

---

**CEAC/SIEPAC – Reglamento de Transmisión y Calidad de Servicio del  
MER**

---

**PAQUETE 2:  
REGULACIÓN DE LA TRANSMISIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO**

**TAREA 100: REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN DEL MER  
SUBTAREA 140: INFORME FINAL DEL REGLAMENTO DE  
TRANSMISIÓN**

***REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN  
INFORME FINAL v1  
ANEXOS***

**Marzo 2005**

**ANEXOS - REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN**

**TABLA DE CONTENIDOS**

---

<b>ANEXO DEL CAPÍTULO 5 – METODOLOGÍA DE DEFINICIÓN DE LA RTR..</b>	<b>1</b>
<b>ANEXO DEL CAPÍTULO 7 - CONVENIO DE CONEXIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>ANEXO DEL CAPÍTULO 11 -FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PROCESO DE SUBASTA Y ASIGNACIÓN DE DT.....</b>	<b>6</b>
<b>ANEXO 12. 1 DEL CAPÍTULO 12 – CÁLCULO DEL CARGO POR PEAJE Y CARGO COMPLEMENTARIO. MÉTODO DE FLUJO DOMINANTE .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO 12.2 DEL CAPÍTULO 12 – ASIGNACIÓN DE LOS CARGOS POR PEAJE Y CARGO COMPLEMENTARIO Y EL MÉTODO DE PARTICIPACIONES MEDIAS .....</b>	<b>31</b>

## ANEXOS REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN

### ANEXO DEL CAPÍTULO 5 – METODOLOGÍA DE DEFINICIÓN DE LA RTR

#### A5.1 Primer paso: Definición de la RTR básica

Los nodos a incluir en la RTR básica son:

- los nodos y líneas que forman parte de las interconexiones existentes a niveles mayores de 115 kV;
- los nodos y líneas de las expansiones planificadas (conjunto que incluye a la línea SIEPAC)

Cuando entre en servicio algún tramo de la línea del SIEPAC, los nodos del tramo y el tramo mismo, serán parte de la RTR básica.

Asimismo serían parte de la RTR inicial los nodos y los tramos de las expansiones planificadas programadas por el SPTR del EOR.

#### A5.2 Segundo paso: Identificación de los Nodos de Control

Los nodos de control en cada sistema eléctrico nacional son los nodos más cercanos eléctricamente al nodo terminal de una interconexión (sin incluirlo) donde el OS/OM nacional puede hacer ofertas al MER, y puede controlar la inyección / retiro de energía en forma independiente de otros nodos.

Estos nodos corresponden a los nodos donde un generador o un área del sistema compuesta por un conjunto de generadores y cargas, se conectan de forma radial al sistema mallado. Cuando existan grandes usuarios con una capacidad comprobada de controlar su demanda, los nodos donde estos se conecten al sistema mallado se pueden también incorporar a esta definición.

Los nodos de control estarán limitados a los dos niveles de tensión más alto en cada país (ejemplo: 230 y 138kV, ó 230 y 115kV).

La identificación de los nodos de control será realizada examinando la topología de la ubicación de los generadores y puntos donde los OS/OM puedan hacer ofertas al MER y puedan controlar la inyección/retiro de energía.

#### A5.3 Tercer paso: Identificación de la RTR preliminar

La RTR preliminar es el conjunto formado por los nodos y líneas de los pasos anteriores y las líneas y nodos intermedios que los unen mediante el camino eléctrico más corto (menor impedancia) en cada nivel de tensión. La RTR preliminar debe ser continua desde Panamá hasta Guatemala.

En este paso, para conectar los nodos de control a la red básica se escoge un nodo de control a la vez, en cada oportunidad el más cercano a la red básica. Al comienzo, los nodos de la interconexión son los límites de la red básica, pero a medida que se agregan conexiones de los nodos de control a ellos, la

red básica se va internando en los sistemas eléctricos nacionales.

El proceso a seguir para la identificación de la RTR preliminar en cada país es el siguiente:

C-1. Se selecciona el nivel de voltaje más alto en la RTR básica.

C-2. Se busca la conexión más cercana eléctricamente entre algún nodo de control y un nodo de la RTR básica.

C-3. Si la conexión no se pudo lograr al mismo nivel de tensión (Por ejemplo, si el nodo de control se encuentra en 115kV y el nodo de la RTR básica en 230kV) se utilizará la ruta eléctricamente más corta pasando por una subestación de transformación.

C-4. Tanto el nodo de control conectado a la RTR básica como los tramos intermedios necesarios para esta conexión, se convierten en nodos de la RTR básica, la cual se va “internando” en los sistemas nacionales.

C-5. Si no se han agotado los nodos de control a ser conectados, se vuelve al paso “C-2”

C-6. Si el nivel de tensión seleccionado es el más alto y la RTR básica hasta el momento no es continua (se verifica que exista un camino que conecte los nodos de la RTR básica) se hará continua utilizando el camino eléctricamente más corto.

C-7. Se selecciona el nivel de tensión inmediatamente inferior donde existan nodos de control y se va al paso “C-2”

#### A5.4 Cuarto paso: Identificación de las líneas que complementan la RTR preliminar

Se identificarán elementos adicionales a la RTR preliminar para varios escenarios, según un criterio que considera dos factores: 1-la magnitud del cambio de flujo por los elementos antes y después de las transacciones MER y; 2-la relación de este cambio con el monto total de la transacción MER en cada país.

Se consideran simulaciones con el SDDP para  $n$  escenarios de los países operando fuera del MER en forma aislada y luego en forma coordinada en el MER. Se comparan los flujos en los elementos de transmisión en las dos situaciones y se decide añadir a la RTR de dicho elemento si se cumple con los siguientes criterios:

- Sea  $F_{ak}$  y  $F_{ck}$  el flujo en el caso aislado y en el caso coordinado respectivamente para el escenario  $k$  en un elemento  $l$  que no haya sido seleccionado en los pasos A y C.
- Sean  $E_k$  el valor absoluto de la exportación neta y  $T_k$  el monto de tránsito para el escenario  $k$  en el país donde se encuentra el elemento analizado.
- El elemento  $l$  se incluye en la RTR si,  $n/N > P\%$  , donde:

*n=número de escenarios donde se cumple que*

$$/F_{ck}-F_{ak}/ / (E_k+T_k)*100 > U\%$$

*N= Número total de escenarios analizados*

- *Para la determinación de la RTR inicial se utilizarán los valores: U%=10% y P%=10% los cuales podrán ser revisados por la CRIE;*

#### A5.5 Quinto paso: Verificación por el EOR y los OS/OM nacionales

El EOR en coordinación con los OS/OM nacionales, basándose en estudios regionales de seguridad operativa, podrán añadir elementos a los ya identificados en los pasos uno a cuatro cuando estos se muestren necesarios para soportar los Criterios de Desempeño Mínimo del MER.

# ANEXOS REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN

## ANEXO DEL CAPÍTULO 7 - CONVENIO DE CONEXIÓN

### 1. CONTENIDO DEL CONVENIO DE CONEXIÓN

Artículo 1.- El Convenio de Conexión deberá contener como mínimo los siguientes elementos esenciales:

- 1(a) Especificación de el o los puntos de inyección o de retiro de cada Agente.
- 1(b) Especificar las instalaciones del Agente relacionadas a la conexión;
- 1(c) Especificar las instalaciones del Agente que utilizará el Agente Transmisor y viceversa;
- 1(d) La forma en que se realizará la operación y mantenimiento de las instalaciones pertenecientes a la conexión;
- 1(e) Especificar los equipamientos de control y operación que son requeridos por el SER;
- 1(f) Indicar los puntos de medición y las responsabilidades de las partes de acuerdo al ROTC;
- 1(g) Las especificaciones del diseño de las instalaciones relacionadas a la conexión;
- 1(h) Las condiciones de acceso físico a las instalaciones de cada una de las partes;
- 1(i) La determinación de la vinculación física que servirá de límite entre las instalaciones de las partes;
- 1(j) El límite de responsabilidad de las partes.

Artículo 2.- El convenio de conexión deberá incluir, como referencia, los siguientes puntos:

- a) Las partes intervinientes,
- b) Definiciones,
- c) Objeto
- d) El o los puntos de conexión de cada Agente, las instalaciones del Agente relacionadas a la conexión;
- e) Determinación de la vinculación física que servirá de límite entre las instalaciones de las partes.
- f) Las instalaciones que se utilizarán en forma recíproca;

- g) Propiedad de las instalaciones
- h) Operación y mantenimiento (responsabilidades)
- i) Condiciones de programación del mantenimiento
- j) Ajuste de protecciones y elementos de control
- k) Derechos de acceso físico
- l) Intercambio de información
- m) Remuneración
- n) Penalidades
- o) Responsabilidades de las partes por accidentes, operación y mantenimiento
- p) Facturación
- q) Incumplimientos
- r) Solución de divergencias
- s) Jurisdicción
- t) Vigencia
- u) Domicilio

## ANEXOS REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN

### ANEXO DEL CAPÍTULO 11 -FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PROCESO DE SUBASTA Y ASIGNACIÓN DE DT

#### 1. SUBASTA DE DT

##### 1.1. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Artículo 1.- Las ofertas que los participantes de las subastas presentan serán numeradas en forma consecutiva para cada tipo de DT, con independencia del participante que las formule. Las adjudicaciones se realizarán por cada oferta individual.

Artículo 2.- El significado de las variables que definen el algoritmo de subasta es el siguiente:

$H_e$ : matriz de factores de transferencia de potencia y otras restricciones asociados al estado “e” del sistema de transmisión, que se calcula tal como se describe en la sección 1.2 de este anexo.

$[. ]_i$  : denota el elemento (fila) i del vector resultante del producto de la matriz H por un vector t.

$[. ]_{ie}$  : denota el elemento (fila) i del vector resultante del producto de la matriz  $H_e$  por un vector t.

“e”: subíndice asociado al estado del sistema de transmisión: base (0) o contingencias (1...NN)

M: número total de nodos de la RTR

L: número de total de líneas la RTR

NC: número total de ofertas de compra de DF

NOC: número total de ofertas de compra de DFPP

NV: número total de ofertas de venta de DF

NOV: número total de ofertas de venta de DFPP

NE: número total de derechos firmes existentes en el momento de la subasta

NOE: número total de DFPP existentes en el momento de la subasta

NCF: número total de ofertas de venta de contraflujos

NCE: número total de contraflujos existentes en el momento de la subasta

NN: número total de contingencias previstas en la PFS.

$\alpha_k$ : proporción del DF firme asignado en la subasta a la oferta numerada k, en relación al máximo ofertado a comprar  $T_k$ . Los oferentes especificarán si aceptan la compra de un valor intermedio de DF entre 0 y  $T_k$ , en cuyo caso se verifica ( $1 \geq \alpha_k \geq 0$ ), o si sólo están interesados en comprar-vender la cantidad  $T_k$ , en cuyo caso  $\alpha_k$  sólo puede tomar los valores  $\{0,1\}$ .

$per_k$ : máximo porcentaje de pérdidas que acepta un oferente tomar a su cargo asociado a su oferta de compra de DF “k”, definido como un incremento de la componente “x” del Vector de Inyecciones  $VIT_k$ . Se entiende que si este porcentaje no es suficiente para cubrir las pérdidas originadas en el DF, la oferta puede resultar rechazada en la PFS.

$cper_k$ : descuento a la oferta de compra de DF “k” por cada unidad porcentual de pérdidas que sean aceptadas en la subasta, expresado en us\$. Este coeficiente se puede interpretar como la venta de las pérdidas para hacer factible el DF.

$\psi_k$ : variable que representa el porcentaje de pérdidas que efectivamente se asignan al DT k en una subasta. Debe ser menor o igual a  $per_k$ .

$VITX_k$ : vector de  $M \times 1$ , cuyas componentes son igual a cero, salvo en el nodo “x” en el cual se compensan las pérdidas del DF “k”, donde es igual a  $VIT_{kx}$ .

$\alpha_j$ : proporción del DFPP asignado en la subasta a la oferta numerada j, con relación al máximo a ofertado para comprar  $TO_j$ . Los oferentes especificarán si aceptan la compra-venta de un valor intermedio de DFPP entre 0 y  $TO_j$ , en cuyo caso se verifica ( $1 \geq \alpha_j \geq 0$ ), o si sólo están interesados en comprar-vender la cantidad  $TO_j$ , en cuyo caso  $\alpha_j$  sólo puede tomar los valores  $\{0,1\}$ .

$per_j$ : máximo porcentaje de pérdidas que acepta un oferente tomar a su cargo asociado a su oferta de compra de DFPP, definido como un incremento en la componente correspondiente al nodo “x” del Vector de Inyecciones  $VITO_j$  especificada por el oferente.

$cper_j$ : descuento a la oferta de compra de DFPP “j” por cada unidad porcentual de pérdidas que sean aceptadas en la subasta, expresado en us\$.

$\psi_j$ : variable que representa el porcentaje de pérdidas que efectivamente se asignan al DFPP “j” en una subasta. Debe ser menor o igual a  $per_j$ .

$VITOX_j$ : vector de  $M \times 1$ , cuyas componentes son iguales a cero, salvo en el nodo “x” en el cual se compensan las pérdidas del DFPP “j”, donde es igual a  $VITO_{jx}$ .

$\delta_q$ : proporción de un DF existente, asignado en la subasta a una oferta de venta numerada q, con relación al máximo ofertado vender  $TV_q$ . Los oferentes especificarán si aceptan la venta de un valor intermedio de DF entre 0 y  $TV_q$ , en cuyo caso se verifica ( $0 \leq \delta_q \leq 1$ ), o si sólo están interesados en vender la cantidad  $TV_q$ , en cuyo caso  $\delta_q$  sólo puede tomar los valores  $\{0, 1\}$ .

$\delta_1$ : proporción del DFPP existente, al que se le asigna para la subasta el número 1, con relación al máximo a ofertado para vender  $TOV_1$ . Los oferentes especificarán

si aceptan la venta de un valor intermedio de DF entre 0 y  $TOV_l$ , en cuyo caso se verifica ( $0 \leq \delta_l \leq 1$ ), o si sólo están interesados en comprar-vender la cantidad  $TOV_l$ , en cuyo caso  $\delta_l$  sólo puede tomar los valores  $\{0,1\}$ .

$\alpha_h$ : proporción del contraflujo asignado en la subasta al participante h, con relación al máximo ofertado  $TCF_h$ . ( $1 \geq \alpha_h \geq 0$ )

$\alpha_{eh}$ : proporción del contraflujo que sería usado en el estado e, con relación al máximo que le fuera asignado  $\alpha_h * TCF_h$ . ( $1 \geq \alpha_{eh} \geq 0$ )

$\alpha_{es}$ : proporción del contraflujo existente “s” que sería usado en el estado e, con relación al máximo que le fuera asignado  $\alpha_s * TCFE_s$  ( $1 \geq \alpha_{es} \geq 0$ )

$T_k$ : vector con la cantidad máxima de DF que un participante propone comprar en su oferta numerada k, representado por la diferencia entre el Vector de Inyecciones y el Vector de Retiros. La suma de las componentes de este vector debe ser igual a cero, o sea que las inyecciones y retiros deben estar balanceados.

$VIT_k$ : Vector de Inyecciones asociado al vector  $T_k$

$VRT_k$ : Vector de Retiros asociado al vector  $T_k$

$TO_j$ : la cantidad máxima de DFPP que ofrece comprar un participante en la oferta numerada j, representados por la diferencia entre el Vector de Inyecciones y el Vector de Retiros. La suma de las componentes de este vector debe ser igual a cero, o sea que las inyecciones y retiros deben estar balanceados.

$VITO_j$ : Vector de Inyecciones asociado al vector  $TO_j$

$VRTO_j$ : Vector de Retiros asociado al vector  $TO_j$

$VITO_{jx}$ : componente “x” del Vector de Inyecciones asociado al vector  $TO_j$

$VRTO_{jx}$ : componente “x” del Vector de Retiros asociado al vector  $TO_j$

$TV_q$ : vector con la cantidad máxima de DF que un participante propone vender en su oferta numerada q, representado por la diferencia entre el Vector de Inyecciones y el Vector de Retiros. La suma de las componentes del Vector de Retiros será igual a la suma de las componentes del Vector de Inyecciones .

$VITVX_q$ : vector de  $M \times 1$ , cuyas componentes son iguales a cero, salvo en el nodo “x” en el cual se compensan las pérdidas del DF existente “q”, donde es igual a  $VITO_{qx}$ .

$TOV_l$ : la cantidad máxima de DFPP que un participante propone vender en la oferta numerada l, representados por la diferencia entre el Vector de Inyecciones y el Vector de Retiros. La suma de las componentes del Vector de Retiros será igual a la suma de las componentes del Vector de Inyecciones . El participante debe acreditar la propiedad del DFPP. En caso de los DFPP que el EOR ofrece en venta en representación de los correspondientes titulares iniciales, este debe contar con el visto bueno de los OS/OM, respecto a que las cantidades y precios ofertados en

venta son las correctas.

VITOVX<sub>l</sub>: vector de  $M \times 1$ , cuyas componentes son iguales a cero, salvo en el nodo “x” en el cual se compensan las pérdidas del DFPP existente “l”, donde es igual a VITOVX<sub>lx</sub>.

VITE<sub>o</sub>: vector de inyecciones asociado a un DF “o” asignado antes de la subasta

VRTE<sub>o</sub>: vector de retiros asociado a un DF “o” asignado antes de la subasta

VITEX<sub>o</sub>: pérdidas aceptadas para el vector VITE<sub>o</sub>, que se inyectan en el nodo “x”.

VITOE<sub>v</sub>: vector de inyecciones asociado a un DFPP “v” asignado antes de la subasta

VRTOE<sub>v</sub>: vector de retiros asociado a un DFPP “v” asignado antes de la subasta

VITOE<sub>xv</sub>: pérdidas aceptadas para el vector VITOE<sub>v</sub>, que se inyectan en el nodo “x”

TE: vector donde se suman todos los DF que ya están asignados antes de la subasta.

TOE: vector donde se suman todos los DFPP que están asignados antes de la subasta.

TCF<sub>h</sub>: la cantidad máxima de potencia para aportar contraflujos que ofrece el un generador en la oferta numerada h, representado por la diferencia entre el Vector de Inyección en el nodo donde se ubica o se asigna la producción del generador y el Vector de Retiro en el nodo que indique el EOR en cada caso. En este caso los retiros deben ser iguales a las inyecciones ofertadas. Los oferentes por la compra de DT se hacen cargo de las pérdidas. La cantidad ofertada no debe superar a la aprobada por el EOR.

TCFE<sub>s</sub>: la cantidad de potencia máxima que puede aportar el contraflujo existente “s” al momento de la subasta, representado por la diferencia entre el Vector de Inyección en el nodo donde se ubica o se asigna la producción del generador y el correspondiente Vector de Retiros.

TCFE<sub>sx</sub>: componente “x” del vector TCFE<sub>s</sub>.

TCFE: vector suma de todos los contraflujos que ya están asignados antes de las subastas.

T<sub>ki</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector T<sub>k</sub>.

TO<sub>ji</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector TO<sub>j</sub>.

TV<sub>ki</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector TV<sub>k</sub>.

TOV<sub>ji</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector TOV<sub>j</sub>.

TE<sub>i</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector TE.

TOE<sub>i</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector TOE.

TCF<sub>hi</sub>: elemento correspondiente a la fila “i” del vector TCF<sub>h</sub>.

C<sub>k</sub>: oferta del interesado en adquirir el DF descrito por T<sub>k</sub>, expresada en us\$.

C<sub>j</sub>: oferta del interesado en adquirir el DFPP descrito por T<sub>j</sub>, expresada en us\$.

C<sub>q</sub>: oferta del interesado en vender el DF descrito por TV<sub>q</sub>, expresada en us\$.

C<sub>i</sub>: oferta del interesado en vender el DFPP descrito por TVO<sub>i</sub>, expresada en us\$.

C<sub>h</sub>: ofertas de los generadores que ofrecen contraflujos (representan pagos para estos), expresadas en us\$.

I<sub>xe</sub>: inyección neta, que puede ser positiva o negativa en el nodo x, en el estado e, resulta definida como:

$$I_{xe} = \sum_k \alpha_k T_{kx} + \sum_j \alpha_j TO_{jx} + \sum_h \alpha_{eh} TCF_{hx} - \sum_k \delta_k TV_{kx} - \sum_j \delta_j TVO_{jx} + TE_x + TOE_x + \sum_s \alpha_{es} TCFE_{sx}$$

I<sub>e</sub>: vector de componentes I<sub>xe</sub>

## 1.2. DEFINICIÓN DE LA MATRIZ H

Artículo 3.- Para la formulación de la matriz H, se deberá definir un nodo de referencia o nodo slack, en el cual se compensan las diferencias entre inyecciones y retiros. El EOR fijará el nodo slack, debiendo el mismo permanecer fijo salvo que existan razones fundadas para su cambio.

Sea:

z<sub>xy</sub>: impedancia de la línea de transmisión que vincula los nodos “x” e “y” de la RTR. (la dirección “x” → “y” es arbitraria)

F<sub>xye</sub>: flujo (virtual) entre los nodos “x” e “y” de la RTR en el estado “e”.

bu<sub>e</sub>, bl<sub>e</sub> : vector de capacidades máximas de las líneas o vínculos en los sentidos “x” → “y” y “y” → “x” en cada estado “e”, de componentes bu<sub>xye</sub>, bl<sub>xye</sub>.

Matriz [ZZ]: matriz de LxM, cuyos componentes se definen de la siguiente forma

Sea “l” la fila de ZZ asociada a la línea L<sub>xy</sub> (x → y), y “x” e “y” las columnas correspondientes a los respectivos nodos.

$$[zz_{ly}] = 1 / z_{xy} \quad (y: \text{nodo llegada})$$

$$[zz_{lx}] = -1 / z_{xy} \quad (x: \text{nodo salida})$$

$$[zz_{lv}] = 0 \quad (v \neq x, y)$$

Matriz [A]: matriz de MxL, cuyos componentes se definen de la siguiente forma:

Sea “l” la columna de A asociada a la línea L<sub>xy</sub> (x → y)

$[a_{ml}] = 1$  si la línea “l” tiene como nodo llegada a “m”

$[a_{ml}] = -1$  si la línea “l” tiene como nodo salida a “m”

$[a_{ml}] = 0$  en caso contrario (la línea “l” no tiene un extremo en el nodo “m”)

$\Theta$ : vector de ángulos de fase (se supone  $\Theta_0 = 0$  en la barra slack)

$F_e$ : vector de flujos en las líneas asociados a un estado “e”, de componentes  $F_{xye}$  o  $F_{we}$ , siendo “w” el número asignado a la línea.

$F_0$ : vector  $F_e$  correspondiente al estado base ( $e=0$ ).

$I_e$ : vector de inyecciones/retiros netos en los nodos de la red, de componentes  $I_{xe}$ , que es la suma de todos los DT asignados

$ZZ_e$ : matriz  $ZZ$  correspondiente a un estado “e”

$A_e$ : matriz  $A$  correspondiente a un estado “e”

Artículo 4.- En los estados con contingencias se considera la indisponibilidad de una línea  $L_{xy}$  haciendo infinita su impedancia, o en forma equivalente haciendo cero los correspondientes elemento  $ZZ_{lx}$  y  $ZZ_{ly}$ .

Artículo 5.- Para la formulación del modelo de la subasta, se considerará que se cumplen las siguientes relaciones:

$$F_e = ZZ_e \Theta$$

$$A F = A ZZ \Theta$$

$$H_0 = ZZ (A ZZ)^{-1}$$

$$H_e = ZZ_e (A_e ZZ_e)^{-1}$$

$$-bl_e \leq F_e \leq bu_e \quad e = 0, \dots, NN$$

$$F_e = HM_e I_e \leq be \quad e = 0, \dots, NN$$

$$F_e = F_e^+ - F_e^-$$

$$F_e^+ \geq 0$$

$$F_e^- \geq 0$$

$$HM_e = \begin{bmatrix} H_e \\ \dots \\ -H_e \\ \dots \\ D \end{bmatrix} \quad \mathbf{b}_e = \begin{bmatrix} bu_e \\ \dots \\ bl_e \\ \dots \\ bd \end{bmatrix}$$

La sub-matriz D incluye restricciones adicionales, como protección de áreas, flujos máximos entre regiones, etc, y  $b_d$  es el respectivo término independiente.

La matriz H tiene la siguiente estructura:

$$H = \begin{pmatrix} HM_0 \\ \dots \\ HM_1 \\ \dots \\ HM_e \\ \dots \\ HM_{NN} \end{pmatrix}$$

Donde  $HM_0$  corresponde al estado base (N), y  $HM_e$  corresponde a las contingencias que se definan, en general corresponden a estados N-1. El número total de contingencias es igual a NN.

A fines de su uso en las subastas, a la matriz H se le agrega una columna de ceros, correspondiente al nodo de referencia, supuesto numerado cero.

### 1.3. DEFINICIÓN DE LA MATRIZ HF

Artículo 6.- Para las subastas de Derechos Firmes se define la matriz HF en base a sus componentes de la siguiente forma:

$$hf_{ik} = \max (0 , [H_e T_k ])$$

El vector BF se define como:

$$BF = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_j \\ \dots \\ b_{NN-1} \\ b_{NN} \end{pmatrix} - HF \cdot TE$$

El vector BF tiene como componentes a los vectores que definen la capacidad de cada vínculo en cada contingencia prevista ( $b_e$ ), a la que se le restan la capacidad utilizada por

DF existentes. Algunos de los DF existentes pueden estar parcialmente o totalmente en venta en la subasta. Se utilizará la nomenclatura  $BF_{ei}$  para definir la fila “i” de la componente de B correspondiente al estado “e”, y  $BF_{uei}$ ,  $BF_{lei}$  y  $BF_{dei}$  para las componentes correspondientes a la fila “i” asociadas a los vectores  $bu_e$ ,  $bl_e$  y  $bd_e$ .

## 2. SUBASTAS SIN CONSIDERAR PÉRDIDAS

Artículo 7.- La subasta de DT sin pérdidas se plantea en términos de la resolución de un programa lineal, con la siguiente estructura:

$$\text{Max } \sum_j C_j \alpha_j + \sum_k C_k \alpha_k - \sum_h C_h \alpha_h - \sum_l C_l \delta_l - \sum_q C_q \delta_q \quad (1)$$

(Maximizar el monto total recolectado)

Sujeto a la PFS:

$$\sum_k \max(0, [H_e \alpha_k T_k]_i) - \sum_q \max(0, [H_e \delta_q TV_q]_i) + [H_e \sum_h \alpha_{eh} TCF_h]_i + [H_e \sum_s \alpha_{es} TCFE_s]_i \leq BF_{ei} \quad \forall i, \forall e \quad (2)$$

(Factibilidad de derechos firmes)

$$H_e [ \sum_j \alpha_j TO_j + \sum_k \alpha_k T_k + \sum_h \alpha_{eh} TCF_h - \sum_l \delta_l TOV_l + \sum_s \alpha_{es} TCFE_s - \sum_q \delta_q TV_q + TE ] \leq b_e \quad \forall e \quad (3)$$

(3)

(Suficiencia financiera)

$$\alpha_k \leq 1 \quad \text{ó} \quad \alpha_k \in \{0,1\} \quad (4)$$

(La capacidad adjudicada no debe superar a la máxima ofertada)

$$\alpha_j \leq 1 \quad \text{ó} \quad \alpha_j \in \{0,1\} \quad (5)$$

(La capacidad adjudicada no debe superar a la máxima ofertada)

$$\delta_l \leq 1 \quad \text{ó} \quad \delta_l \in \{0,1\} \quad (6)$$

(La capacidad vendida no debe superar a la máxima disponible)

$$\delta_q \leq 1 \quad \text{ó} \quad \delta_q \in \{0,1\} \quad (7)$$

(La capacidad vendida no debe superar a la máxima disponible)

$$\alpha_{eh} \leq \alpha_h \leq 1 \quad (8)$$

(La capacidad adjudicada de un contraflujo no debe superar a la máxima ofertada, y la capacidad usada en cada estado “e” de contraflujos nuevos no debe superar la adjudicada. En cada caso el EOR decide en cada estado “e” la cantidad del contraflujo a usar)

$$0 \leq \alpha_{es} \leq 1 \quad (9)$$

La capacidad usada de un contraflujo existente no debe superar a la máxima asignada.

Artículo 8.- Las maximización de la ecuación (1) sujeta a las restricciones dadas por los conjuntos de ecuaciones (2) hasta (9) se resolverá como un programa lineal mixto. Las variables enteras {0,1} se corresponden a los DF o DFPP que sólo se desean comprar-vender por la cantidad total ofertada.

### 3. FORMULACIÓN DE LA SUBASTA DE DT CON PÉRDIDAS

#### 3.1. MODELIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS

Artículo 9.- Las pérdidas en una línea “l” (con flujos desde el nodo “x” hasta el nodo “y”), cuando circula por la misma una potencia  $F_l$ , se estimarán como:

$$PL_l = \frac{r * F_l^2}{V^2 * \cos^2\phi} \quad (10)$$

Donde:

r: resistencia de la línea

V: tensión operativa de la línea

$\cos\phi$ : factor de potencia de la energía que circula por la línea

La modelación de las pérdidas requiere de introducir un término no lineal en la ecuación (3) que impide el uso de programación lineal para obtener la solución a la subasta de DT.

Para mantener la estructura lineal del problema, se reemplaza (10) por una función lineal por tramos de la siguiente forma:

Sea

$$F_{le} = \sum_{s=1, \dots, ss} F_{lse}$$

$$F_{lse} \leq FS \quad (11)$$

Las pérdidas se representan como.

$$PL_{le} \approx \sum_{s=1, \dots, ss} \frac{r * (s-0.5) * FS}{V^2 * \cos^2 \varphi} F_{lse} = \sum_{s=1, \dots, ss} c_{pls} F_{lse} \quad (12)$$

La ecuación (12) en conjunto con la restricción (11) representa la linealización de por tramos de la función (10). Eligiendo FS suficientemente reducido, en la expresión (12) se puede reducir el error de aproximación tanto como se desee.

Las pérdidas totales podrán ser calculadas por el EOR ya sea con la fórmula (10) u (12) según considere apropiado. En consecuencia las pérdidas totales se podrán expresar como:

$$perdidas_e = \sum_l PL_{le} \quad l=1, \dots, L$$

Donde  $L_{le}$  se calcula con la fórmula (10) o (12) según decida el EOR.

Se considerará que las pérdidas en una línea, a los efectos del balance de potencia en un nodo, se distribuyen por partes iguales en ambos los extremos. En consecuencia:

$$perdidas_{xe} = \sum_{ll \in \Gamma_x} \frac{PL_{lle}}{2}$$

Los valores de pérdidas asignadas a cada nodo “x”,  $perdidas_{xe}$  forman el vector PLTe.

Siendo  $\Gamma_x$  el conjunto de líneas con un extremo en el nodo “x”.

A los efectos del uso de la fórmula, se considerará que V y  $\cos \varphi$  son constantes que fija el EOR en base a las condiciones operativas estimadas en cada línea.

Artículo 10.- Cada oferente “j” deberá especificar el máximo porcentaje de pérdidas ( $per_j$ ) al que está dispuesto a hacerse cargo, y el descuento de su oferta (precio de venta de las pérdidas) por cada unidad porcentual de pérdidas que resulta aceptada.

Artículo 11.- Cuando se acepta una oferta con pérdidas, se entiende que el componente del Vector de Inyecciones correspondiente al nodo en que se compensan las pérdidas queda incrementado respecto del Vector de Retiros en un porcentaje igual al porcentaje de pérdidas aceptados que resulta de la metodología de subasta que se describe en el Artículo 12.- de este Anexo.

### 3.2. SUBASTA CON PÉRDIDAS

Artículo 12.- Con la formulación de las pérdidas que presentó en el Artículo 9.-, el mecanismo de subasta se plantea de la siguiente forma:

$$\text{Max } \sum_j (C_j \alpha_j - \psi_j c_{perj}) + \sum_k (C_k \alpha_k - \psi_k c_{perk}) - \sum_h C_h \alpha_h - \sum_l C_l \delta_l - \sum_q C_q \delta_q \quad (13)$$

(Maximizar el monto total recolectado)

Sujeto a:

$$\sum_k \max(0, [H_e \alpha_k T_k]_i) - \sum_q \max(0, [H_e \delta_q TV_q]_i) + [H_e \sum_h \alpha_{eh} TCF_h]_i + [H_e \sum_s \alpha_{es} TCFE_s]_i \leq BF_{ei} \quad \forall i, \forall e \quad (14)$$

(Factibilidad de derechos firmes, que no considera pérdidas)

$$\begin{aligned} F_0 = F_0^+ - F_0^- = H_0 & \left( \sum_k \alpha_k T_k + \sum_j \alpha_j TO_j + \sum_h TCF_h \alpha_{0h} + \sum_h TCFE_h \alpha_{0h} - \right. \\ & \sum_q \delta_q TV_q - \sum_l \delta_l TOV_l + TE + TOE + \sum_k \psi_k VITX_k + \sum_j \psi_j VITOX_j \\ & \left. + \sum_q (1 - \delta_q) VITVX_q + \sum_l (1 - \delta_l) VITOVX_l + \sum_o VITEX_o + \sum_y VITOEEX_y - PLT_0 \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_e = F_e^+ - F_e^- = H_e & \left( \sum_k \alpha_k T_k + \sum_j \alpha_j TO_j + \sum_h TCF_h \alpha_{eh} + \sum_h TCFE_h \alpha_{eh} \right. \\ & - \sum_q \delta_q H_e TV_q - \sum_l \delta_l H_e TOV_l + TE + TOE + \sum_k \psi_k VITX_k + \sum_j \psi_j VITOX_j \\ & \left. + \sum_q (1 - \delta_q) VITVX_q + \sum_l (1 - \delta_l) VITOVX_l + \sum_o VITEX_o + \sum_y VITOEEX_y - PLT_0 \right) \quad (15) \end{aligned}$$

$$e = 1, \dots, NN$$

Flujos en cada línea en función de los DT existentes a asignados en la subasta, y las pérdidas, supuestas concentradas por mitades en los extremos de cada línea.

Adicionalmente, las pérdidas deben ser iguales a las inyecciones para compensarlas, en el estado base.

$$UE1: \text{ falta } \sum_o VITEX_o + \sum_y VITOEEX_y$$

$$\begin{aligned} \sum_l PL_{l0} = [1]^T & \sum_k \psi_k VITX_k + \sum_j \psi_j VITOX_j + \sum_q (1 - \delta_q) VITVX_q \\ & + \sum_l (1 - \delta_l) VITOVX_l \end{aligned} \quad (16)$$

(Balance de energía en el estado base incluyendo pérdidas)

$$0 \leq \psi_j \leq per_j * \alpha_j$$

$$0 \leq \psi_k \leq per_k * \alpha_k \quad (17)$$

(Las pérdidas aceptadas no pueden superar las máximas ofertadas, que dependen

de la cantidad de DT comprados)

$$F_e \leq b_e \quad e=0, \dots, NN \quad (18)$$

(Suficiencia financiera)

$$0 \leq \alpha_k \leq 1 \quad \text{ó} \quad \alpha_k \in \{0,1\} \quad (19)$$

(La capacidad adjudicada de cada DF no debe superar a la máxima ofertada)

$$0 \leq \alpha_j \leq 1 \quad \text{ó} \quad \alpha_j \in \{0,1\} \quad (20)$$

(La capacidad adjudicada de cada DFPP no debe superar a la máxima ofertada)

$$0 \leq \delta_q \leq 1 \quad \text{ó} \quad \delta_q \in \{0,1\} \quad (21)$$

(La capacidad vendida de cada DF asignado no debe superar a la máxima ofertada)

$$0 \leq \delta_l \leq 1 \quad \text{ó} \quad \delta_l \in \{0,1\} \quad (22)$$

(La capacidad vendida de cada DFPP asignado no debe superar a la máxima ofertada)

$$0 \leq \alpha_{eh} \leq \alpha_h \leq 1 \quad (23)$$

(La capacidad adjudicada de un contraflujo nuevo no debe superar a la máxima ofertada, y la capacidad usada en cada estado “e” no debe superar la adjudicada)

$$0 \leq \alpha_{es} \leq \alpha_s \quad (24)$$

(La capacidad usada de un contraflujo existente “s” en cada estado “e” no debe superar a la máxima adjudicada)

$$\alpha_h > \delta_l * \text{prop} \quad (25)$$

Donde “p” es la proporción entre DF y DFPP que la parece aceptable a un propietario de DFPP interesado en reconfigurarlos.

Donde

Fe: vector de componentes  $F_{x,y,e}$

Artículo 13.- El conjunto de ecuaciones (13)-(25) más (10)-(11) definen la PFS como un problema de programación lineal, sus resultados son equivalentes a los que resultan de la aplicación de las ecuaciones (2)-(9), pero incluyendo el efecto de las pérdidas.

#### **4. CAMBIOS EN LA RTR**

Artículo 14.- Las matrices H deberán ser únicas durante cada mes para las subastas de DT mensuales.

Artículo 15.- En las subastas de DT con períodos de validez anuales, la configuración de la RTR podrá cambiar cada mes. En ese caso el EOR definirá una matriz H o un conjunto de parámetros de las ecuaciones (2),(3), o (14)-(15) para cada intervalo de tiempo en el cual la RTR se pueda considerar fija. La PFS deberá incluir todos los estados que resultan de las diferentes configuraciones de la RTR, es decir podrá haber un conjunto de ecuaciones (2) a (9) o (13) a (25) según sea el caso, que se deberán satisfacer en forma simultánea.

#### **5. VERIFICACIÓN COMPLEMENTARIA**

Artículo 16.- Una vez obtenidos los resultados de una subasta, el EOR deberá realizar una verificación complementaria de su factibilidad a fin de considerar:

1. Las pérdidas de transmisión en la factibilidad de los DF
2. Las ecuaciones exactas del flujo de cargas, a fin de verificar que los errores asociados a la linearización no lleven a adjudicar DT no factibles.

Con estos efectos formulará simulaciones de flujos de carga con el mismo programa que utiliza para los estudios de este tipo, tal como se describe en el capítulo 19 del Reglamento.

Artículo 17.- Los flujos de carga deberá verificar que, con los DT asignados:

1. No se violan los flujos máximos en cada vínculo o restricción de la RTR.
2. Las potencias firmes inyectadas pueden ser retiradas en los correspondientes nodos.
3. Las pérdidas de transmisión que surgen de los DF pueden ser suministradas por la parte generadora del contrato.

Artículo 18.- El EOR podrá reducir hasta el 10% los vectores de inyecciones y retiros de los DT asignados que hayan planteado las cantidades ofertadas como límites superiores de su compra-venta a fin de lograr el cumplimiento de estas condiciones.

Artículo 19.- De requerirse modificaciones mayores, deberá reducir los valores de los términos independientes de la PFS y repetir el proceso hasta lograr una asignación

factible de DT.

## 6. PRECIO DE LOS DT

### 6.1. CÁLCULO DEL PRECIO DE CADA DT

Artículo 20.- Sobre la base de los resultados de la subasta, 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.

#### 6.1.2. CASO SIN VARIABLES ENTERAS

Artículo 21.- En el caso que las variables  $\alpha$  y  $\delta$  sólo toman valores continuos, el monto a pagar por parte de los compradores de DT que resulta de la subasta se calcula según el procedimiento indicado en este artículo

Sean:

$\beta_{ei}$ : valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (2) o (14)

$\sigma_{ei}$ : valores de las variables duales asociadas a las ecuaciones (3) o (15)

$\lambda$ : valor de la variable dual asociada a la ecuación (16)

$l$ : subíndice que se extiende a todas las líneas o vínculos “ $l$ ” (un valor de “ $l$ ” por cada restricción)

Las variables duales definen dos sistemas de precios nodales implícitos, uno para las restricciones de tipo (2) o (14), asociadas a los DF, y otro para las restricciones de tipo (3) o (15), dados por:

$$PN_{xl} = \sum_e h_{elx} \beta_{el} \quad \forall x, \forall \beta_{el} > 0 \quad (26)$$

$$PON_x = \sum_l \sum_e h_{elx} \sigma_{el} + \lambda \quad \forall x \neq \text{del nodo de referencia} \quad (27)$$

$$PON_0 = \lambda$$

Sean:

$PN_l$  es un vector fila cuyas componentes son  $PN_{xl}$

$PON$  es un vector fila cuyas componentes son  $PON_x$ . Su primera componente corresponde al nodo de referencia.

Los precios nodales implícitos  $PN_{el}$ ,  $PON$  definen los pagos que deberán los compradores de DT, o que percibirán los vendedores, según las expresiones:

$$PDF_j = \alpha_j (\sum_i (PN_i T_j) + PON T_j) \quad (28)$$

$$PDFPP_h = PON \alpha_k TO_h \quad (29)$$

$$CDF_i = -\delta_i (\sum_i (PN_i TV_i) + PON TV_i) \quad (30)$$

$$CDFPP_q = -PON \delta_q TOV_q \quad (31)$$

$$CDCF_h = -\alpha_h (\sum_i (PN_i TCF_h + PON TCF_h)) \quad (32)$$

Donde

PDF<sub>j</sub>: pago que deberá realizar el comprador del DF “j”

PDFPP<sub>h</sub>: pago que deberá realizar el comprador del DFPP “h”

CDF<sub>i</sub>: pago que percibirá el vendedor del DF “i”

CDFPP<sub>q</sub>: pago que percibirá el vendedor del DFPP “q”

CDCF<sub>h</sub>: pago que percibirá el vendedor del contraflujo “h”

### 6.1.3. CASO CON VARIABLES ENTERAS

Artículo 22.- En este caso, una vez obtenido el valor óptimo del problema de programación lineal mixto que resulta de las ecuaciones (1) a (9) o (13) a (25) se debe:

1. Considerar a las variables enteras ( $\alpha_k, \alpha_h, \delta_i, \delta_q$ ) como constantes, asignar el valor óptimo del programa lineal mixto, y volver a resolver el programa lineal resultante.
2. Luego se aplica el procedimiento detallado en la sección 6.1.2 de este Anexo.

## 7. ASIGNACIÓN DE LOS MONTOS RECAUDADOS EN LAS SUBASTAS DE DT A LOS TITULARES INICIALES

### 7.1. PLANTEO

Artículo 23.- De cada subasta de DT, el EOR recolectará una cantidad de dinero calculada según la metodología descrita en el Artículo 21.- y el Artículo 22.- de este Anexo. Esta cantidad debe ser distribuida entre los Titulares Iniciales de los DT, como contrapartida de la renta de congestión que dejarán de percibir. Por lo tanto el mecanismo de asignación establece una correspondencia entre los pagos que realizan los compradores de DT y la renta de congestión que hubieran percibido los titulares originales.

Artículo 24.- En los títulos 2 y 3.2 de este anexo se plantean las ecuaciones que permiten asignar un conjunto de DT factibles a los participantes de las subastas, las cuales se aplican en la asignación de los montos recaudados, según se establece en los siguientes títulos.

### 7.2. CALCULO DEL PAGO A LOS TITULARES DE DT

#### 7.2.1. CASO SIN VARIABLES ENTERAS

Artículo 25.- Los titulares de DT que los ofrezcan en las subastas serán remunerados con lo recaudado por sus ofertas aceptadas. Por las ofertas no aceptadas y la capacidad de

transmisión no asignada a DT, los titulares de las correspondientes líneas recibirán la diferencia entre los pagos de los compradores y lo percibido por los vendedores utilizando las fórmulas que se presentan en esta sección.

Artículo 26.- Las diferencias de los precios nodales implícitos  $PN_{xi}$  y  $PON_x$  se usarán para asignar a cada línea  $L_{xy}$ , identificada en la matriz H por la fila con subíndice “u” los montos dado por la expresiones:

$$RR^*_u = (PON_y - PON_x) (F_e^{+*} + F_e^{-*}) + \sum_i (PN_{yi} - PN_{xi}) (FF_{i+*} + FI_{i-*}) \quad (33)$$

$$RR^*_u = (PON_y - PON_x) (F^{+*} + F^{-*}) + \sum_i (PN_{yi} - PN_{xi}) (FF_{i+*} + FI_{i-*}) + (PON_y + PON_x) PL_u/2 \quad (34)$$

Donde

$RR^*_u$  : parte del ingreso por venta de DT asignados a la línea “u”.

$F_u^{+*}$ ,  $F_u^{-*}$  : valores del término izquierdo de las ecuaciones (3), o (15) en la solución óptima de la asignación de DT, correspondientes a la línea “u”, para el flujo en la dirección “x” a “y” o “y” a “x” respectivamente, producido por los DFPP y DF asignados. Sólo uno de los valores  $F_u^{+*}$ ,  $F_u^{-*}$  es positivo, aquel que corresponde al sentido real del flujo, y el otro es igual a cero.  $FF_{iu}$ ,  $FI_{iu}$ : valores del término izquierdo de las ecuaciones (2), o (14) en la solución óptima de la asignación de DT, correspondientes a la línea o vínculo “u”, en cada uno de los estados “e”, para flujos en la dirección “x” a “y” (FF) o “y” a “x” (FI), producido por el conjunto de DF asignados que forman el vector  $T^1_j$ . Los vectores FF incluyen los flujos asociados al estado  $e=0$

$PL_u$  son las pérdidas de la línea “u” en el estado  $e=0$ .

### 7.2.2. CASO CON VARIABLES ENTERAS

Artículo 27.- En este caso, una vez obtenido el valor óptimo del problema de programación lineal mixto que resulta de las ecuaciones (1)-(9), o (13)-(25) se debe:

1. Considerar a las variables enteras ( $\alpha_k$ ,  $\alpha_h$ ,  $\delta_i$ ,  $\delta_q$ ) como constantes, asignar el valor óptimo del programa lineal mixto, y volver al resolver el programa lineal resultante.
2. Luego se aplica el procedimiento detallado en la sección 7.2.1 de este Anexo 11.

## 8. ASIGNACIÓN DE DT A EXPANSIONES

Artículo 28.- Una ampliación de la RTR, típicamente el agregado de una línea de transmisión, modificará la PFS de la siguiente forma:

- La matriz H se modifica y se convierte en una nueva matriz H’, como consecuencia de los cambios en la topología de la red y la impedancia de la



Sean “j” e “i” los nodos extremos de la ampliación. El titular de la expansión especificará en cual de estos dos nodos se debe suponer la inyección, a la cual corresponderá un uno en DF<sub>ij</sub>, y en cual el retiro, al cual se asignará el valor menos uno.

La maximización de los DT se obtiene resolviendo el siguiente programa lineal:

$$\text{Max } Z = a$$

Sujeto a:

El vector  $T_k + a * DF_{ij}$  debe satisfacer las ecuaciones (2)-(3) o (14)-(16) y (18) usando la matriz H' y el vector b' (los nuevos DFPP junto con el conjunto de vectores  $T_k$  deben ser factible), para todo  $T_k$ .

Que se debe cumplir para cualquier conjunto de DT “ $T_k$ ” que cumplan las ecuaciones (2)-(3) o (14)-(16) y (18) usando la matriz previa a la ampliación H y el vector b.

Los DT existentes “ $T_k$ ” deben haber sido factibles antes de la ampliación.

Existe infinitos vectores “ $T_k$ ” que pueden asignarse previamente a la ampliación, se debe definir un número limitado de DT factibles (DT de verificación) que aseguren que son representativos de todos los DT que se podrían haber asignado.

Artículo 36.- El conjunto de DT de verificación (los vectores  $T_k$ ) se definen de la siguiente forma:

1. Si el mercado de DT es líquido, se pueden usar los DT asignados en forma histórica, en la medida que estos hayan efectivamente saturados algunos de los vínculos. Puede ser que si la red cambia muy frecuentemente, no exista un número suficiente de DT históricos para la configuración de la RTR previa a la ampliación.
2. Maximizar en forma matemática el número de DT de la siguiente forma:
  - a. El EOR realizará simulaciones de la operación del MER para el año en que entra en operación la nueva ampliación, suponiendo diferentes escenarios, relativos a hidrología y demanda.
  - b. El EOR proyectará los precios nodales de la RTR para el mismo año, en base a los valores medios de precios para ese período obtenidos de la simulación.
  - c. El EOR simulará un conjunto NS de subastas virtuales con las siguientes características:
    - i. Las ofertas de DFPP se corresponden con nodos de inyección y retiro correspondientes a estados de carga típicos obtenidos de las simulaciones.
    - ii. Las ofertas no tienen límite de cantidad;

iii. Los precios de las ofertas son calculados con las diferencias de precios proyectados.

d. Usando el mismo programa que se usa para las subastas, determina el conjunto óptimo “T\*j” de DT, para j=1,, NS.

Artículo 37.- Inicialmente el conjunto de DT “T<sub>k</sub>” será el conjunto de los DT históricos más los conjuntos de DFPP T\*j.

## **9. DESCUENTO DEL CVT DE CADA INSTALACIÓN DE LA RTR LOS MONTOS QUE SE DESTINAN AL PAGO DE DF Y/O DFPP**

### **9.1. OBJETO**

Artículo 38.- El objeto de este título del Anexo 11 es establecer la metodología que usará el EOR para determinar que parte del CVT<sub>1</sub> de una instalación “1” de la RTR debe ser asignada a los Titulares Iniciales, después que se hayan vendido en las subastas DF y DFPP que serán remunerados usando los CVT totales recolectados. La cantidad a asignar será la diferencia entre el valor total del CVT y la cantidad del mismo que se destine al pago de DF o DFPP.

### **9.2. CRITERIOS A APLICARSE**

Artículo 39.- En cada subasta de DT el EOR asignará DF y DFPP, entre nodos de la RTR. El CVT se calculará para cada instalación de la RTR en base a las inyecciones, retiros y precios nodales resultantes del predespacho.

Artículo 40.- No existe una correspondencia directa entre los CVT y los pagos por DF y DFPP. Se describe a continuación la metodología que usará el EOR para esta asignación.

Artículo 41.- La metodología que se plantea a continuación parte de la formulación del mecanismo de subasta establecido en el Título 3 de este Anexo:

En el predespacho, en cada hora es conocida la configuración “e” de la RTR. En consecuencia la asignación de los CVT se realizará con una matriz He correspondiente a la configuración real de la RTR esa hora.

Cada DT “k” origina en el modelo linealizado de la RTR flujos en cada línea que se calculan como:

$$F_k = He \alpha_k T_k = He T A_k \quad (35)$$

El flujo total será:

$$FT = \sum_k F_k$$

En una línea “1”, se calculará el flujo asociado a los DT como:

$$FT_1 = \sum_k F_{k1}$$

El CVT correspondiente a la línea “1”, que va del nodo “y” al nodo “x” es:

$$CVT_1 = (PND_x - PND_y) * FR_1 - PL_1 (PND_x + PND_y)/2$$

La cantidad de CVT que corresponde a cada Titular Inicial de la línea “1”, CVTI<sub>1</sub>, descontados los pagos a los titulares de DT será:

$$CVTI_1 = (FR_1 - FT_1) * (PND_x - PND_y) - (FR_1 - FT_1)/FR_1 * PL_1 *(PND_x + PND_y)/2$$

Donde:

FR<sub>1</sub>: flujo en la línea “1” en el predespacho

PND: vector de precios nodales resultantes del pre-despacho.

PND<sub>x</sub>: precio nodal en el extremo “x” de la línea “1” proveniente del predespacho

PND<sub>y</sub>: precio nodal en el extremo “x” de la línea “1” proveniente del predespacho

## 10. DESPACHO DE DF EN SITUACIONES DE RACIONAMIENTO

Artículo 42.- En caso que por razones de indisponibilidad en las instalaciones de la RTR fuera necesario realizar cortes a un conjunto de DF, se seguirá el procedimiento que se describe a continuación.

Artículo 43.- Se planteará el siguiente programa lineal:

$$\text{Max } \sum_j \sum_x vrt_{jx} \quad (36)$$

Sujeto a:

$$\sum_x vrt_{jx} = \sum_x vit_{jx} \quad \forall j \quad (37)$$

(inyecciones asociadas al contrato igual a retiros)

$$- bl_{ei} \leq \sum_x h_{eix} (\sum_j vit_{jx} - \sum_j vrt_{jx} + \sum_h \alpha_{eh} TCF_h) \leq bu_{ei} \quad (38)$$

(los flujos no deben exceder los límites de transmisión en el estado “e”)

$$vrt_{jx} \leq VRT_{jx} \quad (39)$$

(la potencia retirada por el DF “j” en el nodo “x” debe ser menor o igual a la componente del Vector de retiros del correspondiente DF)

$$vit_{jx} \leq \text{mínimo } \{VIT_{jx}; G_{jx} \} \quad (40)$$

(la potencia inyectada por el DF “j” debe ser menor al mínimo entre la correspondiente al Vector de Inyecciones y la generación que efectivamente dispone el titular del DF “j” en cada nodo “x”)

$$0 \leq \alpha_{ch} \leq \alpha_h$$

(la cantidad utilizada de cada contraflujo “h” no debe superar a la asignada)

Donde:

$vrt_{jx}$ : demanda abastecida del DF “j” en el nodo “x”

$vit_{jx}$ : potencia inyectada por la parte generadora del DF “j” en el nodo “x”

$h_{eix}$ : componente de la matriz H en el estado “e” para el cual se debe realizar el corte de suministro, asociado al vínculo “i” y el nodo “x”. Este estado “e” corresponde a la situación real en la RTR, y en consecuencia puede ser distinto a los estados “e” definidos para la PFS.

$bl_{ei}$ ,  $bu_{ei}$ : límites máximos de la capacidad de transporte por el vínculo (línea) “i”, en ambos sentidos de circulación, de acuerdo al estado “e”.

$VIT_{jx}$ : componente del Vector de Inyecciones del DF “j”, correspondiente al nodo “x”

$VRT_{jx}$ : componente del Vector de Retiros del DF “j”, correspondiente al nodo “x”

$G_{jx}$ : generación máxima disponible del generador titular del DF “j” en el nodo “x”.

Las ecuaciones e inecuaciones (36) a (40) definen un programa lineal cuya solución identifica las demandas que pueden ser abastecidas por los contratos firmes en el estado “e”.

Artículo 44.- Como el programa lineal definido por las ecuaciones (36) a (40) podría en algunos casos tener soluciones múltiples, asignando en forma arbitraria algunos de los cortes. Se considera el siguiente formulación alternativa de la función objetivo definida por la ecuación (35).

$$\text{Minimizar } \sum_j \sum_x (VRT_{jx} - vrt_{jx})^2 \quad (41)$$

La ecuación (41) en conjunto con las ecuaciones e inecuaciones (37) a (41) definen un problema de programación cuadrática, cuya solución define los demandas a abastecer minimizando los cortes.

## ANEXOS REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN

### ANEXO 12.1 DEL CAPÍTULO 12 – CÁLCULO DEL CARGO POR PEAJE Y CARGO COMPLEMENTARIO. MÉTODO DE FLUJO DOMINANTE

- A12.1.1. El objetivo del Método de Flujo Dominante (MFD) es el de asignar la fracción de costo por el uso que una transacción "u", bien sea el Mercado Nacional o el MER, hace de los elementos de una red. El MFD asumirá transacciones balanceadas (sumatoria de inyecciones igual a sumatoria de retiros).
- A12.1.2. El predespacho regional del MER se compone de la superposición de las 6 Transacciones de Mercado Nacional y la Transacción MER.
- A12.1.3. Cada transacción consiste de un conjunto de Inyecciones y Retiros correspondientes al predespacho para un escenario dado, relizado por cada OS/OM para su correspondiente Transacción de Mercado Nacional y el EOR para la Transacción MER.
- A12.1.4. Cada transacción deberá reflejar las pérdidas en la red que es modelada por el correspondiente OS/OM y el EOR para la determinación del pre-despacho. Las pérdidas de una transacción serán entonces iguales a la suma de sus inyecciones menos sus retiros
- A12.1.5. Para efectos de la aplicación del MFD y MEPAN se requieren transacciones balanceadas, es decir el total de inyecciones igual al total de retiros, por lo que el EOR asignará las pérdidas de cada transacción de la siguiente forma:
- i) Calcular las pérdidas ( $L$ ) para cada transacción  $u$ :
$$L(u) = \sum Inyeccion_j(u) - \sum Retiro_i(u)$$
  - ii) Asignar las pérdidas a los retiros en forma proporcional al monto retirado:
$$Retiro^*_i(u) = Retiro_i(u) + [ L(u) \times Retiro_i(u) / \sum Retiro_i(u) ]$$
- A12.1.6. Los flujos causados por cada transacción balanceada serán calculados por el EOR utilizando un flujo de carga de corriente directa que represente la red regional completa.
- A12.1.7. La responsabilidad de una transacción en el costo de un elemento de red se asume proporcional a su uso eléctrico (flujo de potencia real).
- A12.1.8. El conjunto de todas las transacciones consideradas en un escenario conforma el

uso total de la red en ese escenario.

A12.1.9. El MFD separa la responsabilidad en el costo para cada transacción  $R(u)$  en dos partes:

- El componente  $R_1(u)$ , que representa la capacidad realmente utilizada (dando crédito a transacciones que causen contraflujo) de los elementos de red y;
- $R_2(u)$  que representa la reserva.

A12.1.10. El costo total por uso de la red para la transacción  $u$  será igual a:  $R(u) = R_1(u) + R_2(u)$ .

A12.1.11. El componente  $R_1(u)$  está relacionado a la capacidad de los circuitos realmente usada por el flujo neto en el elemento. La transacción  $u$  tendrá responsabilidad de costos sobre un elemento solamente si el flujo ocasionado por ella tiene la misma dirección que el flujo neto. El  $R_1(u)$  se determina de la siguiente manera:

$$R_1(u) = \sum_{l=1}^L R_1(l, u) = \sum_{l=1}^L C_{Bl} \frac{|f_{+l}(u)|}{\sum_{s=1}^U |f_{+l}(s)|}$$

donde,

$R_1(l, u)$	Componente $R_1$ de la línea $l$ , transacción $u$
$L$	Número de líneas
$f_l$	Flujo neto por la línea $l$
$f_l(u)$	Flujo por la línea $l$ causado por la transacción $u$ .
$f_{+l}(u)$	Flujo positivo por la línea $l$ causado por la transacción $u$ . Igual a $f_l(u)$ si $f_l(u)$ tiene el mismo sentido que $f_l$ , y cero en caso contrario
$f_{cl}$	Capacidad de transmisión de la línea $l$
$C_l$	Ingreso a recolectar de la línea $l$
$U$	Conjunto de todas las transacciones

$C_{Bl}$  se define como el costo de capacidad base y es igual a:

$$C_{Bl} = C_l \frac{|f_l|}{f_{cl}}$$

A12.1.12. El componente  $R_2(u)$  se relaciona con la capacidad adicional no utilizada ( $f_{cl} - f_l$ ), o reserva del circuito  $l$ , está definido para todas las transacciones independientemente del sentido del flujo que producen en el elemento de red y se calcula de la siguiente manera:

$$R_2(u) = \sum_{l=1}^L R_2(l,u) = \sum_{l=1}^L C_{Al} \frac{|f_l(u)|}{\sum_{s=1}^U |f_l(s)|}$$

donde,

$R_2(l,u)$  Componente  $R_2$  de la línea  $l$ , transacción  $u$

$C_{Al}$  se define como el costo de capacidad adicional y es igual a:

$$C_{Al} = C_l \frac{(f_{cl} - |f_l|)}{f_{cl}} = C_l - C_{Bl}$$

#### A12.1.13. Cálculo de la Remuneración Reconocida por Peaje y por Cargo Complementario

Se definen los siguientes datos de entrada:

**U** = Conjunto de transacciones.  $u=1,\dots,U$ . Incluye las transacciones nacionales más la transacción MER.

**L** = Conjunto de líneas (incluye también los transformadores) que pertenecen a la RTR.  $l=1,\dots,L$

**F** = Matriz (L,U). El elemento  $f_{lu}$  es el flujo en MW en la línea  $l$  para la transacción  $u$

**F<sub>c</sub>(l)**= Capacidad de transmisión de la línea  $l$  en MW

**C(l)**= Ingreso a recolectar de la línea  $l$

Los datos mencionados se procesan con las formulas para  $R_1(l,u)$  y  $R_2(l,u)$  definidos en A12.1.11 y A12.1.12, y se obtiene:

$R_1(l,u)$ = Matriz con el valor de  $R_1$  para la línea  $l$  y la transacción  $u$

$R_2(l,u)$ = Matriz con el valor de  $R_2$  para la línea  $l$  y la transacción  $u$ . Sí la línea  $l$  no pertenece a la EPR o a una empresa titular de ampliaciones planificadas, el valor se hace cero.

La Remuneración Reconocida por Peaje para la línea  $l$  se calcula como:

$$R_1(l) = \sum_{u=1}^U R_1(l, u)$$

La Remuneración Reconocida por Cargo Complementario para la línea  $l$  se calcula como:

$$R_2(l) = \sum_{u=1}^U R_2(l, u)$$

## ANEXOS REGLAMENTO DE TRANSMISIÓN

### ANEXO 12.2 DEL CAPÍTULO 12 – ASIGNACIÓN DE LOS CARGOS POR PEAJE Y CARGO COMPLEMENTARIO Y EL MÉTODO DE PARTICIPACIONES MEDIAS

- A12.2.1 El objetivo del Método de Participaciones Medias (MEPAM) es el de encontrar la responsabilidad que las inyecciones y retiros de la Transacción MER tienen sobre los flujos MER en las líneas de la RTR .
- A12.2.2 El MEPAM utiliza como dato de entrada las inyecciones y retiros en cada nodo y los flujos por las líneas y transformadores para una transacción balanceada (la suma de las inyecciones deberá ser igual a la suma de los retiros).
- A12.2.3 Las inyecciones, retiros y flujos a ser utilizados por el MEPAM corresponden a aquellos definidos para la Transacción MER en el Anexo 12.1 en las secciones A12.1.3 a A12.1.6.

CO3: Fue agregado el artículo anterior y borrados los dos siguientes para compatibilizar el tratamiento de pérdidas con el MFD (anexo 12.1)

- A12.2.4 El MEPAM identifica, para cada inyección de potencia en la red, caminos físicos que comienzan en la inyección, que se extienden por la red hasta que alcanzan ciertas extracciones donde estos terminan. Análogamente se encuentran los caminos desde las extracciones a las inyecciones. Para crear estos caminos el MEPAM utiliza en cada nodo de la red el principio de proporcionalidad: en cada nodo de la red, las inyecciones al nodo se reparten proporcionalmente a los retiros del nodo.
- A12.2.5 El principio de proporcionalidad se ilustra con el siguiente ejemplo de la Figura 1 en el que cuatro líneas están conectadas al nodo  $i$ , dos con inyecciones y dos con retiros. El flujo total por el nodo es  $P_i = 40 + 60 = 100\text{MW}$  de los cuales 40% son suministrados por la línea  $j-i$  y 60% por la línea  $k-i$ . El principio de proporcionalidad implica que cada MW que se retira del nodo contiene la misma proporción de las inyecciones que el flujo total por el nodo  $P_i$ . De esta forma los 70MW saliendo por la línea  $i-m$  consiste de  $70(40/100)=28\text{MW}$  suministrados por la línea  $j-i$  y de  $70(60/100)=42\text{MW}$  suministrados por la línea  $k-i$ .

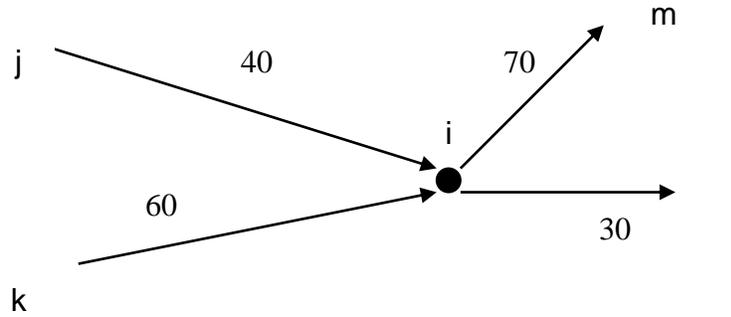


Figura 1 – Principio de Proporcionalidad

A12.2.6 Factores de Distribución de la Generación<sup>1</sup>:  $D^G$  es el factor que define la proporción de la potencia inyectada por un generador (inyección al MER) que fluye en una línea; se denomina factor topológico de distribución de generación y se define como:

$$D_{i-l,k}^G = |P_{i-l}| \cdot |A_u^{-1}|_{jk} / P_i$$

donde,

$D_{i-l,k}^G$  = Factor topológico de Distribución de Generación que indica la proporción de la potencia que el generador  $k$  contribuye al flujo en la línea  $i-l$  (línea que conecta los nodos  $i-l$ )

$|P_{i-l}|$  = Flujo en la línea  $i-l$ .  $|P_{i-l}| = |P_{l-i}|$

$P_i$  = Flujo total por el nodo  $i$

$A_u$  = Matriz ( $n \times n$ ) de distribución *upstream*.  $n$ = número de nodos

$ A_u _{ij}$	= Elementos de la matriz $A_u$	$\begin{cases} 1 & \text{para } i=j \\ - P_{j-i}  / P_j & \text{para } j \in \alpha_i^{(u)} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$
--------------	--------------------------------	---

$\alpha_i^{(u)}$  = Conjunto de nodos que suministran al nodo  $i$  (el flujo se dirige desde otros nodos al nodo  $i$ )

$|A_u^{-1}|_{jk}$  = Elemento  $jk$  de la inversa de la matriz  $A_u$

A12.2.7 El flujo por la línea  $i-l$ ,  $|P_{i-l}|$  se determina en función de las inyecciones de

<sup>1</sup> La formulación y ejemplos numéricos se encuentran en el artículo: *J. Bialek "Tracing the flow of electricity" IEE Proceedings Generation Transmission Distribution, Vol 143, No 4. July 1996*

generación en cada nodo como:

$$|P_{i-l}| = \sum_{k=1}^n D_{i-l,k}^G \cdot PG_k \quad \text{para } l \in \alpha_i^{(d)}$$

donde,

$PG_k$  = Generación en el nodo  $k$

$\alpha_i^{(d)}$  = Conjunto de nodos que son suministrados directamente por el nodo  $i$  (el flujo se dirige a estos otros nodos desde el nodo  $i$ )

A12.2.8 Factor de Distribución de la Demanda:  $D^D$  es el factor que define la proporción de la potencia retirada por una demanda (extracción del MER) que fluye en una línea; se denomina factor topológico de distribución de demanda, y se define como:

$$D_{i-j,k}^D = |P_{i-j}| \cdot |A_d^{-1}|_{ik} / P_i$$

donde,

$D_{i-j,k}^D$  = Factor topológico de Distribución de Demanda que indica la proporción de la potencia que la demanda  $k$  contribuye al flujo en la línea  $i-j$

$A_d$  = Matriz (nxn) de distribución *downstream*.

$$|A_d|_{il} = \begin{cases} 1 & \text{para } i=l \\ -|P_{l-i}| / P_l & \text{para } l \in \alpha_i^{(d)} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

A12.2.9 El flujo por la línea  $i-j$ ,  $|P_{i-j}|$  en función de los retiros de la demanda en cada nodo se determina como:

$$|P_{i-j}| = \sum_{k=1}^n D_{i-j,k}^D \cdot PD_k \quad \text{para } j \in \alpha_i^{(u)}$$

donde,

$PD_k$  = Demanda en el nodo  $k$

A12.2.10 Asignación del Cargo por Peaje y Cargo Complementario a los Agentes Productores y Consumidores para la Transacción MER.

Se definen los siguientes datos de entrada:

$R_lMER(l)$ =Elemento de la matriz  $R_l(l,u)$  descrita en A12.1.11 para  $u$  = Transacción MER.

$R_2MER(l)$  = Elemento de la matriz  $R_2(l,u)$  descrita en A12.1.12 para  $u =$  Transacción MER.

$PG_k$  = Inyección en el nodo  $k$  de la RTR para la transacción MER

$PD_k$  = Retiro en el nodo  $k$  de la RTR para la transacción MER

$\mathbf{F}$  = Vector ( $n_l$ ). El elemento  $f_l$  es el flujo en MW de la línea  $l$  para la transacción MER.  $n_l$  es el número de líneas.

Topología de la red = Conectividad entre los nodos de la red

Se determinan para la Transacción MER, los factores de distribución de la generación y los factores de distribución de la demanda según las fórmulas de A12.2.6 y A12.2.8:

$D_{l,k}^G$  = Factor de distribución topológico de la generación para la línea  $l$ , inyección  $k$ , Transacción MER. Indica la proporción de la potencia inyectada en el nodo  $k$  que fluye por la línea  $l$  en la Transacción MER.

$D_{l,k}^D$  = Factor de distribución topológico de la demanda para la línea  $l$ , retiro  $k$ , Transacción MER. Indica la proporción de la potencia retirada en el nodo  $k$  que fluye por la línea  $l$  en la Transacción MER.

Se calculan las cantidades siguientes:

$PERMER_k$  = Monto que el retiro en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de peaje por la Transacción MER =  $PD_k \times \sum_l (D_{l,k}^D \times R_lMER(l) \times 0.5)$

$CCRMER_k$  = Monto que el retiro en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de cargo complementario por la Transacción MER =  $PD_k \times \sum_l (D_{l,k}^D \times R_2MER(l) \times 0.5)$

$PEIMER_k$  = Monto que la inyección en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de peaje por la Transacción MER =  $PG_k \times \sum_l (D_{l,k}^G \times R_lMER(l) \times 0.5)$

$CCIMER_k$  = Monto que la inyección en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de cargo complementario por la Transacción MER =  $PG_k \times \sum_l (D_{l,k}^G \times R_2MER(l) \times 0.5)$

A12.2.11 Asignación del Cargo por Peaje y Cargo Complementario a los Agentes Productores y Consumidores para las Transacciones de Mercados Nacionales.

Se definen los siguientes datos de entrada:

$R_1(l,u)$ = Matriz con el valor de  $R_1$  para la línea  $l$  y la transacción de mercado nacional  $u$  según se establece en el Anexo 12.1

$R_2(l,u)$ = Matriz con el valor de  $R_2$  para la línea  $l$  y la transacción de mercado nacional  $u$  según se establece en el Anexo 12.1

$PG_{ku}$ = Inyección en el nodo  $k$  de la RTR para la transacción de mercado nacional  $u$

$PD_{ku}$ = Retiro en el nodo  $k$  de la RTR para la transacción de mercado nacional  $u$

%LPE y %GPE = Proporción de reparto del cargo por peaje para la transacción de mercado nacional entre los agentes consumidores (%LPE) y productores (%GPE). Se fijan inicialmente ambos valores en 50%, pudiendo la CRIE determinar otra proporción.

%LCC y %GCC = Proporción de reparto del cargo por cargo complementario para la transacción de mercado nacional entre los agentes consumidores (%LCC) y productores (%GCC). El valor de %LCC se fija inicialmente en 100% y el de %GCC en 0, pudiendo la CRIE determinar otra proporción.

Se calculan las cantidades siguientes:

$PERNAC_{ku}$  = Monto que el retiro en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de peaje por la Transacción de Mercado Nacional  $u = \sum_l R_1(l,u) * PD_{ku} / \sum_k PD_{ku} * \%LPE$

$PEINAC_{ku}$  = Monto que la inyección en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de peaje por la Transacción de Mercado Nacional  $u = \sum_l R_1(l,u) * PG_{ku} / \sum_k PG_{ku} * \%GPE$

$CCRNAC_{ku}$  = Monto que el retiro en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de cargo complementario por la Transacción de Mercado Nacional  $u = \sum_l R_2(l,u) * PD_{ku} / \sum_k PD_{ku} * \%LCC$

$CCINAC_{ku}$  = Monto que la inyección en el nodo  $k$  debe pagar en concepto de cargo complementario por la Transacción de Mercado Nacional  $u = \sum_l R_2(l,u) * PG_{ku} / \sum_k PG_{ku} * \%GCC$

$$TOTAL_p = \sum_i (PECMER_{pi} + CCCMER_{pi}) + \sum_k (PECTNAC_{pk} + CCCTNAC_{pk})$$

$$CURTRD_p = TOTAL_p / \sum_i \sum_j DM_{ij}$$

Y el equivalente para CURTRG