

ANEXO A

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

DE LOS

CONTRATOS FIRMES Y DERECHOS DE TRANSMISIÓN FIRMES

CONTENIDO

1	Definiciones	1
2	Contratos Firmes	2
3	Derechos <u>de Transmisión Firmes</u>	4

1 Definiciones

1.1 Autoridad Nacional Competente por país: Entidad competente que podrá registrar o certificar o autorizar la máxima Energía Firme correspondiente a los contratos de acuerdo a su derecho interno. El Regulador Nacional de cada país parte del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, notificará por escrito a la CRIE con copia al EOR el nombre de la Autoridad Nacional Competente y lo publicará en su página web.

1.2 Cálculo de Energía Firme que puede ser comprometida: El agente calculará la cantidad de energía que puede ser transada en el Contrato Firme.

La Energía Firme asociada al Contrato Firme estará limitada por la potencia del Derecho Firme DF correspondiente.

1.3 Solicitud de un Derecho Firme-DT aceptada: Solicitud que cumple con todos los requisitos establecidos en el presente procedimiento y que es aceptada por el EOR para ser considerada en el proceso de asignación de Derechos Firmes de Transmisión DT.

1.4 Programa de Selección de Solicitudes:

Programa informático que tiene implementado el conjunto de formulaciones matemáticas contenidas en el Anexo 1 "Formulación Matemática del Proceso de Asignación de DT".

A large, stylized handwritten signature in blue ink is written across the bottom right of the page. To its right is a small blue symbol consisting of a circle with a vertical line passing through its center.

- 1.5 Nomenclatura
CF: Contrato Firme

DT: Derecho de Transmisión

DF: Derecho Firme

DFPP: Derecho Financiero Punto a Punto

2 Contratos Firmes

- 2.1 A efectos de lo que establece el RMER, en el literal (b) del artículo 1.3.4.1 del Libro II, la Energía Firme será la máxima energía correspondiente a los contratos que el regulador nacional o la entidad nacional competente registre, autorice o certifique, según corresponda, en el país de retiro y en el país de inyección, pudiendo tener en cuenta la capacidad de generación, la disponibilidad de recursos energéticos, la demanda máxima de cada sistema nacional, los requerimientos de reserva y los contratos regionales y nacionales existentes.
- 2.2 El CF se administrará y operará aplicando las definiciones, normas y reglas establecidas en el RMER para los CF en concordancia con el Procedimiento de Detalle Complementario y el presente procedimiento; en caso de contradicción prevalecerá lo establecido en el Procedimiento de Detalle Complementario y este procedimiento, en ese orden.
- 2.3 La oferta de flexibilidad asociada a la parte vendedora de los CF, se deberá entender que es una oferta de inyección de oportunidad y deberá presentarse en el nodo de inyección asociado al CF.
- 2.4 En el caso de que $p_{firme_cortada(i)} \neq 0$, se procede a realizar la reducción a las cantidades de energía requerida de cada uno los CF que son afectados por la restricción en la transmisión, en forma bilateral y proporcional a la capacidad de transmisión requerida por cada uno de los CF, conforme a la siguiente formulación:

Para cada CF "k" se puede calcular lo siguiente:

$$T_{ij}^{req_CF} = S_{ij} * P_{energía_req(k)}$$

$T_{ij}^{req_PN}$: Flujo DC en la línea de transmisión ij por el conjunto de transacciones nacionales



$$T_{ij}^{req_total} = T_{ij}^{req_pn} + T_{ij}^{req_CF}$$

Calculo de reasignación de energía requerida de CF por restricciones en líneas de transmisión individuales:

Si $\sum_k T_{ij}^{req_total} \geq CT_{ij}$ y $T_{ij}^{req_CF} \neq 0$, entonces

$$P_{ajustada_ij}^{energia_req(k)} = P_{energia_req(k)} * \frac{(CT_{ij} - T_{ij}^{req_pn})}{\sum_k T_{ij}^{req_CF}}$$

Calculo de reasignación de energía requerida de CF por restricciones en grupos de líneas de transmisión (máximas transferencias):

Dada la restricción "r" del grupo de líneas de transmisión MT_r , si $\sum_{ij \in MT_r} \sum_k T_{ij}^{req_total} \geq CT_{MT_r}$

y $\sum_{ij \in MT_r} T_{ij}^{req_CF} \neq 0$

$$P_{ajustada_MTr}^{energia_req(k)} = P_{energia_req(k)} * \frac{(CT_{MTr} - \sum_{ij \in MTr} T_{ij}^{req_pn})}{\sum_{ij \in MTr} \sum_k T_{ij}^{req_CF}}$$

Calculo de la reduccion de los CF

$$P_{ajustada}^{energia_req(k)} = \text{Min} \left\{ P_{ajustada_ij}^{energia_req(k)}, P_{ajustada_MTr}^{energia_req(k)} \right\}_{ij, MTr} - \epsilon$$

donde:

$P_{energia_req(k)}$	Energía requerida por la parte compradora del CFk
P_{pre_nac}	Energía de las transacciones del predespacho nacional
S_{ij_k}	Sensibilidad del flujo en la línea ij, afectada por la restricción de transmisión, a la energía requerida del CFk y de las transacciones nacionales.
CT_{ij}	Capacidad de Transmisión de la línea ij
$T_{ij}^{req_CF}$	Capacidad de transmisión en la línea ij requerida por el CF k;
$T_{ij}^{req_pn}$	Capacidad de transmisión en la línea ij requerida por las transacciones del predespacho nacional;
$T_{ij}^{req_total}$	Capacidad de transmisión en la línea ij requerida por las transacciones del predespacho nacional y por el CF k;

$\sum T_{ij_k}^{req_CF}$	Capacidad de transmisión total en la línea ij requerida por todos los CF
$\sum T_{ij_k}^{req_total}$	Capacidad de transmisión total en la línea ij requerida por las transacciones nacionales y por todos los CF.
$P_{energia_req(k)}^{ajustada_ij}$	Energía requerida ajustada para la parte compradora del CF k debido a la restricción en la línea ij
CT_{MTr}	Capacidad de Transmisión del grupo de líneas "MTr"
$\sum_{ij \in MTr} \sum_k T_{ij_k}^{req_CF}$	Capacidad de transmisión total en el grupo de líneas "MTr" requerida por todos los CF
$\sum_{ij \in MTr} T_{ij}^{req_pm}$	Capacidad de transmisión total en el grupo de líneas "MTr" requerida por las transacciones nacionales
$\sum_{ij \in MTr} \sum_k T_{ij_k}^{req_total}$	Capacidad de transmisión total en el grupo de líneas "MTr" requerida por las transacciones nacionales y por los CF.
ϵ	Valor pequeño para evitar inconvenientes numericos.
$P_{energia_req(k)}^{ajustada}$	Energía requerida ajustada para la parte compradora del CFk

- 2.5 Si durante el proceso de automatización de la formulación establecida en el numeral 2.4 por parte del EOR, se presentase, una situación de reasignación de la energía requerida de los CF durante la ejecución del Predespacho Regional, el EOR podrá publicar el Primer Predespacho Regional del día siguiente, a más tardar a las 16:30 horas. De igual forma, para Ajustes y Redespachos Regionales, el EOR contará con dos horas adicionales a los plazos establecidos para la publicación de los mismos.

3 Derechos de Transmisión Firmes

Un Derecho Firme DF está siempre asociado a un Contrato Firme CF y es un DT que asigna a su Titular, durante el Período de Validez, 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 el derecho a percibir o la obligación de pagar una Renta de Congestión según el resultado de la diferencia entre el producto del Precio Nodal de retiro resultante del Predespacho o redespacho Regional por la Potencia de Retiro del DF menos el producto del Precio Nodal de inyección resultante del Predespacho o redespacho Regional por la Potencia de Inyección del DF. La Potencia de Inyección y la Potencia de Retiro del DF son fijas por el Período de Validez del DF.

~~El Contrato Firme (CF) tiene asociado un Derecho Firme (DF) que asigna a su Titular, durante el Período de Validez, 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 el derecho a percibir o la obligación de pagar una Renta de Congestión según el resultado de la diferencia entre el producto del Precio Nodal de Retiro resultante del Predespacho o redespacho Regional por la Potencia de Retiro del DF menos el producto del Precio Nodal de Inyección resultante del Predespacho o redespacho Regional por la~~

~~Potencia de Inyección del DF. La Potencia de Inyección y la Potencia de Retiro del DF son fijas por el Período de Validez del CF.~~

~~Un Derecho Financiero Punto a Punto DFPP es un DT que asigna a su Titular el derecho a percibir o la obligación de pagar según el resultado de la diferencia entre el producto del Precio Nodal por la Potencia de Retiro del DFPP menos el producto del Precio Nodal por la Potencia de Inyección del DFPP. La Potencia de Inyección y la Potencia de Retiro del DFPP son fijas por el Período de Validez del DFPP.~~

3.1 Capacidades Operativas para ~~Derechos Firmes~~ Derechos de Transmisión

3.1.1 La Capacidad Operativa de Transmisión entre áreas de control denominada máximas transferencias de potencia calculadas por el EOR, para la asignación de los DFDT será el menor valor de capacidad operativa de los escenarios de demanda máxima, media y mínima. El valor de la capacidad operativa de cada escenario se calculará considerando los valores de máximas transferencias de potencia entre áreas de control, la capacidad de importación, exportación y porteo de los países, resultantes del estudio de seguridad operativa y vigente a la fecha de la publicación de las capacidades operativas para DT adjudicación de los DF. Inicialmente se calculará con base al menor valor de la capacidad de importación, exportación y porteo de los países, hasta que el EOR determine el procedimiento para usar los tres valores simultáneamente en el proceso de asignación de los DFDT.

~~3.1.2 Inicialmente se utilizarán las siguientes~~ Las capacidades operativas de transmisión para la asignación de los Derechos DT Firmes; será el

Con formato: Justificado

a) ~~Desde la entrada en vigencia de esta Resolución hasta diciembre 2015:~~

~~80% de la Capacidad Operativa de Transmisión entre áreas de control denominada máximas transferencias de potencia calculadas por el EOR. Si la capacidad operativa de transmisión es limitada por la capacidad de importación, entonces se utilizará el 100% de esta última capacidad.~~

Con formato: Indent 2, Justificado, Esquema numerado + Nivel: 3 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0 cm + Sangría: 1.27 cm

Con formato: Indent 2, Sangría: Izquierda: 0 cm

b) ~~Posterior a diciembre 2015:~~

~~3.1.2 El 100% de la Capacidad Operativa de Transmisión entre áreas de control, denominada máximas transferencias de potencia calculadas por el EOR. Si la capacidad operativa de transmisión entre áreas de control, es mayor que la capacidad de importación de una de ellas, entonces se utilizará el 100% de esta última capacidad.~~

Con formato: Indent 2, Justificado, Sin viñetas ni numeración

Con formato: Indent 2, Esquema numerado + Nivel: 3 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0 cm + Sangría: 1.27 cm

- 3.1.3 Las ampliaciones de la RTR, para determinar la red a utilizar en las asignaciones de DFDT serán solamente aquellas que a la fecha de publicar la información establecida en el numeral 8.2.6, del libro III del RMER, estén en operación comercial.

3.2 Mecanismo de Asignación

- 3.2.1 El mecanismo de asignación de Derechos de TransmisiónDT, considerará la subasta de la capacidad de transmisión disponible, con las siguientes características:

- a) Se permitirá únicamente la compra de Derechos Firmes y Derechos Financieros Punto a PuntoDT,
- b) Las ofertas de precios para la compra de Derechos Firmes-DT deberán ser mayores o iguales a los precios mínimos establecidos en este procedimiento,
- c) En los casos que dos o más ofertas de Derechos Firmes-DT tengan el mismo precio de oferta por unidad de potencia y los mismos nodos de inyección y retiro de la RTR, y la capacidad de transmisión limite la asignación total de la potencia solicitada de una de estas ofertas, la asignación de las potencias de inyección y retiro, será el resultado de distribuir proporcionalmente, las potencias de inyección y retiro totales asignadas por el modelo de optimización, con base en las potencias solicitadas de cada oferta.

- 3.2.2 Compras de Derechos-DT Firmes

Durante la vigencia de este procedimiento, el EOR pondrá a disposición de todos los interesados los nodos de la RTR donde se pueden presentar únicamente solicitudes de compras de DF y DFPP.

Para la incorporación de cada solicitud de DFDT aceptada al programa de selección de solicitudes, el EOR verificará que el precio ofertado sea igual o mayor al respectivo precio mínimo aceptable de ofertas, cuyo valor será calculado conforme la metodología de precios mínimos aceptables de ofertas establecida en el numeral 3.4 del presente procedimiento.

- 3.2.3 Mientras dure la vigencia del presente procedimiento, el EOR publicará las:

- a) Fechas en las que se realizarán las asignaciones de Derechos FirmesDF con validez anual.

Las asignaciones se realizarán en los meses de diciembre y junio de cada año.



- b) Fechas en las que se realizarán las asignaciones de Derechos Firmes-DT con validez mensual.

Las asignaciones se realizarán cada mes, ~~a partir de diciembre 2015.~~

3.2.4 El Agente deberá presentar la Solicitud de compra de Derechos Firmes-DT (SDFDT) y su documentación a través de la página web del EOR, a más tardar el segundo día hábil del mes de asignación respectivo, en el formato que el EOR establezca para este fin. Las SDFDT presentadas posterior a dicho plazo quedan invalidadas para trámites de asignación de DFDT.

3.2.5 Una vez recibida la SDFDT, la página web del EOR asignará un comprobante de recepción indicando la fecha y hora de recibo de la misma. La fecha y hora corresponde al tiempo oficial del país sede del EOR.

3.2.6 En los primeros tres días hábiles del mes previo al mes en que se realiza la asignación, el EOR publicará en su sitio web:

- a) Convocatoria al proceso de asignación
- b) Formato para presentar la Solicitud de Derechos Firmes-DT
- c) Los nodos de la RTR en los cuales se podrá solicitar asignación de DFDT
- d) Los precios nodales proyectados para el cálculo de los precios mínimos aceptables de ofertas de los DFDT
- e) La Capacidad Operativa de Transmisión para la asignación de DFDT.
- f) El máximo porcentaje de pérdidas
- g) La proyección de precios indicativa del planeamiento operativo
- e) La proyección de precios indicativa del planeamiento operativo.

3.2.7 Requisitos para la presentación de las Solicitudes de compra de Derechos Firmes (SDFDT)

Para SDT de DF:

- a) Los agentes interesados en adquirir un DF deberán completar el formato establecido por el EOR, el cual estará disponible en el sitio web del EOR.
- b) Registro o autorización o certificación de la máxima Energía Firme por parte de los reguladores nacionales o las autoridades nacionales competentes, del país donde se ubica la parte vendedora y del país donde se ubica la parte compradora. El regulador nacional o la autoridad nacional competente únicamente podrá otorgar dicho registro o autorización o certificación, a los agentes habilitados en su país.
- c) El agente que inyecta y el agente que retira deben ser agentes autorizados por el EOR para realizar transacciones en el MER.
- d) Constitución de la garantía de la solicitud de compra de DFDT, la cual para los DF con periodo de validez mensual debe corresponder al menos al 20% del total del valor de la oferta de compra de DF y en el caso de los DF con periodo de validez anual debe corresponder al menos al 10% del total del valor de la oferta de compra de DF. Para

Con formato: Normal, Sangría:
Primera línea: 1.25 cm, Sin viñetas ni
numeración



este efecto el solicitante deberá adjuntar a su SDF el comprobante de constitución de la garantía.

Para SDT de DFPP:

e) Los agentes interesados en adquirir un DFPP deberán completar el formato establecido por el EOR, el cual estará disponible en el sitio web del EOR.

f) El agente solicitante debe ser agente autorizado por el EOR para realizar transacciones en el MER.

g) Constitución de la garantía de la solicitud de compra de DFPPDT, la cual para los DFPP con periodo de validez mensual debe corresponder al menos al 20% del total del valor de la oferta de compra de DFPP anual debe corresponder al menos al 10% del total del valor de la oferta de compra de DFPP. Para este efecto el solicitante deberá adjuntar a su SDT el comprobante de constitución de la garantía.

Con formato: Sangría: Primera línea: 1.25 cm

Con formato: Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: a, b, c, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 1.25 cm + Sangría: 1.88 cm

3.2.8 Los documentos indicados en el literal b) del numeral anterior, deberán presentarse al EOR en formato digitalizado, los cuales deberán contener al menos la siguiente información:

- Nombre del Agente autorizado para compra o venta de energía.
- Fecha, lugar de emisión y periodo de validez del Registro o autorización o certificación.
- La máxima Eenergía eléctrica Firme en MWh, durante el periodo de validez del DF, autorizada para comprar o vender por periodo de mercado.
- Nodos de Inyección y de Retiro de la RTR asociados al Contrato, detallando los nombres, los niveles de tensión en kV y el país al que pertenecen.
- Firma y sello del emisor

3.2.9 El EOR dispondrá de dos (2) días hábiles, posteriores al plazo para la presentación de solicitudes de DFDT, para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 3.2.7 de este documento, para el requisito del literal (b) del mismo numeral el EOR deberá verificar la validez de los registros o autorizaciones o certificaciones con las entidades que los emitieron.

3.2.10 El siguiente día hábil al plazo indicado en el numeral 3.2.9, el EOR publicará en su sitio web el listado de las solicitudes aceptadas y de las rechazadas. Adicionalmente, para las solicitudes rechazadas notificará al solicitante el motivo del rechazo.

3.3 Asignación de los Derechos de Transmisión Firmes

3.3.1 El total de los DFDT previamente asignados más los DFDT que se asignen, independientemente de la combinación de los nodos de inyección y retiro, no deberán superar la Capacidad Operativa de Transmisión establecida en el numeral 3.1.2.



3.3.2 La reconfiguración de los DT, se aplicará hasta que se disponga de un nuevo mecanismo de reconfiguración de DT.

3.3.3 La red a utilizar para realizar la asignación de los DFDT será la misma red base que se utiliza para el Predespacho Regional y que se encuentre vigente al momento de realizar la asignación de los DFDT.

3.3.4 Al día hábil siguiente del plazo establecido en el numeral 3.2.9, el EOR introducirá al programa de optimización las solicitudes de DFDT aceptadas y publicará los resultados de la asignación.

Para el caso de las asignaciones de DF con periodo de validez anual, el monto total anual de la oferta económica de compra, será dividido en 12 montos mensuales iguales y cada uno de ellos será considerado de esa forma en el programa de optimización, pudiendo asignarse potencias diferentes para cada mes.

3.3.5 Dentro de un plazo de un (1) día hábil después de publicados los resultados de la asignación, los solicitantes podrán impugnar el proceso si se cumple alguna de las siguientes condiciones: (i) el Programa de Selección de solicitudes se ejecutó con datos distintos a los informados por el EOR en el momento de convocatoria a presentación de solicitudes; y (ii) no se cargaron correctamente los datos de la solicitud.

3.3.6 Las impugnaciones serán dirigidas al EOR, quien resolverá en definitiva sobre la validez de asignación en un plazo de un (1) día hábil. En caso que la asignación sea considerada no válida, el EOR deberá realizar nuevamente la asignación el día hábil siguiente, manteniendo toda la información presentada para la asignación impugnada y corrigiendo los errores detectados.

3.3.7 Vencido el plazo para presentar impugnaciones al proceso de asignación ante el EOR y no habiéndose presentado ninguna o habiéndose resuelto las impugnaciones, el EOR deberá realizar la asignación definitiva de los DFDT con su periodo de validez y publicará los resultados.

3.3.8 El agente adjudicatario de DFDT con periodo de validez mensual, contará con cinco (5) días hábiles posteriores al envío de la facturación del DFDT, por medios electrónicos, indicado en el numeral 3.6.1, para realizar el pago respectivo.

3.3.9 El agente adjudicatario de DF con periodo de validez anual, deberá realizar el pago respectivo en doce (12) cuotas consecutivas, según los resultados propios del modelo de optimización de las asignaciones de cada mes, según la siguiente secuencia: (i) la primera, como máximo a los cinco (5) días hábiles después del envío de la facturación del DFDT, por



medios electrónicos, indicado en el numeral 3.6.1; (ii) las cuotas siguientes, como máximo el quinto día hábil de cada mes del Período de Validez, u opcionalmente pagar el monto total a más tardar el quinto día hábil después del envío de la facturación del **DFDT**, por medios electrónicos, indicado en el numeral 3.6.1, no siendo en este último caso necesario la presentación de la garantía de debido cumplimiento.

3.3.10 Los adjudicatarios de DF con período de validez anual deberán presentar garantías de debido cumplimiento por los montos adeudados del valor total del DF, en un plazo de cinco (5) días hábiles posteriores al envío de la facturación del **DFDT**, salvo que se realice el pago total del DF adjudicado

3.3.11 Si el agente adjudicatario no realiza el pago del **DFDT** asignado conforme se indica en los numerales 3.3.8 y 3.3.9 así como la garantía indicada en el párrafo anterior, el EOR procederá con la ejecución de la garantía de la solicitud de compra de **DFDT** y anulará la asignación de los **Derechos Firmes-DT** que incumplieron el pago, notificando a la CRIE de tal situación. La publicación de los **DFDT** adjudicados se actualizará indicando la anulación de los derechos asignados y el motivo.

Con formato: Esquema numerado + Nivel: 3 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0 cm + Sangría: 1.27 cm

3.3.103.3.12 El Agente que incumpla el pago por una asignación de **DFDT** y solicite **DFDT** en convocatorias posteriores, deberá presentar garantías por el 100% del total del valor de la oferta de compra de **DFDT**.

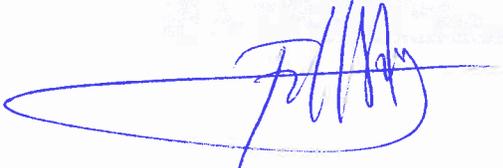
3.3.113.3.13 El EOR mantendrá en su sitio web un registro histórico de las **Solicitudes de Derechos Firmes-SDT** recibidas, aceptadas y rechazadas, así como de los **DFDT** asignados.

3.3.123.3.14 Para la asignación de potencia y valorización de los **DFDT**, se aplicarán los resultados del programa de selección de solicitudes de **DFDT**, conforme la formulación matemática que se adjunta como Anexo 1.

~~**3.3.13** Las verificaciones complementarias a las que hace referencia el Anexo 1 del presente documento, no se realizarán en tanto no se asigne el 100% de la capacidad de Transmisión para la asignación de DF.~~

3.3.143.3.15 Las contingencias indicadas en el Anexo 1 del presente documento, no se utilizarán para la asignación de los **derechos de transmisiónDT**, en virtud de que el cálculo de las máximas transferencias de potencia entre áreas de control ya las incluye.

3.4 Metodología de Cálculo de Precios Mínimos Aceptables de Ofertas.



3.4.1 El cálculo de los Precios Mínimos aceptables de ofertas para la asignación de los Derechos Firmes será realizado por el EOR, tomando en cuenta una proyección del promedio mensual de precios derivada del planeamiento operativo, conforme lo dispuesto en el numeral 8.2.6 del Libro III del RMER. El cálculo de los Precios Mínimos aceptables de ofertas para la asignación de los ~~Derechos Firmes~~DT será realizado por el EOR, tomando en cuenta una proyección estadística del promedio mensual de los precios nodales de la RTR, con base en los precios ex antes históricos del predespacho regional, obtenidos a partir del mes de junio de 2013 y hasta un mes antes de realizar las correspondientes convocatorias de asignación de ~~Derechos Firmes~~DT. La metodología para la proyección estadística se encuentra definida en el Anexo 2 "METODO DE MEDIAS MOVILES" del la presente procedimiento.

La base de datos para la proyección de precios nodales del MER para el cálculo de los precios mínimos aceptables, será generada a partir de los datos históricos de precios del Predespacho del MER disponible a partir de junio de 2013. Esta base de datos estará disponible en el sitio web del EOR

Con formato: Español (Guatemala)

Con formato: Sangría: Izquierda: 1.25 cm, Sin viñetas ni numeración

Las series de datos se definirán como el promedio mensual del precio para cada nodo de la RTR, para cada mes de los últimos tres (3) años

Con formato: Fuente: 11 pto

A medida que se obtenga más información histórica de los precios del Predespacho Regional y se cubran más series de datos mensuales, se completarán las series faltantes y se reducirá la necesidad de proyecciones intermedias o réplicas de datos a fin de completar los tres años de datos necesarios para la proyección de los precios nodales del MER. Se aplicará una proyección por series de tiempo, para obtener la proyección para cada nodo de la RTR para el período de validez de los ~~Derechos Firmes~~DT a asignar.

Con formato: Español (Guatemala)

Con formato: Sangría: Izquierda: 1.27 cm, Sin viñetas ni numeración

Con formato: Español (El Salvador)

3.4.2 Los Precios Mínimos aceptables de ofertas para la compra de los ~~Derechos Firmes~~DT(DF), serán definidos en US\$ mediante la siguiente fórmula:

$Precio_Minimo_de_la_oferta\ de\ Precio_del_DT\ F = [(MWr)(PNr) - (MWi)(PNI)] [NPer]$,
para todo $[(MWr)(PNr) - (MWi)(PNI)] > 0$

$Precio_Minimo_de_la_oferta\ de\ Precio_del_DT\ F = 0$, Si $[(MWr)(PNr) - (MWi)(PNI)] \leq 0$

Donde:

Precio_Mínimo_de_la_oferta_de Precio_del_DTF = Precio Mínimo aceptable de ofertas en US\$ aplicable a una compra de DFDT con nodo de inyección "i" y nodo de retiro "r".

MWi= Potencia de Inyección

MWr= Potencia de Retiro

MWi=MWr

PNr= Precio nodal proyectado para el período de validez del Derecho-FirmeDT, correspondiente al nodo de retiro "r" en US\$/MWh, calculados y publicados por el EOR.

PNi= Precio nodal proyectado para el período de validez del Derecho-Firme-DT correspondiente al nodo de inyección "i" en US\$/MWh, calculados y publicados por el EOR.

NPer = Número de horas del periodo de validez del DFDT.

Para el caso de DF con periodo de vigencia de un año, el valor del Precio Mínimo aceptable de ofertas será la sumatoria de todos los valores mensuales calculados con la fórmula anterior y comprendidos en el periodo del año correspondiente.

Para evitar errores numéricos, en los casos que la oferta de un DFDT sea cero se modelará con un valor inferior a 1×10^{-3} , que será definido por el EOR y se asignará a una constante en el mecanismo de asignación de los DFDT.

- 3.4.3 Semestralmente el EOR y la CRIE revisarán la metodología de cálculo de los Precios Mínimos aceptables para las ofertas de compra de DFDT.

3.5 Conciliación de los Derechos Firmes de Transmisión

3.5.1 El EOR publicará en su sitio web la conciliación de cada asignación de DFDT, el siguiente día hábil posterior a la adjudicación de los DFDT, según el plazo establecido en el numeral 3.3.7. En base a la conciliación se emitirán y liquidarán los documentos de cobro y pago de los agentes que resulten con cargos y abonos respectivamente. La conciliación contendrá la siguiente información:

- a) Cargos o abonos aplicados a los agentes no transmisores, por la asignación de Derechos FirmesDT.
- b) Monto total de Ingresos por Venta de Derechos de Transmisión (IVDT).

Handwritten signature in blue ink, possibly reading 'P. H. S.', with a large blue circle drawn around it. To the right of the signature is a blue circled symbol containing a diagonal slash, resembling a crossed-out circle or a specific logo.

- 3.5.2 Con base en la información resultante de la conciliación de las asignaciones de DFDT, el EOR elaborará mensualmente el Documento de Transacciones Económicas Regionales de DFDT (DTER-DFDT). El EOR publicará este documento en su sitio web, el segundo día hábil del mes siguiente.

3.6 Facturación de los Derechos de Transmisión Firmes

- 3.6.1 Para cada asignación de DFDT, el EOR emitirá los documentos de cobro y pago de los agentes que resulten deudores y acreedores, el día hábil siguiente a la publicación de los resultados de la conciliación de la misma y los enviará en formato digital a los Agentes. El envío de la facturación en forma física se realizará el día hábil posterior a la liquidación.
- 3.6.2 El no pago de los documentos de cobro en las fechas establecidas en este procedimiento, generará intereses por mora conforme el numeral 2.7.12 del Libro II del RMER. Los intereses por mora recolectados serán distribuidos proporcionalmente entre los agentes que no recibieron el pago asociado en las fechas establecidas.

3.7 Liquidación de los Derechos Firmes Derechos de Transmisión

- 3.7.1 La verificación de fondos y liquidación de los DFDT, se realizará a más tardar el segundo día hábil siguiente al plazo establecido en los numerales 3.3.8 y 3.3.9. La liquidación será realizada por el EOR en función de los fondos recolectados.

3.8 Garantías asociadas a los Derechos Firmes Derechos de Transmisión

- 3.8.1 La Garantía de Mantenimiento de Solicitudes de compra de DT mensuales y anuales, así como la Garantía de Debido Cumplimiento asociada al pago de DT anuales serán constituidas con las características y tipos establecidos en los numerales 1.9.2.2 y 1.9.2.3 del Libro II del RMER.
- 3.8.2 La asignación de los intereses financieros producto de los depósitos o garantías en efectivo serán tratados según lo establecido en el numeral 2.9.3.9 del Libro II del RMER.

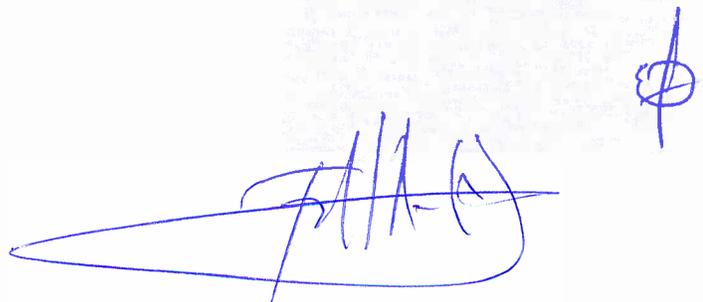
3.9 Certificados de Titularidad de Derechos de Transmisión Firmes

- 3.9.1 El día hábil posterior a la liquidación, el EOR remitirá a los agentes adjudicatarios los Certificados de Titularidad de DFDT.



3.10 Transferencia de Titularidad de Certificados de DFDT

3.10.1 Hasta que la CRIE indique lo contrario, no se permitirá la reventa de los DFDT.



A large, stylized handwritten signature in blue ink is written across the bottom right of the page. To the right of the signature is a small blue symbol consisting of a circle with a vertical line passing through its center.

ANEXO 1

FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE DT

Asignación de DT

D1.1 Definición de las Variables

D1.1.1 Las ofertas que los participantes de las subastas ~~e-asignaciones~~ de DT 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.

D1.1.2 El significado de las variables que definen el algoritmo de la asignación de DT 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 el Numeral D2 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 base del sistema de transmisión: base (0) o contingencias (1...NN)

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 asignación de DT

NOE: número total de DFPP existentes en el momento de la asignación de DT

NN: número total de contingencias previstas en la Prueba de Factibilidad Simultánea (PFS).

Variables de Oferta de Compra de Derechos Firmes

α_k : proporción del DF asignado en la asignación de DT a la oferta numerada k, en relación al máximo ofertado a comprar en MwT_k , $0 \leq \alpha_k \leq 1$

per_k : máxima cantidad de pérdidas que ~~se asigna a acepta~~ un oferente ~~tomar a su cargo~~ asociado a su oferta de compra de DF "k", definido como un incremento en la componente correspondiente al nodo "x" del Vector de

A large handwritten signature in blue ink is written across the bottom right of the page. To its right, there is a blue circled symbol that resembles a stylized 'phi' or a similar character.

Inyecciones VIT_k . Se entiende que si esta cantidad no es suficiente para cubrir las pérdidas originadas en el DF, la oferta puede resultar rechazada en la PFS.

$cper_k$: descuento máximo a la oferta de compra de DF "k" por las pérdidas per_k . Este valor se puede interpretar como la venta máxima de las pérdidas para hacer factible el DF.

ψ_k : variable que representa la proporción de pérdidas que efectivamente se asignan al DF "k" en una asignación de DT. Debe ser menor o igual a uno.
 $0 \leq \psi_k \leq 1$

$VITX_k$: 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 "k", donde es denominada $VITX_{kx}$.

Variables de la oferta de compra de Derechos Financieros Punto a Punto

α_j : proporción del DFPP asignado en la asignación de DT a la oferta numerada j, con relación al máximo a ofertado para comprar TO_j . $0 \leq \alpha_j \leq 1$

per_j : máxima cantidad de pérdidas que se asigna ~~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 máximo a la oferta de compra de DFPP "j" por las pérdidas per_j .

ψ_j : variable que representa la proporción de pérdidas que efectivamente se asignan al DFPP "j" en una asignación de DT. Debe ser menor o igual a uno.
 $0 \leq \psi_j \leq 1$

$VITOX_j$: 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 denominada $VITOX_{jx}$.

Variables de oferta de venta de DF existente

δ_q : proporción de un DF existente, asignado en la asignación de DT a una oferta de venta numerada q, con relación al máximo ofertado vender TV_q . $0 \leq \delta_q \leq 1$

Variable de oferta de venta de DFPP existente

δ_l : proporción del DFPP existente, al que se le asigna para la asignación de DT el número l, con relación al máximo ofertado para vender TOV_l . $0 \leq \delta_l \leq 1$



Oferta de compra de DF

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. $T_k = VIT_k - VRT_k$

VIT_k : Vector de Inyecciones asociado al vector T_k

VRT_k : Vector de Retiros asociado al vector T_k

Oferta de compra de DFPP

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. $TO_j = VITO_j - VRTO_j$ $VITO_j$: Vector de Inyecciones asociado al vector TO_j

$VRTO_j$: Vector de Retiros asociado al vector TO_j

$VITO_{jx}$: Componente fila "x" del Vector de Inyecciones asociado al vector TO_j

$VRTO_{jx}$: Componente fila "x" del Vector de Retiros asociado al vector TO_j

Oferta de Venta de DF

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. $TV_q = VITV_q - VRTV_q$

$VITV_{qx}$: 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 denominado $VITV_{qx}$.

Oferta de venta de DFPP

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. $TOV_l = VITOV_l - VRTOV_l$

A large, stylized handwritten signature in blue ink is written across the bottom right of the page. To the right of the signature, there is a blue circled symbol containing a vertical line with a diagonal slash through it, resembling a crossed-out circle or a specific mathematical or technical symbol.

VITOVX_i: vector de Mx1, cuyas componentes son iguales a cero, salvo en el nodo "x" en el cual se compensan las pérdidas del DFPP existente "i", donde es denominado VITOVX_{ix}.

Vectores de Inyecciones y Retiros de la oferta de DF existente

VITE_o: vector de inyecciones asociado a un DF "o" asignado antes de la asignación de DT

VRTE_o: vector de retiros asociado a un DF "o" asignado antes de la asignación de DT

$$TE_o = VITE_o - VRTE_o$$

Vector de pérdidas aceptadas de una oferta de DF existente

VITEX_o: pérdidas aceptadas para el vector VITE_o, que se inyectan en el nodo "x".

Vectores de Inyecciones y Retiros de la oferta de DFPP existente

VITOE_v: vector de inyecciones asociado a un DFPP "v" asignado antes de la asignación de DT

VRTOE_v: vector de retiros asociado a un DFPP "v" asignado antes de la asignación de DT

$$TOE_v = VITOE_v - VRTOE_v$$

Vector de pérdidas aceptadas de una oferta de DFPP existente

VITOE_{xv}: pérdidas aceptadas para el vector VITOE_v, que se inyectan en el nodo "x"

TE: vector donde se suman todos los DF que ya están asignados antes de la asignación de DT. $TE = \sum_{o=1}^{NTE} TE_o$

TOE: vector donde se suman todos los DFPP que están asignados antes de la asignación de DT. $TOE = \sum_{v=1}^{NTOE} TOE_v$

T_{ki}: elemento correspondiente a la fila "i" del vector T_k. (Compra DF)

TO_{ji}: elemento correspondiente a la fila "i" del vector TO_j. (Compra DFPP)

TV_{ki}: elemento correspondiente a la fila "i" del vector TV_k. (Venta DF)

TOV_{ji}: elemento correspondiente a la fila "i" del vector TOV_j. (Venta DFPP)

TE_i: elemento correspondiente a la fila "i" del vector TE. (DF existentes)



TOE_i: elemento correspondiente a la fila "i" del vector TOE. (DFPP existentes)

Ofertas de DT

C_k: oferta del interesado en adquirir el DF descrito por T_{kr}, expresada en US\$.

C_j: oferta del interesado en adquirir el DFPP descrito por T_{ij}, expresada en US\$.

C_q: oferta del interesado en vender el DF descrito por TV_{qr}, expresada en US\$.

C_i: oferta del interesado en vender el DFPP descrito por TVO_i, expresada en US\$.

I_{xe}: inyección neta, que puede ser positiva o negativa en el nodo x, en el estado e, resulta definida como:

I_{xe} = Compra DF + Compra DFPP - Venta DF - Venta DFPP + DF existentes + DFPP existentes

$$I_{xe} = \sum_k \alpha_k T_{kx} + \sum_j \alpha_j TO_{jx} - \sum_q \delta_q TV_{qx} - \sum_l \delta_l TOV_{lx} + TE_x + TOE_x$$

I_e: vector de componentes I_{xe}

D2 Definición de la Matriz H

D2.1 Para la formulación de la matriz H, se deberá definir un nodo de referencia u oscilante ("slack", por su nombre en inglés), en el cual se compensan las diferencias entre inyecciones y retiros. El EOR fijará el nodo referencia, debiendo el mismo permanecer fijo salvo que existan razones fundadas para su cambio.

Sea:

Z_{xy}: impedancia de la línea de transmisión que vincula los nodos "x" e "y" de la RTR. (la dirección "x" → "y" es arbitraria)

F_{xye}: flujo (virtual) entre los nodos "x" e "y" de la RTR en el estado "e".

bu_e, bl_e: vector de capacidades máximas de las líneas o vínculos en los sentidos "x" → "y" y "y" → "x" en cada estado "e", de componentes bu_{xye}, bl_{xye}.

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

Sea "l" la fila de ZZ asociada a la línea L_{xy} (x → y), y "x" e "y" las columnas correspondientes a los respectivos nodos.

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

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



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

Matriz [A]: matriz de $M \times L$, cuyos componentes se definen de la siguiente forma:

Sea "l" la columna de A asociada a la línea L_{mn} ($m \rightarrow n$)

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

$[a_{nl}] = -1$ si la línea "l" tiene como nodo llegada a "n"

$[a_{ol}] = 0$ en caso contrario (la línea "l" no tiene un extremo en el nodo "o")

Θ : 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_{wee} , siendo "w" el número asignado a la línea $x \rightarrow y$.

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

ZZ_e : matriz ZZ correspondiente a un estado "e"

A_e : matriz A correspondiente a un estado "e"

Contingencias

D2.2 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 elementos zz_{lx} y zz_{ly} .

D2.3 Para la formulación del modelo de la asignación de DT, se considerará que se cumplen las siguientes relaciones:

Flujos en las líneas de transmisión para el estado e:

$$F_e = ZZ_e \Theta \quad (\text{Dimensión } L \times 1)$$

Matriz H_e

$$H_e = ZZ_e (A_e ZZ_e)^{-1} \quad (\text{Dimensión } L \times M-1)$$

Restricciones en líneas de transmisión para el estado e

$$-b_l^e \leq F_e \leq b_u^e \quad e = 0, \dots, NN \quad (\text{Cada vector de dimensión } L \times 1)$$

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

$$F_e^+ \geq 0$$

$$F_e \geq 0$$

Esta ecuación se puede escribir como:

$$FM_e = [HM_e] I_e \leq b_e \quad e=0, \dots, NN \text{ (Dimensión } 3L \times 1)$$

$$FM_e = FM_e^+ - FM_e^-$$

$$FM_e^+ \geq 0$$

$$FM_e^- \geq 0$$

Donde:

$$HM_e = \begin{bmatrix} H_e \\ -H_e \\ D \end{bmatrix} \quad y \quad b_e = \begin{bmatrix} bu_e \\ bl_e \\ bd_e \end{bmatrix}$$

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

En forma expandida la ecuación se puede escribir como:

$$FM_e = FM_e^+ - FM_e^- = \begin{bmatrix} H_e \\ -H_e \\ D \end{bmatrix}_{3L \times M-1} \begin{bmatrix} I_e \end{bmatrix}_{M-1 \times 1} \leq \begin{bmatrix} bu_e \\ bl_e \\ bd_e \end{bmatrix}_{3L \times 1}$$

La matriz H tiene la siguiente estructura:

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

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 large, stylized handwritten signature in blue ink is written across the bottom right of the page. To its right, there is a small blue circle with a diagonal slash through it.

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

D3 Definición de la Matriz bf

D3.1 Para las asignaciones de Derechos Firmes al vector de capacidad de transmisión

$$b_e = \begin{bmatrix} bu_e \\ bl_e \\ bd_e \end{bmatrix}$$

hay que restarle los flujos de los Derechos Firmes existentes:

$$\begin{bmatrix} bfu_e \\ bfl_e \\ bfd_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} bu_e \\ bl_e \\ bd_e \end{bmatrix} - \left[\max(0, \begin{bmatrix} H_e \\ -H_e \\ D \end{bmatrix} [TE]) \right]_{L \times 1}$$

$$bf_e = b_e - \left[\max(0, [HM_e TE]) \right]_{L \times 1}$$

Por lo tanto:

$$HM_e I_e \leq b_e - \left[\max(0, [HM_e TE]) \right]_{L \times 1}$$

$$HM_e I_e \leq bf_e$$

Donde TE es el vector donde se suman todos los DF que ya están asignados antes de la asignación de DT.

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 asignación de DT. Se utilizará la nomenclatura bf_{ei} para definir la fila "i" de la componente de bf correspondiente al estado "e", y bfu_{eir} , bfl_{ei} y bfd_{ei} para las componentes correspondientes a la fila "i" asociadas a los vectores bu_e , bl_e y bd_e .

D4 Formulación de la Asignación de DT con Pérdidas

D4.1 Modelización de las Pérdidas

D4.1.1 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:

$$PL_l = r * F_l^2 \tag{0}$$

Handwritten signature and a circled symbol.

Donde:

r: resistencia de la línea

La modelación de las pérdidas requiere de introducir un término no lineal que impide el uso de programación lineal para obtener la solución a la asignación de DT.

Para mantener la estructura lineal del problema, se reemplaza (0) por una función lineal por tramos de la siguiente forma:

Sea

$$F_l = \sum_{s=1}^{NS} F_{ls}$$

$$F_{ls} \leq FS \quad (1)$$

Las pérdidas se representan como:

$$PL_l \approx \sum_{s=1}^{NS} r * (s - 0.5) * FS * F_{ls} \approx \sum_{s=1}^{NS} cp_{ls} * F_{ls}$$

$$\text{donde} \quad (2)$$

$$cp_{ls} = r * (s - 0.5) * FS$$

La ecuación (2) en conjunto con la restricción (1) representa la linealización por tramos de la función (0). Eligiendo FS suficientemente reducido, en la expresión (2) 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 (0) u (2) según considere apropiado. En consecuencia las pérdidas totales se podrán expresar como:

$$perdidas_e = \sum_{l=1}^{NL} PL_{ls}$$

donde PL_{ls} se calcula con la fórmula (0) ó (2) 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:

$$perdidas_{xe} = \sum_{l \in \Gamma_x} \frac{PL_{le}}{2}$$

Los valores de pérdidas asignadas a cada nodo "x", $perdidas_{xe}$ forman el vector PLT_e .

Siendo Γ_x el conjunto de líneas con un extremo en el nodo "x".

D4.1.2 ~~A~~ Cada oferente de compra de DT se le asignará “j” ~~deberá especificar~~ el máximo porcentaje de pérdidas (per_k o per_j), predeterminado por el EOR, al que está dispuesto a hacerse cargo. ~~E~~, ~~y~~ el descuento de su oferta (precio de venta de las pérdidas) por cada unidad porcentual de pérdidas que resulta aceptada, será igual al precio de la oferta de compra de DT.

D4.1.3 Cuando se acepta asigna una oferta con pérdidas, se entiende que lael 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-asignado que resulta de la metodología de la asignación de DT que se describe en el Numeral D4.2.1.

D4.2 Asignación de DT considerando Pérdidas

D4.2.1 Con la formulación de las pérdidas que presentó en el numeral D4.1, el mecanismo de asignación de DT se plantea de la siguiente forma:

Maximizar (Compra DFPP + Compra DF - Venta DFPP - Venta DF)

$$\max \left(\sum_j (C_j \alpha_j - \psi_j cper_j) + \sum_k (C_k \alpha_k - \psi_k cper_k) - \sum_i (C_i \delta_i) - \sum_q (C_q \delta_q) \right)$$

(3)

(Maximizar el monto total recolectado)

Sujeto a:

Ecuación de Factibilidad de Derechos Firmes

$$\begin{aligned} \sum_k \max(0, [HM_e \alpha_k T_k]_i) - \sum_q \max(0, [HM_e \delta_q TV_q]_i) &\leq bfe \\ \sum_k \max \left(0, \left[\begin{matrix} H_e \\ -H_e \end{matrix} \alpha_k T_k \right]_i \right) - \sum_q \max \left(0, \left[\begin{matrix} H_e \\ -H_e \end{matrix} \delta_q TV_q \right]_i \right) &\leq \begin{bmatrix} bfu_e \\ bfl_e \end{bmatrix} \forall e \\ \sum_k \max(0, [H_e \alpha_k T_k]_i) - \sum_q \max(0, [H_e \delta_q TV_q]_i) &\leq bfu_e \\ \sum_k \max(0, [-H_e \alpha_k T_k]_i) - \sum_q \max(0, [-H_e \delta_q TV_q]_i) &\leq bfl_e \end{aligned}$$

(4)

(Factibilidad de Derechos Firmes, que no considera pérdidas)

Ecuación de balance

$$F_0 = F_0^+ - F_0^- = H_0 \left(\sum_k \alpha_k T_k + \sum_j \alpha_j TO_j \right) - \sum_q \delta_q TV_q - \sum_l \delta_l TOV_l + TE + TOE + \sum_k \psi_k VITX_k + \sum_j \psi_j VITOX_j + \sum_q (-\delta_q) VITVX_q + \sum_l (-\delta_l) VITOVX_l + \sum_o VITEX_o + \sum_y VITOEEX_y - PLT_0$$

Flujos de (Compra DF + Compra DFPP

- Venta DF - Venta DFPP + DF existentes + DFPP existentes + Perdidas Compra DF + Perdidas Compra DFPP

- Perdidas venta DF - Perdidas venta DFPP + Perdidas DF existente + Perdidas DFPP existente - Perdidas de líneas de transmisión)

$$F_e = F_e^+ - F_e^- = H_e \left(\sum_k \alpha_k T_k + \sum_j \alpha_j TO_j \right) - \sum_q \delta_q TV_q - \sum_l \delta_l TOV_l + TE + TOE + \sum_k \psi_k VITX_k + \sum_j \psi_j VITOX_j + \sum_q (-\delta_q) VITVX_q + \sum_l (-\delta_l) VITOVX_l + \sum_o VITEX_o + \sum_y VITOEEX_y - PLT_0$$

(5)

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

Ecuación de Compensación de Perdidas

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

Perdidas Compra DF + Perdidas Compra DFPP - Perdidas Venta DF

- Perdidas Venta DFPP + Perdidas DF existente + Perdidas DFPP existente

$$\sum_l PL_{l0} = [1]^T \begin{bmatrix} \sum_k \psi_k VITX_k + \sum_j \psi_j VITOX_j + \sum_q (-\delta_q) VITVX_q + \\ \sum_l (-\delta_l) VITOVX_l + \sum_o VITEX_o + \sum_y VITOEEX_y \end{bmatrix}$$

(6)

(Balance de energía en el estado base incluyendo pérdidas)

Límites de aceptación de pérdidas

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

$$0 \leq \psi_k \leq \alpha_k \quad (7)$$

(Las pérdidas aceptadas no pueden superar las máximas ofertadas, que dependen de la cantidad de DT comprados)

Ecuación de suficiencia financiera

$$FM_e \leq b_e \quad e=0, \dots, NN \quad (8)$$

(Suficiencia financiera)

Límites de variables de estado

$$0 \leq \alpha_k \leq 1 \quad (9)$$

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

$$0 \leq \alpha_j \leq 1 \quad (10)$$

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

$$0 \leq \delta_q \leq 1 \quad (11)$$

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

$$0 \leq \delta_l \leq 1 \quad (12)$$

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

D4.2.2 El conjunto de ecuaciones (3)-(12) más (0)-(2) definen la PFS como un problema de programación lineal

D4.3 Derechos de Transmisión asignados

Los Derechos de Transmisión ~~asignados son los siguientes~~ se asignarán balanceados, la potencia de inyección será igual a la potencia de retiro, de la siguiente forma:

a) Derechos Firmes por compra:

$$\alpha_k T_k = \alpha_k (VIT_k - VRT_k)$$

b) Derechos Financieros Punto a Punto por compra:

$$\alpha_j TO_j = \alpha_j (VITO_j - VRTO_j)$$



c) Derecho Firme remanente de la venta

$$(1 - \delta_q)TV_q = (1 - \delta_q)(VITV_q - VRTV_q) \text{ si } \delta_q < 1$$

d) Derechos Financieros Punto a Punto remanente de la venta:

$$(1 - \delta_\ell)TOV_\ell = (1 - \delta_\ell)(VITOV_\ell - VRTOV_\ell) \text{ si } \delta_\ell < 1$$

En los procesos de asignación de los Derechos de Transmisión serán consideradas las pérdidas asociadas a los Derechos de Transmisión balanceados.

D5 Cambios en la RTR

D5.1 Las matrices H deberán ser únicas durante cada mes para las asignaciones de DT mensuales.

D5.2 En las asignaciones 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 (4)-(5) 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 (3) a (12) según sea el caso, que se deberán satisfacer en forma simultánea.

D6 Verificación Complementaria

D6.1 Una vez obtenidos los resultados de una asignación de DT, el EOR deberá realizar una verificación complementaria de su factibilidad a fin de considerar:

- a. Las pérdidas de transmisión en la factibilidad de los DF;
- b. Las ecuaciones exactas del flujo de cargas, a fin de verificar que los errores asociados a la linealización 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 16 del Reglamento.

D6.2 Los flujos de carga deberá verificar que, con los DT asignados:

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

D6.3 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.

D6.4 De requerirse modificaciones mayores, deberá reducir los valores de los términos independientes de la PFS a repetir el proceso hasta lograr una asignación factible de DT.



D7 Precios de los DT

D7.1 Cálculo del Precio de cada DT

D7.1.1 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.

D7.1.2 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:

Sean:

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

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

λ 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).

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:

Precios Nodales implícitos de la factibilidad de los DF

$$[PN_{ei}]_{M \times 1} = [H_{ei}]_{M \times L}^T \times [\beta_{e\ell}]_{L \times 1} \quad \forall \text{nodo } i, \text{ línea } \ell, \text{ estado } e \wedge \beta_{e\ell} > 0$$
$$PN = [PN_i]_{M \times 1} = \sum_e ([H_{ei}]_{M \times L}^T \times [\beta_{e\ell}]_{L \times 1}) \quad (13)$$

Donde:

PN es un vector columna cuyas componentes son PN_i



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

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

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

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

Los precios nodales implícitos $[PN_i]$ y $[PON_i]$ definen los pagos que deberán los compradores de DT, o que percibirán los vendedores, según las expresiones:

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

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

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

(15)

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

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

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

Donde:

PDF_k : pago que deberá realizar el comprador del DF "k"

- Con formato: Sangría: Izquierda: 1.59 cm, Sin viñetas ni numeración
- Código de campo cambiado
- Con formato: Sin Resaltar
- Código de campo cambiado
- Con formato: Sin Resaltar

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

CDF_q : pago que percibirá el vendedor del DF "q"

$CDFPP_l$: pago que percibirá el vendedor del DFPP "l"

D8 Cálculo de los montos recaudados en las Asignaciones de DT a los Agentes Transmisores

D8.1 Planteo

D8.1.1 De cada asignación de DT, el EOR recolectará una cantidad de dinero calculada según la metodología descrita en D7.1.2. Esta cantidad debe ser distribuida entre los Agentes Transmisores, 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 Agentes Transmisores.

D8.1.2 En D4.2 se plantean las ecuaciones que permiten asignar un conjunto de DT factibles a los participantes de las asignaciones de DT, las cuales se aplican en la distribución de los montos recaudados, según se establece en los siguientes títulos.

D8.2 Cálculo del Pago a los Titulares de DT

D8.2.1 Los titulares de DT que los ofrezcan en las asignaciones de DT serán remunerados con lo recaudado por sus ofertas aceptadas. Los Agentes Transmisores 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.

D8.2.2 Los Ingresos por Venta de Derechos de Transmisión (IVDT_Asig) se asignarán a los Agentes Transmisores de forma horaria en conjunto con el cálculo del Cargo Variable de Transmisión neto (CVTn)

D8.2.3 Para cada subasta, los IVDT_Asig se calcularán mensualmente para el mes "M" de acuerdo a la siguiente ecuación:



$$IVDT_Asig_M = \sum_k PDF_{k,M} + \sum_j PDFPP_{j,M} - \sum_q CDF_{q,M} - \sum_\ell CDFPP_{\ell,M}$$



~~FAAN~~

D9 Descuento del CVT de cada instalación de la RTR por los montos que se destinan al pago de la renta de congestión de los DF y DFPP, y distribución del IVDT para cada instalación de la RTR

D9.1 Objeto del cálculo del CVT Neto después de descontar los pagos a los DT

D9.1.1 El objeto de este título es establecer la metodología que usará el EOR para determinar que parte del CVT_L de una instalación "L" de la RTR debe ser asignada a los Agentes Transmisores, después que se hayan vendido en las asignaciones de 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 y DFPP.

D9.2 Criterios a aplicarse en el cálculo del CVT Neto

D9.2.1 En cada asignación 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.

D9.2.2 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.

D9.2.3 La metodología que se plantea a continuación parte de la formulación del mecanismo de asignación de DT establecido en el Numeral D4 de este Anexo:

a) CVT total asociado al predespacho: CVT_L^{MER}

Código de campo cambiado

El flujo MER del Predespacho F_L^{MER} y las pérdidas PL_L^{MER} se obtienen restando el flujo total del predespacho F_L^{Total} y las pérdidas PL_L^{Total} menos el flujo del Predespacho Nacional F_L^{Nac} y las pérdidas PL_L^{Nac} respectivamente:

$$F_L^{MER} = F_L^{Total} - F_L^{Nac}$$
$$PL_L^{MER} = PL_L^{Total} - PL_L^{Nac}$$

El CVT_L^{MER} correspondiente a la línea "L", que va del nodo "i" al nodo "j" es:

Código de campo cambiado

$$CVT_L^{MER} = F_L^{MER} * (PND_j - PND_i) - \frac{PL_L^{MER}}{2} (PND_i + PND_j)$$

Donde TA_k es el Derecho de Transmisión Asignado "k", en asignaciones de DT previas, cuyo Periodo de Validez contemple la hora del Predespacho que se esté analizando.

El Derecho de Transmisión TA_k es un vector de dimensión $n \times 1$ (donde n es el número de nodos de la RTR de esa hora de predespacho) y con componentes nulas excepto en el nodo de inyección cuyo valor es la potencia de inyección del DT y en el nodo de retiro cuyo valor es la potencia de retiro del DT (con signo negativo).

En una línea "L", se calculará el flujo asociado a todos los DT como:

$$F_L^{DT} = \sum_k H_{e_i} TA_k$$

El flujo F_L^{DT} debe ser calculado con el algoritmo del Flujo DC con pérdidas en el caso de que exista algún derecho de transmisión desbalanceado.

El CVT_L^{DT} asociado a los DT correspondiente a la línea "L", que va del nodo "i" al nodo "j" es:

Si todos los derechos de transmisión son balanceados entonces las formulas se pueden simplificar:

$$CVT_L^{DT} = \left(\sum_{k=1}^m (MW^{DT_k} * (PND_j - PND_i)) \right) * \frac{|CVT_L^{MER}|}{\sum |CVT_L^{MER}|} \quad \text{si } |F_L^{DT}| > 0 \wedge \sum |CVT_L^{MER}| > 0$$

$$CVT_L^{DT} = 0 \quad \text{si } |F_L^{DT}| = 0 \vee \sum |CVT_L^{MER}| = 0$$

Donde:

PND_i : precio nodal en el extremo "i" de la línea "L" proveniente del predespacho

PND_j : precio nodal en el extremo "j" de la línea "L" proveniente del predespacho

Como los Derechos de Transmisión TA son balanceados no hay pérdidas asociadas al CVT correspondiente.

d) CVT Neto después de descontar los pagos a los DT: CVT_L^{Neto}

Código de campo cambiado

La cantidad de CVT netos que corresponde a cada Agente Transmisor de la línea "L",

CVT_L^{Neto} , descontados los pagos a los titulares de DT será:

Código de campo cambiado

$$CVT_L^{Neto} = CVT_L^{MER} - CVT_L^{DT}$$

d) Balance de los CVT Netos

Ecuación de balance financiero

$$\sum_{\ell} CVT_{\ell}^{MER} = \sum_{\ell} CVT_{\ell}^{Neto} + \sum_{k=1}^m (MW_j^{DT_k} * PND_j - MW_i^{DT_k} * PND_i)$$

$$\sum_{\ell} CVT_{\ell}^{Neto} - \sum_{\ell} CVT_{\ell}^{MER} + \sum_{k=1}^m (MW_j^{DT_k} * PND_j - MW_i^{DT_k} * PND_i) = 0$$

Si no es cero entonces sea

$$\sum_{\ell} CVT_{\ell}^{Neto} - \left(\sum_{\ell} CVT_{\ell}^{MER} - \sum_{k=1}^m (MW_j^{DT_k} * PND_j - MW_i^{DT_k} * PND_i) \right) = \delta$$

$$CVT_{\ell}^{Neto} = CVT_{\ell}^{Neto} - \delta * \frac{CVT_{\ell}^{Neto}}{\sum_{\ell} CVT_{\ell}^{Neto}}$$

D9.3 Objeto de la distribución del IVDT

D9.3.1 El objeto de este título es establecer la metodología que usará el EOR para distribuir el IVDT entre las instalaciones de la RTR.

D9.4 Criterios a Aplicarse en la distribución del IVDT

D9.4.1 El IVDT horario calculado a partir del IVDT mensual (IVDTM), producto de la asignación de derechos de transmisión, se distribuirá de forma proporcional a los CVTMER para las líneas de transmisión que participan en el flujo de los Derechos de Transmisión, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Ecuación de asignación horaria

$$IVDT_{Asig_H} = \frac{IVDT_{Asig_M}}{Horas_{mes}}$$

Se define considerando las horas del mes en las cuales

$$\sum |CVT_L^{MER}| > 0$$

A large handwritten signature in blue ink is located at the bottom right of the page. To its right is a circled symbol, possibly a zero or a similar character, also in blue ink.

$$\begin{aligned}
 IVDT_Asig_{L,H} &= (IVDT_Asig_H) * \frac{|CVT_L^{MER}|}{\sum |CVT_L^{MER}|} \quad \text{si } |F_L^{DT}| > 0 \wedge \sum |CVT_L^{MER}| > 0 \\
 IVDT_Asig_{L,H} &= 0 \quad \text{si } |F_L^{DT}| = 0 \vee \sum |CVT_L^{MER}| = 0
 \end{aligned}$$

Ecuación de asignación mensual

$$IVDT_Asig_{L,M} = \sum_{H=1}^{nH} IVDT_Asig_{L,H}$$

Ecuación de balance

$$IVDT_Asig_M - \sum_{L=1}^{nL} IVDT_Asig_{L,M} = \delta$$

Ecuación de ajuste numérico

Si $\sum_{L=1}^{nL} IVDT_Asig_{L,M} \neq 0$ entonces,

$$IVDT_Asig_{L,M} = IVDT_Asig_{L,M} - \delta * \frac{IVDT_Asig_{L,M}}{\sum_{L=1}^{nL} IVDT_Asig_{L,M}}$$

Si $\sum_{L=1}^{nL} IVDT_Asig_{L,M} = 0$ entonces,

$$IVDT_Asig_{L,M} = \sum_{H=1}^{nH} \left((IVDT_Asig_H) * \frac{|CVT_L^{MER}|}{\sum |CVT_L^{MER}|} \right) \quad \text{si } \sum |CVT_L^{MER}| > 0$$

D9.4.2 Los IVDT mensuales (IVDTM) productos de las asignaciones de derechos de transmisión con período de validez anual, serán iguales a los pagos de las cuotas mensuales del DF que hagan los Agentes Titulares, según los resultados propios del modelo de optimización de las asignaciones para cada mes. Para el caso que los Agentes Titulares paguen los DF en un solo pago, el EOR deberá retener el total pagado y asignar a los Agentes Transmisores el pago mensual (IVDTM) según los resultados propios del modelo de optimización además de los rendimientos financieros que generen los fondos respectivos en las cuentas del EOR, según lo establecido en la regulación regional para estos efectos.

ANEXO 2
MÉTODO DE MEDIAS MÓVILES

El método de Medias Móviles (MM) para series de tiempo, consiste en tomar un conjunto de valores observados, encontrar el promedio de esos valores, incluir factores que representan a los elementos que componen la serie tales como tendencia, estacionalidad, y luego poder obtener un pronóstico para el período siguiente. El número de observaciones pasadas con las cuales se obtendrá el pronóstico debe especificarse al principio. El término de Medias Móviles es usado porque a medida que nuevas observaciones son disponibles un nuevo promedio puede ser calculado al eliminar las primeras observaciones e incluir las más recientes. El nuevo promedio se utiliza entonces como el pronóstico para el próximo período. Así, el número de datos usados de la serie de tiempo para el promedio es siempre constante e incluye las observaciones más recientes.

Este método es ampliamente utilizado para series de tiempo discretas con el objetivo de pronosticar valores futuros inmediatos. Su aceptación puede atribuirse a su simplicidad, su eficiencia computacional, la facilidad de ajustar su respuesta a los cambios en el proceso que está siendo pronosticado y a su razonable precisión.

Debido a que el método de Medias Móviles se aplicará para el pronóstico de Precios, se utilizarán estos elementos en el modelo. Los datos usados son por tanto los precios pasadas, y las variables a utilizar se describen a continuación:

$P_{i,j}$: Precio Promedio Mensual correspondiente al j-ésimo mes durante el período i. Por ejemplo si se tiene un período de un año dividido en 12 meses, la j-ésima observación corresponderá al Precio Promedio Mensual de uno de esos meses.

SP_k : Suma de los Precios Promedio Mensual del período k. Esto equivale a la suma de las Precios Promedio Mensual que comprenden el período k.

R_j : Coeficiente estacional de la j-ésima observación.

$P_{i,j}^*$: Pronóstico del Precio Promedio Mensual j-ésimo para el próximo período.

$\sum_{i=1}^k P_{i,j}$: Suma de los Precios Promedio Mensuales de las últimas j-ésimas observaciones para los períodos desde $i = 1$ hasta k.

Por ejemplo, en el caso de 3 períodos anuales divididos en intervalos de 12 meses, $\sum_{i=1}^k P_{i,1}$ correspondería a la suma de los Precios Promedios Mensuales de los meses de enero de los períodos, $\sum_{i=1}^k P_{i,2}$ a la suma de los Precios Promedios Mensuales de los febreros, y así sucesivamente.

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Calibri, Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Calibri

Con formato: Normal, Interlineado: 1.5 líneas

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Calibri, Negrita

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Calibri

T: Tendencia.

Coefficiente estacional R_j

Este factor representa el porcentaje promedio de contribución de la j-ésima observación al Precio Promedio Mensual del período i, durante k periodos. Así por ejemplo si se tienen k períodos anuales divididos en 12 meses, para el mes primero R_1 sería:

$$R_1 = \frac{\text{Suma de los Precios Promedio Mensuales de Enero}}{\text{Suma de los Precios Promedio Mensuales del año}}$$

$$R_1 = \frac{P_{11} + P_{21} + P_{31} + \dots + P_{k1}}{SP_1 + SP_2 + SP_3 + \dots + SP_k}$$

En general:

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^k P_{i,j}}{\sum_{i=1}^k SP_i} \quad (1)$$

Donde j varía de 1 hasta n (número de observaciones contenidas en el período) y se cumple:

$$\sum R_j = 1$$

Tendencia

La tendencia representa el comportamiento de los datos para largos períodos de tiempo. En otras palabras muestra los movimientos a largo plazo de las series, movimientos que pueden reflejar crecimiento, declinación persistente o sucesivas etapas de crecimiento y declinación en el desarrollo evolutivo de las series. El concepto de tendencia implica la idea de regularidad o de continuidad. Pueden haber cambios en la tendencia, cambios debido a la inclusión de un nuevo elemento o a la eliminación de un elemento antiguo; pero esencialmente la tendencia de una serie de observaciones ordenada en el tiempo se concibe como un proceso suave y continuo que sustenta las irregularidades de observación a observación o de período a período que caracterizan a la mayoría de las variables históricas.

El aumento de la observación primera del segundo período con respecto a la observación primera del primer período será:

$$\frac{P_{2,1} - P_{1,1}}{P_{1,1}}$$

El aumento de la observación primera del período tercero con respecto a la observación primera del segundo período será:

$$\frac{P_{3,1} - P_{2,1}}{P_{2,1}}$$

y así sucesivamente.

El factor de tendencia se toma como el promedio de todos estos aumentos relativos, es decir:

$$T_1 = \frac{\frac{(P_{2,1} - P_{1,1})}{P_{1,1}} + \frac{(P_{3,1} - P_{2,1})}{P_{2,1}} + \dots + \frac{(P_{k,1} - P_{k-1,1})}{P_{k-1,1}}}{k - 1}$$

En forma sumatoria se tiene:

$$T_j = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(P_{i+1,j} - P_{i,j})}{P_{i,j}} \quad (2)$$

Donde $j = 1, 2, 3, \dots, n$

Fórmula del pronóstico

Teniendo el valor de la Tendencia (T), Suma de los Precios Promedio Mensual del período k (SP_k) y el coeficiente estacional para la observación j -ésima (R_j), se puede obtener la estimación j -ésima para el período $k+1$ mediante la siguiente ecuación:

$$P_{k+1,j}^* = SP_k * R_j * (1 + T_j) \quad (3)$$

Como una ilustración del uso del método de Medias Móviles, se generará el pronóstico para el cuarto año partiendo de los datos históricos de los tres años anteriores mostrados en la tabla siguiente.



Tabla 1: Precios Promedio Mensuales de tres años de un mercado (Precios en US\$/MWh)

<u>Observación</u>	<u>Mes</u>	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>
<u>1</u>	<u>Enero</u>	<u>75.45</u>	<u>77.85</u>	<u>80.6</u>
<u>2</u>	<u>Febrero</u>	<u>67.60</u>	<u>70.32</u>	<u>73.5</u>
<u>3</u>	<u>Marzo</u>	<u>76.70</u>	<u>79.50</u>	<u>82.9</u>
<u>4</u>	<u>Abril</u>	<u>75.77</u>	<u>78.47</u>	<u>81.2</u>
<u>5</u>	<u>Mayo</u>	<u>75.65</u>	<u>78.58</u>	<u>81.8</u>
<u>6</u>	<u>Junio</u>	<u>76.20</u>	<u>79.02</u>	<u>82.5</u>
<u>7</u>	<u>Julio</u>	<u>76.95</u>	<u>80.33</u>	<u>83.2</u>
<u>8</u>	<u>Agosto</u>	<u>73.25</u>	<u>75.40</u>	<u>78.0</u>
<u>9</u>	<u>Septiembre</u>	<u>75.47</u>	<u>77.98</u>	<u>81.5</u>
<u>10</u>	<u>Octubre</u>	<u>76.25</u>	<u>80.22</u>	<u>83.4</u>
<u>11</u>	<u>Noviembre</u>	<u>76.70</u>	<u>80.95</u>	<u>84.0</u>
<u>12</u>	<u>Diciembre</u>	<u>78.57</u>	<u>82.75</u>	<u>86.7</u>
<u>Total</u>		<u>904.56</u>	<u>941.3</u>	<u>979.</u>

Con formato: Izquierda, Espacio Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números

Con formato: Izquierda, Espacio Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato ... [1]

Con formato ... [2]

Con formato ... [3]

Con formato ... [4]

Con formato ... [5]

Con formato ... [6]

Con formato ... [7]

El pronóstico para el mes de Enero del cuarto año se obtiene de la siguiente manera:

$$T_j = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(P_{i+1,j} - P_{i,j})}{P_{i,j}}$$

Con formato: Español (España - alfab. tradicional)

Donde $k = 3$ (número de periodos de historia)

$j = 1$ (por ser Enero la primera observación)

Por lo tanto:

$$T_x = \frac{1}{3-1} \sum_{i=1}^{3-1} \frac{(P_{i+1,1} - P_{i,1})}{P_{i,1}} = \frac{\frac{77.85 - 75.45}{75.45} + \frac{80.6 - 77.85}{77.85}}{2}$$

$$T_x = 0.0335$$

Ahora:

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^k P_{i,j}}{\sum_{i=1}^k SP_i}$$

$$R_x = \frac{\sum_{i=1}^3 P_{i,1}}{\sum_{i=1}^3 SP_i} = \frac{75.45 + 77.85 + 80.6}{904.56 + 941.37 + 979.8}$$

Con formato: Español (España - alfab. tradicional)

$$R_x = 0.0827$$

y el pronóstico para el mes de Enero del año cuarto será:

$$P_{k+1,j}^* = SP_k * R_j * (1 + T_j)$$

$$P_{4,1}^* = SP_3 + R_1 + (1 + T_1) = 979.8 (0.0827) (1 + 0.0335)$$

$$P_{4,1}^* = 83.82 \text{ \$/Mwh}$$

Y así sucesivamente para los pronósticos de los demás meses.

En la tabla siguiente se presenta el pronóstico para el cuarto año y los valores más importantes.

Tabla 2. Pronóstico para los datos de la Tabla utilizando el método de Medias Móviles.

<u>MES</u>	<u>PRONOSTICO AÑO 4 (\\$/MWh)</u>	<u>Ti</u>	<u>Ri</u>
<u>enero</u>	<u>83.02</u>	<u>0.03</u>	<u>0.08</u>
<u>febrero</u>	<u>76.50</u>	<u>0.04</u>	<u>0.07</u>
<u>marzo</u>	<u>86.24</u>	<u>0.03</u>	<u>0.08</u>
<u>abril</u>	<u>84.55</u>	<u>0.03</u>	<u>0.08</u>

Con formato: Normal, Izquierda, Derecha: 0 cm

Con formato: Izquierda, Espacio Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números

Con formato: Izquierda, Espacio Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

<u>mayo</u>	<u>85.17</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>
<u>junio</u>	<u>85.77</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>
<u>Julio</u>	<u>86.75</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>
<u>agosto</u>	<u>81.10</u>	<u>0.03</u>	<u>0.08</u>
<u>septiembr</u> e	<u>84.72</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>
<u>octubre</u>	<u>87.01</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>
<u>noviembr</u> e	<u>87.71</u>	<u>0.04</u>	<u>0.08</u>
<u>diciembre</u>	<u>90.40</u>	<u>0.05</u>	<u>0.08</u>

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato: Izquierda, Ninguno, Espacio Antes: 0 pto, Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1.15 lín., Sin viñetas ni numeración, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Borde: Superior: (Sin borde)

Con formato ... [8]

Con formato: Izquierda