRCDF_k)\alpha_k - (cper_k - CRCDFper_k)\psi_k$$

$$PDF_k = \max\left(0, [PN]_{1*M}^T \times [\alpha_k T_k + \psi_k VITX_k]_{M*1}\right) - [PON]_{1*M}^T \times [\alpha_k T_k + \psi_k VITX_k]_{M*1} \tag{15}$$

## Comparativo de cambio normativo

*Si el resultado del  $PDF_k$  resulta ser negativo, el valor del  $PDF_k$  se establecerá en cero (0) para efectos de la conciliación de los DT.*

$$PDFPP_j = -\left( [PON]_{1 \times M}^T \times [\alpha_j TO_j + \psi_j VITOX_j]_{M \times 1} \right) \quad (16)$$

*Si el resultado del  $PDFPP_j$  resulta ser negativo, el valor del  $PDFPP_j$  se establecerá en cero (0) para efectos de la conciliación de los DT.*

$$CDF_q = -\delta_q \max\left(0, [PN]_{1 \times M}^T \times [TV_q + VITVX_q]_{M \times 1}\right) - \delta_q \left( [PON]_{1 \times M}^T \times [TV_q + VITVX_q]_{M \times 1} \right) \quad (17)$$

$$CDFPP_\ell = -\delta_\ell \times [PON]_{1 \times M}^T \times [TOV_\ell + VITOVX_\ell]_{M \times 1} \quad (18)$$

*Donde:*

*$PDF_k$  : pago que deberá realizar el comprador del DF 'k'*

*$PDFPP_j$  : pago que deberá realizar el comprador del DFPP 'j'*

*$CDF_q$  : pago que percibirá el vendedor del DF 'q'*

*$CDFPP_\ell$  : pago que percibirá el vendedor del DFPP 'l'*

# Conclusiones

1. **Es importante mejorar la suficiencia financiera de los DF** y la eficiencia económica de las subastas de DT, para esto es necesario implementar todas las medidas de la Reforma Integral. No obstante, debido a lo voluminoso de la reforma, ésta podría requerir de un proceso que podría tomar varios meses para su conclusión, por lo que **se considera factible y procedente implementar de forma gradual la propuesta integral sobre los Derechos de Transmisión, en particular la mejora en la valorización de DF asignados**, con el objeto de **captar lo más pronto posible**, parte de las mejoras en la eficiencia económica de las subastas de DT, **logrando un mejor balance económico** entre los Ingresos por IVDT y las Rentas de Congestión en el predespacho regional, impactando en beneficio de la suficiencia financiera de los DF.
2. La implementación gradual propuesta, **minimizará el riesgo que se presente nuevamente el caso experimentado durante el mes de enero de 2023**, donde los CVT netos resultaron como cargo a la CGC, reduciendo los beneficios económicos a las demandas de cada país, generando una reducción en el pago de los Cargos Complementarios.







Comisión Regional de Interconexión Eléctrica

📍 5ª Avenida 5-55 zona 14 edificio Europlaza  
Torre I PH Oficina 1903, Guatemala

☎ (502) 2495-1777

**MUCHAS GRACIAS  
POR SU ATENCIÓN**



[crie.org.gt](http://crie.org.gt)

# Comparativo de cambio normativo

NORMA VIGENTE	PROPUESTA DE NORMA
<p><b>D7.1.1</b></p> <p><i>“D.7.1.1 Sobre la base de los resultados de la asignación de DT, se definirá el precio de los DT de acuerdo al sistema de precios nodales implícito, que se calculará de acuerdo a las fórmulas que se presentan en esta sección”.</i></p>	<p><b>D7.1.1</b></p> <p><i>“D.7.1.1 El precio <del>Sobre la base de los resultados de la asignación de los DT</del> y los precios nodales implícitos, <del>se definirá el precio de los DT de acuerdo al sistema de precios nodales implícito, que</del> se calcularán sobre la base de los resultados de la asignación de DT de acuerdo a las fórmulas que se presentan en el presente numeral <del>esta sección</del>”.</i></p>

# Comparativo de cambio normativo

NORMA VIGENTE	PROPUESTA DE NORMA
<p><b>D7.1.2</b></p> <p><i>“D.7.1.2 El monto a pagar por parte de los compradores de DT que resulta de la asignación de DT se calcula según el procedimiento indicado en este artículo:</i></p> <p>Sean:</p> <p><math>[\beta_e^+]_{L*1}, [\beta_e^-]_{L*1}</math>      <i>valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (4) (Ecuación de Factibilidad de Derechos Firmes)</i></p> <p><math>[\sigma_e]_{L*1}</math>      <i>valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (8) (Ecuación de Suficiencia Financiera)</i></p> <p><math>\lambda</math>      <i>valor escalar de la variable dual asociada a la ecuación (6) (Ecuación de Compensación de Pérdidas)</i></p> <p><math>\ell</math>      <i>subíndice que se extiende a todas las líneas o vínculos ‘<math>\ell</math>’ (un valor de ‘<math>\ell</math>’ por cada restricción).</i></p>	<p><b>D7.1.2</b></p> <p><i>“D.7.1.2 El monto a pagar por parte de los compradores de DT y los precios nodales implícitos que resultan de la asignación de DT, se calcularán según el procedimiento indicado en este artículo numeral:</i></p> <p>Sean:</p> <p><math>[\beta_e^+]_{L*1}, [\beta_e^-]_{L*1}</math>      <i>valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (4) (Ecuación de Factibilidad de Derechos Firmes)</i></p> <p><math>[\sigma_e]_{L*1}</math>      <i>valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (8) (Ecuación de Suficiencia Financiera)</i></p> <p><math>\lambda</math>      <i>valor escalar de la variable dual asociada a la ecuación (6) (Ecuación de Compensación de Pérdidas)</i></p> <p><math>\ell</math>      <i>subíndice que se extiende a todas las líneas o vínculos ‘<math>\ell</math>’ (un valor de ‘<math>\ell</math>’ por cada restricción).</i></p> <p><math>CRCDF_k</math>      <i>Valor de la variable dual asociada a la ecuación (9) (Límites de variables de estado). Este es el Costo Reducido de la capacidad adjudicada de cada compra de DF “k”.</i></p> <p><math>CRCDF_{per_k}</math>      <i>Valor de la variable dual asociada a la ecuación (7) (Límites de aceptación de pérdidas). Este es el Costo Reducido de la capacidad adjudicada de pérdidas, asociadas a cada compra de DF “k”.</i></p>

# Comparativo de cambio normativo

NORMA VIGENTE	PROPUESTA DE NORMA
<p><i>Las variables duales definen dos sistemas de precios nodales implícitos, uno para las restricciones de tipo (4), asociadas a la factibilidad de los DF, y otro para las restricciones de tipo (6) y (8), asociadas simultáneamente a la suficiencia financiera de los DF y DFPP con la ecuación de compensación de pérdidas dados por:</i></p> <p><u>Precios Nodales implícitos de la factibilidad de los DF</u></p> $[PN_{ei}]_{M*1} = [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \quad \forall \text{nodo } i, \text{ línea } \ell, \text{ estado } e \wedge \beta_{el} > 0$ $PN = [PN_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \right)$ <p>(13)</p> <p>Donde:</p> <p>PN es un vector columna cuyas componentes son <math>PN_i</math>,</p> <p>Notar que <math>[\beta_{el}]_{L*1}</math> es igual a <math>[\beta_{el}^+ - \beta_{el}^-]_{L*1}</math></p> <p><u>Precios Nodales implícitos de la suficiencia financiera de los DF y de los DFPP</u></p> $[PON_{ei}]_{M*1} = [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} + [\lambda]_{M*1}$ $PON = [PON_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} \right) + [\lambda]_{M*1}$ <p>(14)</p> <p>Donde:</p> <p>PON es un vector columna cuyas componentes son <math>PON_i</math>. Su primera componente corresponde al nodo de referencia.</p>	<p><del>Donde</del> Las variables duales <math>[\beta_{el}^+]_{L*1}, [\beta_{el}^-]_{L*1}</math> y <math>[\sigma_{el}]_{L*1}</math> se utilizan para definir <del>men</del> dos sistemas de precios nodales implícitos, uno para las restricciones de tipo (4), asociadas a la factibilidad de los DF, y otro para las restricciones de tipo (6) y (8), asociadas simultáneamente a la suficiencia financiera de los DF y DFPP así como con la ecuación de compensación de pérdidas. <del>dados por</del> Mientras que las variables duales <math>CRCDF_k</math> y <math>CRCDF_{per,k}</math>, se consideran para la determinación del monto a pagar por parte de los compradores de DF.</p> <p><u>Precios Nodales implícitos de la factibilidad de los DF</u></p> $[PN_{ei}]_{M*1} = [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \quad \forall \text{nodo } i, \text{ línea } \ell, \text{ estado } e \wedge \beta_{el} > 0$ $PN = [PN_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\beta_{el}]_{L*1} \right)$ <p>(13)</p> <p>Donde:</p> <p>PN es un vector columna cuyas componentes son <math>PN_i</math>,</p> <p>Notar que <math>[\beta_{el}]_{L*1}</math> es igual a <math>[\beta_{el}^+ - \beta_{el}^-]_{L*1}</math></p> <p><u>Precios Nodales implícitos de la suficiencia financiera de los DF y de los DFPP</u></p> $[PON_{ei}]_{M*1} = [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} + [\lambda]_{M*1}$ $PON = [PON_i]_{M*1} = \sum_e \left( [H_{eli}]_{M*L}^T \times [\sigma_{el}]_{L*1} \right) + [\lambda]_{M*1}$ <p>(14)</p> <p>Donde:</p> <p>PON es un vector columna cuyas componentes son <math>PON_i</math>. Su primera componente corresponde al nodo de referencia.</p>



# Comparativo de cambio normativo

NORMA VIGENTE	PROPUESTA DE NORMA
<p><u>Pagos a los compradores y vendedores de DT</u></p> <p>Los precios nodales implícitos <math>[PN_i]</math> y <math>[PON_i]</math> definen los pagos que deberán los compradores de DT, o que percibirán los vendedores, según las expresiones:</p> $PDF_k = -\max\left(0, [PN]_{1:M}^T \times [\alpha_k T_k + \psi_k VITX_k]_{M*1}\right) - [PON]_{1:M}^T \times [\alpha_k T_k + \psi_k VITX_k]_{M*1} \quad (15)$ <p>Si el resultado del <math>PDF_k</math> resulta ser negativo, el valor del <math>PDF_k</math> se establecerá en cero (0) para efectos de la conciliación de los DT.</p> $PDFFP_j = -\left([PON]_{1:M}^T \times [\alpha_j TO_j + \psi_j VITOX_j]_{M*1}\right) \quad (16)$ <p>Si el resultado del <math>PDFFP_j</math> resulta ser negativo, el valor del <math>PDFFP_j</math> se establecerá en cero (0) para efectos de la conciliación de los DT.</p> $CDF_q = -\delta_q \max\left(0, [PN]_{1:M}^T \times [TV_q + VITVX_q]_{M*1}\right) - \delta_q \left([PON]_{1:M}^T \times [TV_q + VITVX_q]_{M*1}\right) \quad (17)$ $CDFFP_\ell = -\delta_\ell \times [PON]_{1:M}^T \times [TOV_\ell + VITOVX_\ell]_{M*1} \quad (18)$ <p>Donde:</p> <p><math>PDF_k</math>: pago que deberá realizar el comprador del DF 'k'</p> <p><math>PDFFP_j</math>: pago que deberá realizar el comprador del DFPP 'j'</p> <p><math>CDF_q</math>: pago que percibirá el vendedor del DF 'q'</p> <p><math>CDFFP_\ell</math>: pago que percibirá el vendedor del DFPP 'l'."</p>	<p><u>Pagos a los compradores y vendedores de DT</u></p> <p>Para el caso de los compradores de DF, el precio ofertado de compra, el precio de aceptación de pérdidas y los costos reducidos <math>[CRCDF_k]</math> y <math>[CRCDFper_k]</math> definen el monto a pagar. Para los otros casos los precios nodales implícitos <math>[PN_i]</math> y <math>[PON_i]</math> definen los pagos que deberán ser asignados a los compradores de DFPP, o que percibirán los vendedores de DT, según las expresiones:</p> $PDF_k = (C_k - CRCDF_k)\alpha_k - (cper_k - CRCDFper_k)\psi_k$ <del><math display="block">PDF_k = -\max\left(0, [PN]_{1:M}^T \times [\alpha_k T_k + \psi_k VITX_k]_{M*1}\right) - [PON]_{1:M}^T \times [\alpha_k T_k + \psi_k VITX_k]_{M*1} \quad (15)</math></del> <p>Si el resultado del <math>PDF_k</math> resulta ser negativo, el valor del <math>PDF_k</math> se establecerá en cero (0) para efectos de la conciliación de los DT.</p> $PDFFP_j = -\left([PON]_{1:M}^T \times [\alpha_j TO_j + \psi_j VITOX_j]_{M*1}\right) \quad (16)$ <p>Si el resultado del <math>PDFFP_j</math> resulta ser negativo, el valor del <math>PDFFP_j</math> se establecerá en cero (0) para efectos de la conciliación de los DT.</p> $CDF_q = -\delta_q \max\left(0, [PN]_{1:M}^T \times [TV_q + VITVX_q]_{M*1}\right) - \delta_q \left([PON]_{1:M}^T \times [TV_q + VITVX_q]_{M*1}\right) \quad (17)$ $CDFFP_\ell = -\delta_\ell \times [PON]_{1:M}^T \times [TOV_\ell + VITOVX_\ell]_{M*1} \quad (18)$ <p>Donde:</p> <p><math>PDF_k</math>: pago que deberá realizar el comprador del DF 'k'</p> <p><math>PDFFP_j</math>: pago que deberá realizar el comprador del DFPP 'j'</p> <p><math>CDF_q</math>: pago que percibirá el vendedor del DF 'q'</p> <p><math>CDFFP_\ell</math>: pago que percibirá el vendedor del DFPP 'l'."</p>

# Introducción a los análisis de sensibilidad

## VARIABLES

$x, y, z$

$\alpha_k$      $\psi_j$

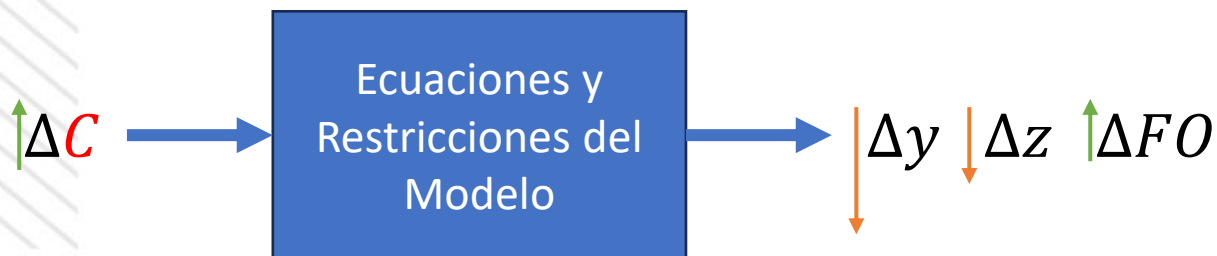
## FUNCIÓN OBJETIVO

MAX:  $FO(x, y, z)$

MIN:  $FO(x, y, z)$

$$\max \left[ \sum_j C_j \alpha_j - \sum_j C_{perj} \psi_j \right]$$

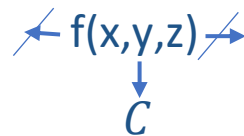
## Análisis de sensibilidad



## RESTRICCIONES

**Igualdad**

$$f(x, y, z) = C$$



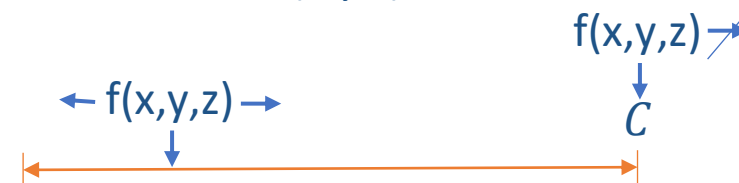
$$\text{Dual} = \frac{\partial FO(x, y, z)}{\partial f(x, y, z)}$$

$$\text{Dual} = \frac{\Delta FO(x, y, z)}{\Delta f(x, y, z)}$$

Normalmente representan reglas de la realidad

**Desigualdad**

$$f(x, y, z) \leq C \quad 0 \leq \alpha_k \leq 1$$



Dual = 0

Recurso en el Límite de la Viabilidad Económica y Técnica

$$\text{Dual} = \frac{\partial FO(x, y, z)}{\partial f(x, y, z)}$$

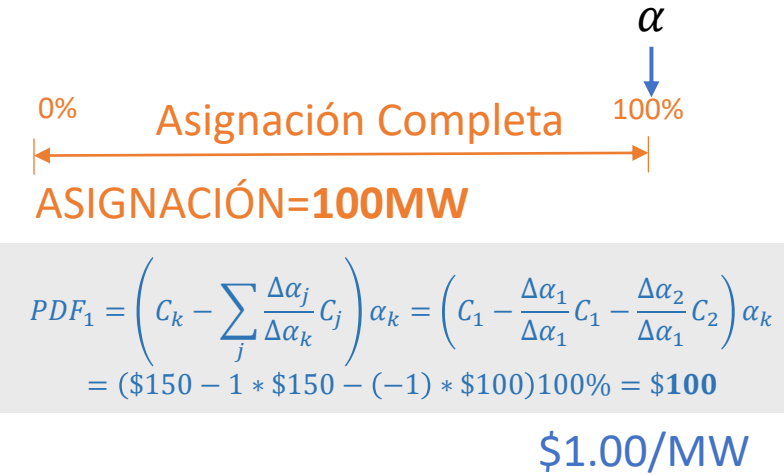
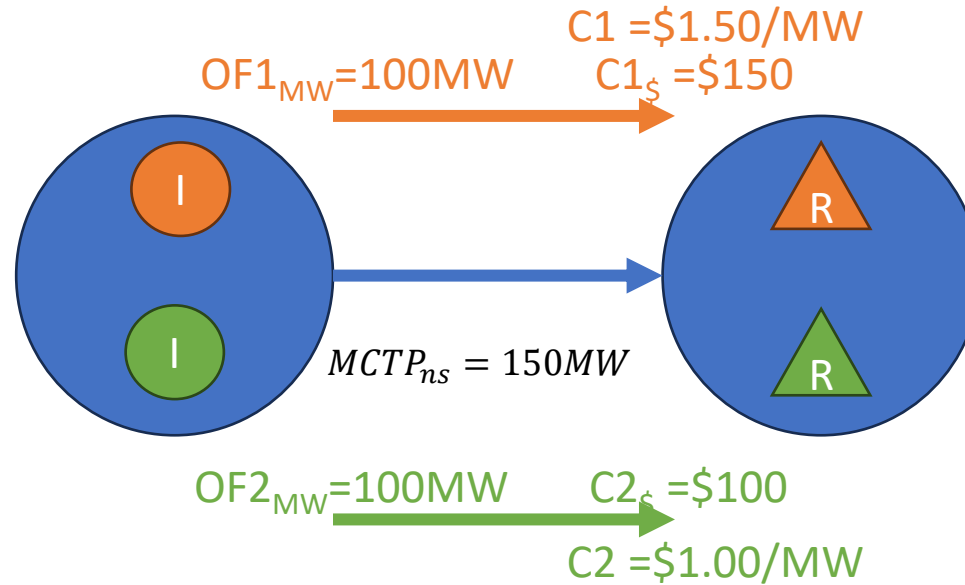
$$\text{Dual} = \frac{\Delta FO(x, y, z)}{\Delta f(x, y, z)}$$

Los marginales referidos a restricciones de igualdad son continuos, los marginales referidos a desigualdades solo tienen valor cuando se alcanza este límite.

# Mejoras en la valorización de los DF (Caso 1)

Supuestos:

- Ofertas simples de 100MW
- Sin Pérdidas
- Red simple de 2 áreas unidas
- Restricciones de MCTP simples
- Análisis de sensibilidad asumiendo funciones continuas



$$PDF_k = (C_k - CRCDF_k) \alpha_k - (cper_k - CRCDF_{per_k}) \psi_k$$

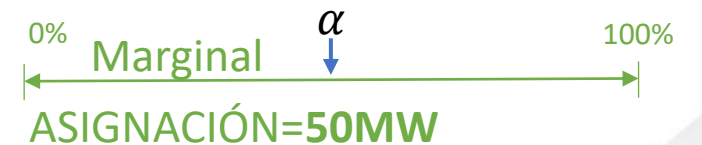
$$PDF_k = (C_k - CRCDF_k) \alpha_k$$

$$PDF_k = \left( C_k - \sum_j \frac{\Delta\alpha_j}{\Delta\alpha_k} C_j + \sum_j \frac{\Delta\psi_j}{\Delta\alpha_k} c_{per_j} \right) \alpha_k$$

$$PDF_k = \left( C_k - \sum_j \frac{\Delta\alpha_j}{\Delta\alpha_k} C_j \right) \alpha_k$$

$$\frac{\Delta\alpha_2}{\Delta\alpha_1} = -1$$

En el análisis de sensibilidad cuando  $\Delta\alpha_1$  aumenta, disminuye en la misma cantidad  $\Delta\alpha_2$



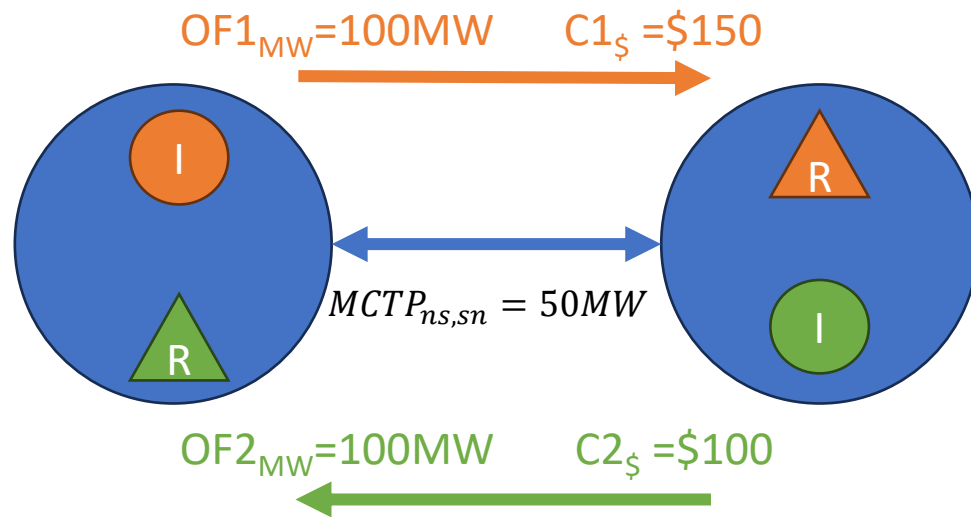
$$PDF_2 = (C_k - CRCDF_k) \alpha_k = (C_2 - CRCDF_2) \alpha_k$$

$$= (\$100 - 0) 50\% = \$50$$

\$1.00/MW



# Mejoras en la valorización de los DF (Caso 2)



0% Marginal  $\alpha$  100%

ASIGNACIÓN=50MW

$$PDF_2 = (C_k - CRCDF_k)\alpha_k = (C_2 - CRCDF_2)\alpha_2$$

$$= (\$150 - 0)50\% = \$75$$

\$1.50/MW

0% Marginal  $\alpha$  100%

ASIGNACIÓN=50MW

$$PDF_2 = (C_k - CRCDF_k)\alpha_k = (C_2 - CRCDF_2)\alpha_2$$

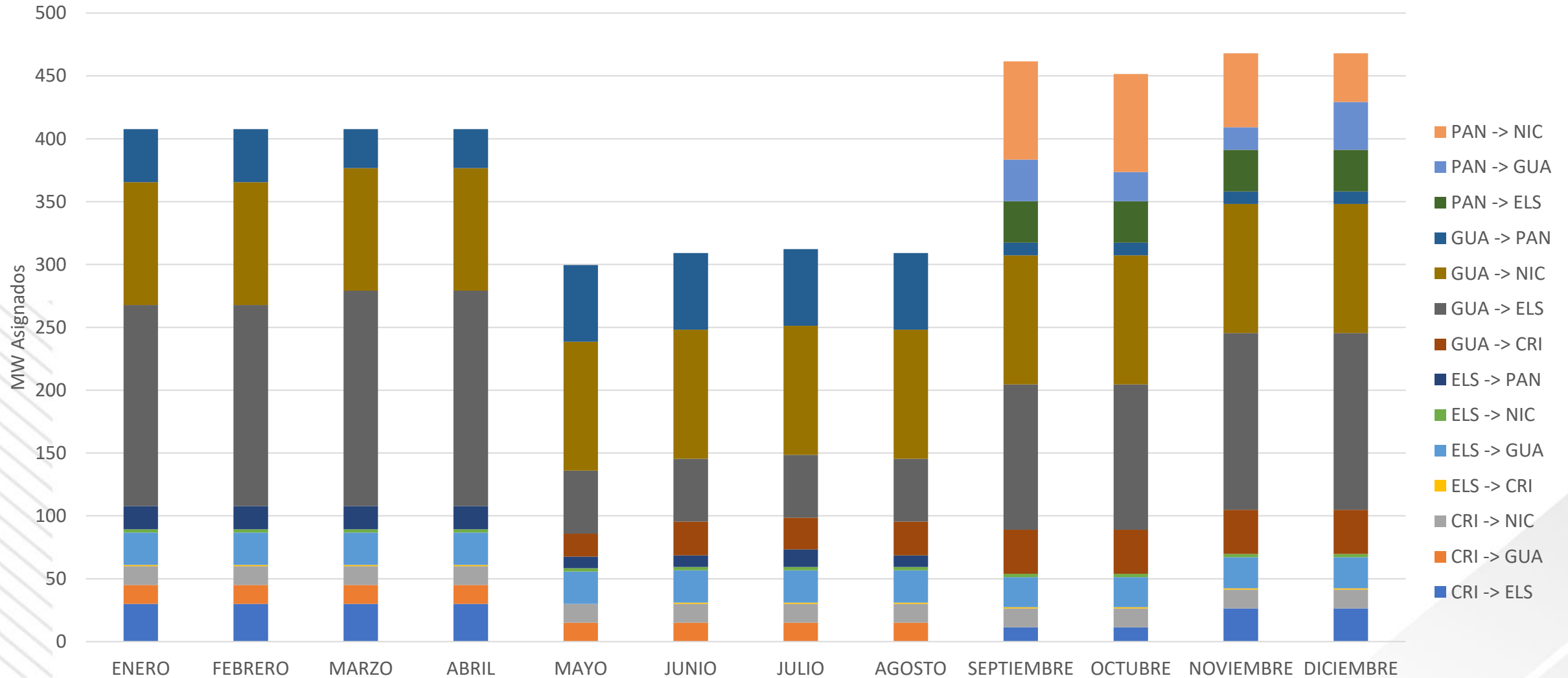
$$= (\$100 - 0)50\% = \$50$$

\$1.00/MW





# Asignación A2401



Meses

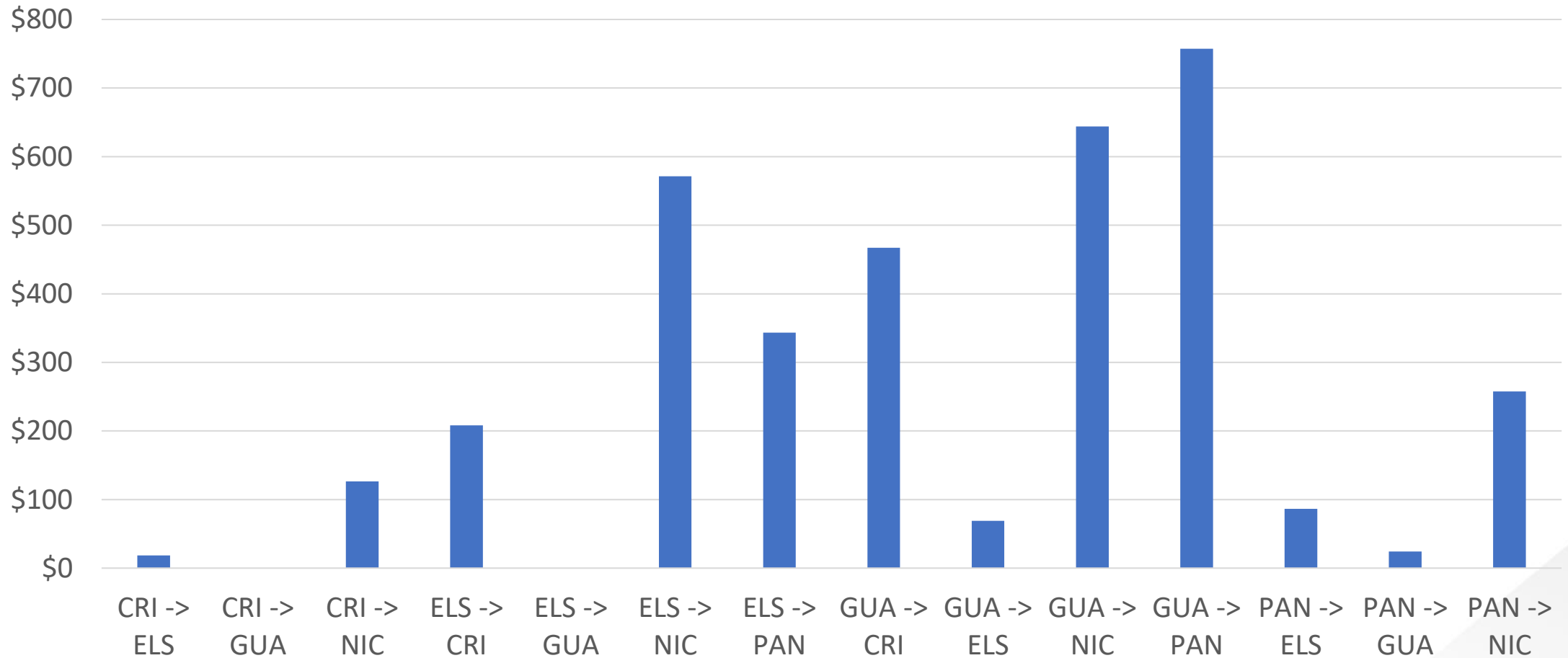
# Asignación A2401 (MW asignados por Mes)

Dirección	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
CRI -> ELS	30	30	30	30					11.3	11.3	26.3	26.3	24.4
CRI -> GUA	15	15	15	15	15	15	15	15					15.0
CRI -> NIC	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15.0
ELS -> CRI	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1.0
ELS -> GUA	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	25.76	23.98	23.98	24.81	24.81	25.3
ELS -> NIC	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	2.7
ELS -> PAN	18.36	18.36	18.36	18.36	9.1	9.1	13.967	9.1					14.3
GUA -> CRI					18.431	26.856	25.188	26.856	35	35	35	35	29.7
GUA -> ELS	160	160	171.32	171.32	50	50	50	50	115.7	115.7	140.7	140.7	114.6
GUA -> NIC	97.68	97.68	97.68	97.68	102.68	102.68	102.68	102.68	102.68	102.68	102.68	102.68	101.0
GUA -> PAN	42.32	42.32	31	31	61	61	61	61	10	10	10	10	35.9
PAN -> ELS									33	33	33	33	33.0
PAN -> GUA									33.218	23.218	18.084	38.084	28.2
PAN -> NIC									78	78	58.813	38.781	63.4
<b>Total general</b>	<b>407.78</b>	<b>407.78</b>	<b>407.78</b>	<b>407.78</b>	<b>299.63</b>	<b>309.06</b>	<b>312.26</b>	<b>309.06</b>	<b>461.54</b>	<b>451.54</b>	<b>468.05</b>	<b>468.02</b>	<b>392.52</b>



# Asignación A2401

Promedio de costo mensual por MW



## Asignación A2401 (IVDT) USD

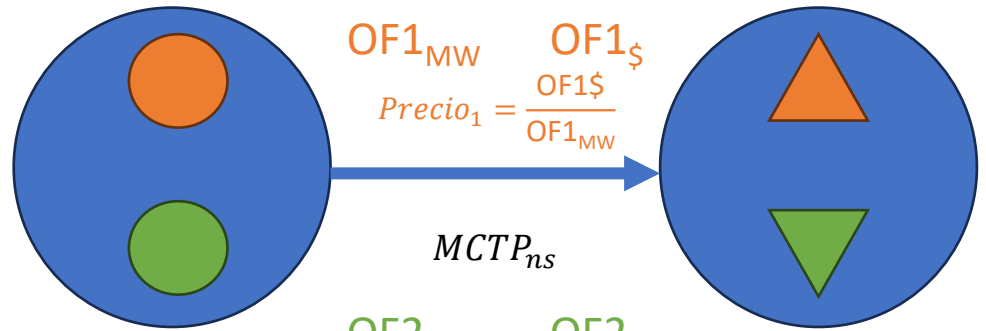
PAÍS I/PAÍS R	CRI	ELS	GUA	NIC	PAN	Total general
CRI		3,378	0	22,800		26,178
ELS	2,291		0	18,234	49,832	70,357
GUA	98,286	85,791		774,488	343,793	1,302,358
PAN		11,315	3,799	51,814		66,927
<b>Total general</b>	<b>100,577</b>	<b>100,484</b>	<b>3,799</b>	<b>867,336</b>	<b>393,625</b>	<b>1,465,820</b>





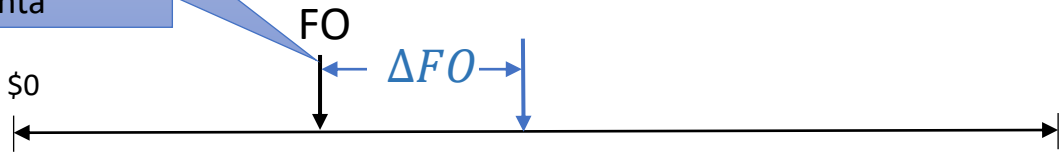
1-Relajando la restricción un  $\Delta\alpha_1$ , manteniendo las demás restricciones y ecuaciones.

# Mejoras en la valorización de los DF (Sensibilidad)



$$\text{Precio}_2 = \frac{\text{OF1}\$}{\text{OF1}_{\text{MW}}}$$

5-Siempre que se relaja una restricción, la Función Objetivo Aumenta



$$PDF_k = (C_k - CRCDF_k)\alpha_k - (cper_k - CRCDFper_k)\psi_k$$

$$PDF_1 = (C_1 - CRCDF_1)\alpha_1$$

$$PDF_1 = (C_1 - (C_1 - C_s))\alpha_1$$

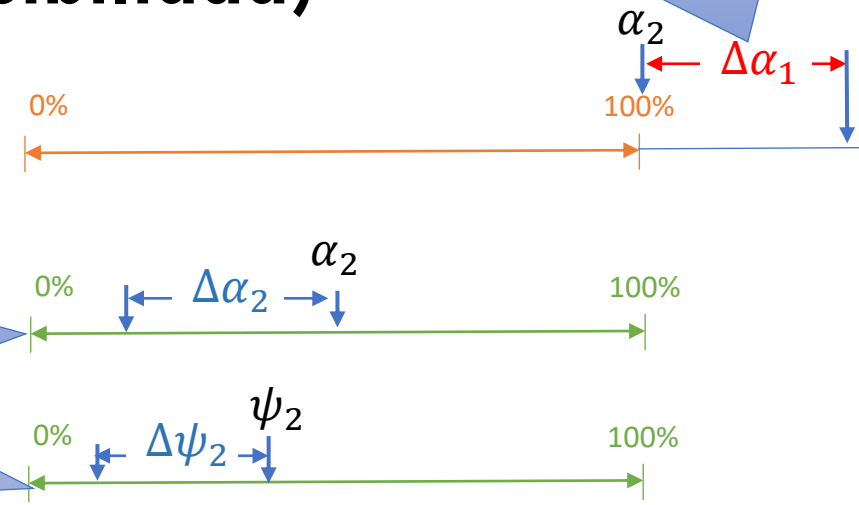
$$PDF_1 = C_s\alpha_1$$

7-Sustituyendo el Precio Sombra

8-Valorización a Costo Sombra

2-Se disminuye la asignación del DF marginal

3-Para el ejemplo disminuye la asignación de pérdidas



4-Función Objetivo Contracta

$$FO = \sum_j C_j \alpha_j - \sum_j Cper_j \psi_j$$

$$\Delta FO = \left( \sum_j C_j \alpha_j - \sum_j Cper_j \psi_j \right)_a - \left( \sum_j C_j \alpha_j - \sum_j Cper_j \psi_j \right)_b$$

$$\Delta FO = \sum_j C_j (\Delta \alpha_j) - \sum_j Cper_j (\Delta \psi_j)$$

$$\Delta FO = C_1 (\Delta \alpha_1) + C_2 (\Delta \alpha_2) - Cper_j (\Delta \psi_1)$$

$$\frac{\Delta FO}{\Delta \alpha_1} = C_1 + \left[ C_2 \left( \frac{\Delta \alpha_2}{\Delta \alpha_1} \right) - Cper_j \left( \frac{\Delta \psi_1}{\Delta \alpha_2} \right) \right]$$

6-Costo sombra debido a otras variables de la FO

$$CRCDF_1: \frac{\Delta FO}{\Delta \alpha_1} = C_1 - C_s$$