



ANEXO 6 DE LA RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2013

CAPACIDAD Y VOLUMEN

1. Introducción

En el marco de la segunda revisión quinquenal de las tarifas del permiso G/061/TRA/99 correspondiente al Sistema Nacional de Gasoductos (SNG o el Sistema), Pemex-Gas y Petroquímica Básica (PGPB o el Permisionario) en su carácter de permisionario de transporte de gas natural, presentó a la Comisión Reguladora de Energía (la Comisión o esta Comisión) su estimación de la capacidad operativa del SNG y su propuesta de ponderadores *MCF-Mile*, derivados del estudio de la configuración del volumen conducido por el mismo, necesarios para la construcción de los denominadores de las tarifas aplicables durante el tercer periodo de operaciones.

La revisión de cada uno de los elementos que conforman el denominador tarifario es parte integral de la revisión global de las tarifas que debe efectuarse cada cinco años, conforme lo establece la Directiva sobre la Determinación de Precios y Tarifas para las Actividades en Materia de Gas Natural DIR-GAS-001-2007 (la Directiva de Tarifas).

En estricto apego a sus atribuciones, la Comisión revisó exhaustivamente la propuesta de PGPB en relación a la definición de la capacidad operativa y de la configuración del volumen conducido, la información que fue presentada por el Permisionario como sustento así como aquella que tuvo a su alcance a fin de evaluar:

- I. La compatibilidad de la propuesta con la Directiva de Tarifas.
- II. La necesidad de ajustar la propuesta en función de los objetivos de la regulación.

El presente documento versa sobre el cálculo de los parámetros antes mencionados, aplicables al tercer quinquenio de operaciones del SNG. La sección 3 aborda el tema de capacidad: se presentan los distintos valores que para esta cantidad ha reportado el Permisionario, las observaciones que la Comisión hace al respecto y la propuesta de esta última. Análogamente, en la sección 4 se aborda el estudio de flujos realizado por el Permisionario, se apuntan las anotaciones de la Comisión y se describe la propuesta de la misma. Finalmente, la sección 5 presenta los tránsitos de gas y los ponderadores *MCF-Mile* empleados en el cálculo de las tarifas que a esta Resolución atañen.



2. Objetivos

El presente documento fue elaborado con la finalidad de:

- I. Mostrar la propuesta de PGPB para la construcción del denominador tarifario (capacidad y configuración de volúmenes) aplicable al SNG durante el tercer periodo de operaciones.
- II. Describir el análisis y las observaciones hechos por la Comisión sobre la propuesta presentada por el Permisionario, así como el efecto de las medidas que esta Comisión ha tomado al respecto.
- III. Presentar la metodología y los resultados del cálculo del denominador tarifario que la Comisión juzga pertinente aplicar en el tercer periodo de aplicaciones.
- IV. Presentar los ponderadores *MCF-Mile* y el tránsito de gas autorizados por la Comisión aplicables al tercer periodo de operaciones del SNG.

3. Análisis de capacidad

La Directiva de Tarifas define la capacidad operativa como “la cantidad máxima de gas por unidad de tiempo que puede ser conducida en un sistema de transporte o distribución considerando las condiciones normales de operación consignadas en las especificaciones técnicas que formen parte del título del permiso respectivo. La capacidad operativa puede ser inferior o igual a la capacidad máxima del diseño del sistema”.

3.1. Propuesta del permisionario

En el oficio PGPB-SP-GR-494-2012, PGPB establece que la capacidad real del SNG empleada en la modelación tarifaria es el volumen promedio transportado en el mismo durante el último periodo anual de información disponible.

Con base en la definición anterior, PGPB presenta en su modelo tarifario¹ cuatro valores distintos para la capacidad del SNG (véase Tabla 3.1).

Tabla 3.1

Cifras de capacidad presentadas en el modelo		
A	Capacidad promedio del sistema de acuerdo al modelo hidráulico	5,784.9
B	Capacidad promedio del sistema para el cálculo de tarifas por capacidad (derechos adquiridos, act. 2011-2012)	4,783.5
C	Capacidad promedio del sistema para el cálculo de tarifas por capacidad (inyecciones originales, volumen 2011 en afirmación de PGPB)	4,788.9
D	Capacidad del sistema <i>re-escalada</i>	4,695.9

Miles de gigajoules diarios.

¹ En este documento todas las cantidades asociadas al modelo tarifario se extrajeron de la última versión presentada por el Permisionario (ingresada a la Comisión con el oficio PGPB-SP-GR-236-2013).



3.1.1. Sobre capacidad promedio del sistema de acuerdo a los modelos hidráulicos

Los valores para la capacidad del Sistema de acuerdo al modelo hidráulico reportados en el modelo tarifario^{2,3} se muestran en la primera columna de la Tabla 3.2. Las capacidades reportadas en los modelos hidráulicos presentados por PGPB como parte de sus obligaciones para con la Comisión⁴ se encuentran en la columna 2.

Tabla 3.2

Capacidad del SNG de acuerdo al modelo hidráulico		
	Reporte en modelo tarifario	Reporte en modelos hidráulicos ⁵
2013	5,431.3	5,071.5
2014	5,537.9	5,117.6
2015	5,911.7	5,797.4
2016	5,925.2	6,847.8
2017	6,118.4	6,878.9
Promedio	5,784.9	5,942.7

Miles de gigajoules diarios.

Para el periodo quinquenal del que esta revisión se ocupa, PGPB considera la incorporación de nuevos proyectos en los modelos hidráulicos del SNG. Éstos, en algunos casos, serán desarrollados por el propio Permisionario y, en otros, a través de empresas privadas. Los proyectos en cuestión son:

- I. Para el año 2014:
 - a. Gasoducto Jáltipan – Salina Cruz.
 - b. Tres estaciones de compresión sobre el ducto Jáltipan – Salina Cruz.
 - c. Gasoducto Morelos (privado).
 - d. Gasoducto Frontera – Los Ramones (privado).
 - e. Gasoducto Tamazunchale – El Sauz (privado).
 - f. Tres estaciones de compresión sobre el gasoducto de 48” en el tramo Los Ramones – Naranjos (Los Ramones, Soto La Marina y Altamira).

² Estos valores se encuentran en un archivo adjunto al modelo tarifario (“Iny-Ext_(Max_Prom)_CP2012”).

³ En el presente documento se denomina “modelo tarifario” al último de ellos presentado (anexo al oficio PGPB-SP-GR-236-2013).

⁴ Obligación anual 2013.

⁵ Los modelos hidráulicos son indicativos de la capacidad máxima que se espera registrar en un año completo. Luego, para fines tarifarios, el modelo hidráulico aplicable al año en cuestión es el correspondiente al año inmediato anterior, señala el Permisionario.



- II. Para el año 2015: Gasoducto Los Ramones – San Luis Potosí – Apaseo El Alto (privado).
- III. Para el año 2017: Gasoducto San Luis Potosí – Aguascalientes (privado).

Respecto a éstos, en mesas de trabajo llevadas a cabo con el Permisionario, éste precisa:

- I. El gasoducto Jáltipan – Salina Cruz y el proyecto Ramones I iniciarán operaciones en diciembre del 2014, por lo que la capacidad que prevalecerá en ese año será la del modelo de 2013.
- II. Ramones II iniciará operaciones en diciembre de 2015; luego, la capacidad de los primeros 11 meses del año será la del modelo hidráulico de 2014.
- III. La capacidad del año 2016 es la que se obtendrá con los proyectos de infraestructura que se espera finalicen en diciembre de 2015. Sin embargo, se debe considerar que, ante las reformas estructurales que se están presentando en el país, la capacidad operativa y su inicio tienen un grado de incertidumbre, por lo que se propone que el ajuste de capacidad se dé hasta que inicie la construcción del proyecto Ramones II.
- IV. En 2017 se espera el inicio de operaciones del tramo San Luis Potosí - Aguascalientes, pero no se cuenta con fecha exacta. Así, la capacidad durante la mayor parte del año es la del modelo hidráulico de 2016.

3.1.2. Sobre la capacidad promedio del Sistema para el cálculo de tarifas por capacidad

PGPB señala mediante oficio⁶ en 2012 que la capacidad del Sistema a emplear en el modelo tarifario es el volumen promedio conducido en 2011 (valor C de la Tabla 3.1). Luego de la solicitud expresa de la Comisión, el Permisionario presenta en oficio posterior⁷ un análisis estadístico de inyecciones y extracciones del SNG en el periodo quinquenal anterior, el cual arroja un valor para el volumen conducido promedio en 2011 igual a 4,817.8MGJ⁸, valor 10% mayor. Tras esto, PGPB solicita que esta cifra sea asignada a la capacidad del sistema.⁹

A petición de la Comisión, PGPB realiza un ejercicio de actualización de derechos adquiridos (2011-2012) y determina:

- a) Volumen máximo entregas: 4,767.0MGJ.

⁶ PGPB-SP-GR-494-2012, del 4 de septiembre de 2012.

⁷ PGPB-SP-GR-582-2012, del 11 de octubre de 2012.

⁸ Miles de gigajoules (MGJ)

⁹ PGPB-SP-GR-625-2012, del 31 de octubre de 2012.



b) Volumen medio: 4,695.09MGJ.

Ante presencia de alertas críticas en el periodo e inyección total esperada para 2013 de 4,689.9MGJ, PGPB advierte no poder cumplir los derechos adquiridos estimados y proyecta tal nivel de inyección como capacidad de transporte para 2013.

Finalmente, el Permisionario adopta el valor B en la Tabla 3.1 como propuesta de capacidad en el modelo tarifario, *re-escalada* al valor D (que, en el modelo tarifario, corresponde al nivel de consumo promedio).

3.2. Observaciones realizadas por la Comisión

Tras revisar las distintas propuestas para la capacidad operativa del SNG presentadas, esta Comisión realiza las siguientes observaciones:

- I. Los valores propuestos por el Permisionario en el modelo tarifario según el modelo hidráulico no coinciden con los valores de capacidad que se presentan en los modelos hidráulicos presentados a la Comisión (aún con las precisiones descritas en la sección 3.1.1). Las cifras del modelo tarifario reducen la capacidad del sistema y subestiman los impactos de la infraestructura a incorporar durante el quinquenio con respecto a las proyecciones reportadas en los modelos hidráulicos entregados previamente a la Comisión.
- II. Los datos de capacidad presentados por PGPB en las distintas ocasiones obedecen al mismo escenario cada vez; es decir, no corresponden a cambios importantes en la infraestructura, y son sustancialmente diferentes.
- III. El esquema de capacidad empleada en el modelo tarifario no incorpora los proyectos que se pondrán en operación iniciado el quinquenio (se consideran en los modelos hidráulicos, pero el promedio calculado a partir de estos últimos no se toma en cuenta para el cálculo tarifario).
- IV. El enfoque de promedios en la definición de capacidad requerido por el Permisionario le permite mantener un esquema volumétrico y no motiva la transición completa a un régimen de reserva de capacidad, necesario para la operación eficiente de un sistema de transporte.

En relación a la congruencia interna del modelo tarifario, se encuentra que:

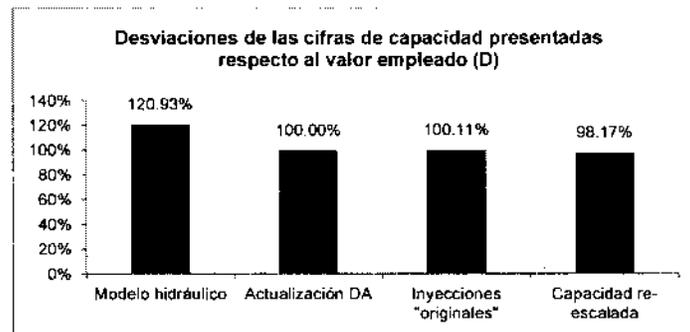
- I. El total de inyecciones pronosticadas en el ejercicio de actualización de derechos adquiridos no coincide con el archivo de origen¹⁰ (insumo del modelo tarifario) entregado adjunto al modelo tarifario.
- II. La diferencia entre inyecciones y consumos (capacidad *re-escalada*) es de alrededor del 2% (Gráfico 3.1). Esta diferencia no se detecta en el

¹⁰ "Iny-Ext_(Max_Prom)_CP2012", pestaña "Iny."



análisis estadístico presentado por PGPB antes referido y no se justifica al interior del modelo tarifario.

Gráfico 3.1



En este punto cabe realizarse un señalamiento histórico. En la primera revisión quinquenal del SNG, la Comisión, mediante la resolución RES-406-2007, autorizó un valor para la capacidad del Sistema igual a 4,978.5MGJ, el cual constituye el volumen promedio conducido por los usuarios del mismo durante 2005 más una desviación estándar. En el Anexo 5 del mismo documento se especifica el impacto físico de algunas inversiones del plan de negocios del Permisionario para ese quinquenio (aquellas empleadas en el cálculo de factores de eficiencia de inversión), las cuales se asocian directamente a incrementos de capacidad operativa¹¹. Por tanto, si se considera que el grado de cumplimiento de las inversiones es de 55.8% (véase Anexo 1 de la presente Resolución), resulta incongruente definir la capacidad operativa del SNG para el tercer periodo prestación del servicio como un valor igual o inferior 4,978.5MGJ. Así, en principio, la capacidad inicial del SNG para el tercer periodo de operaciones será mayor en tanto el grado de cumplimiento del plan de inversiones del quinquenio pasado sea mayor.¹²

3.3. Propuesta de la Comisión para el valor de la capacidad operativa del SNG

La Directiva de Tarifas, literalmente, señala:

¹¹ El [grado de] cumplimiento del Plan de Negocios para ese quinquenio relacionado con las inversiones empleadas en el cálculo de los factores de eficiencia de inversión se traduce en kilómetros de libramiento y HP instalados.

¹² Esta relación será más o menos directa en función de la posibilidad de relacionar cada cuenta del programa de inversiones autorizado con los proyectos señalados en el Anexo 5.



“La Comisión revisará el plan de negocios presentado por el Permisionario para analizar y valorar los siguientes aspectos:

- I. Su congruencia interna, así como con parámetros internacionales y nacionales de la industria y las proyecciones de Permisionarios en condiciones similares;
- II. Su relación con las tendencias de la industria, así como tendencias históricas del Permisionario, en su caso, y
- III. El nivel de utilización de la capacidad del sistema”.

Así, dadas las inconsistencias en las cifras para capacidad presentadas por PGPB y ante la ausencia de un régimen de reserva de capacidad que revele obligaciones en firme contractuales asociadas a la demanda pico de los distintos usuarios, la Comisión, en estricto apego a sus facultades, opta por un enfoque estadístico que recupera la evolución histórica de la energía en tránsito por el SNG y estima un valor para la capacidad del mismo.

El propósito es identificar un pico del sistema razonable; es decir, un nivel de flujo del sistema que:

- I. PGPB sea capaz de suministrar con una probabilidad aceptable.
- II. Sea claramente distinguible del promedio **para emular un régimen de reserva de capacidad y no un esquema volumétrico.**
- III. Pondere los patrones de suministro de la historia reciente (racionamiento) y condiciones normales de operación.

La metodología y resultados principales se describen enseguida.

3.3.1. Fuente de información

La Comisión recuperó datos de inyecciones y extracciones por nodo en el SNG desde el segundo semestre de 2010 y hasta el primer semestre de 2013. La información fue proporcionada por el permisionario.

3.3.2. Escenarios

Se realizó el estudio estadístico en dos escenarios temporales: a) Segundo semestre de 2010 a primer semestre de 2012, y b) Primer semestre de 2012 a primer semestre de 2013.

3.3.3. Análisis

Se construyeron histogramas del volumen diario transportado en tres niveles: nodo, zona estampilla y global. Se llevó a cabo la descripción de la población poniendo especial atención en las medidas de dispersión. El análisis global se presenta a continuación para el periodo 2010(2) – 2013(2).

- I. Inyecciones



El Gráfico 3.2 muestra el histograma de inyecciones del SNG en el periodo de estudio. Nótese que:

- La capacidad propuesta por el Permisionario (valor D de la Tabla 3.1) se encuentra por debajo del percentil 75 de la distribución (
- Tabla 3.4).
- La mediana es mayor que el promedio (véase
- Tabla 3.3). Es decir, durante la mayor parte del periodo de estudio, el Sistema conduce un volumen mayor al promedio.
- El Sistema ha conducido hasta 5,366.1MGJ. Además, alrededor del 15% de las observaciones en el periodo de estudio superan los 5000.0MGJ (el promedio más una desviación estándar de la distribución).
- El recorrido estadístico es igual a 1530MGJ (
- Tabla 3.4). Este parámetro evidencia una dispersión alta en la distribución (del orden de magnitud del promedio).

Tabla 3.3

Estadísticos de la distribución de inyecciones en el SNG						
Media	Mediana	Varianza (σ^2)	Desv. Est. (σ)	Media + ($\sigma/3$)	Media + σ	Media + 2σ
4,752.0	4,790.5	64,823.0	254.6	4,836.9	5,006.6	5,261.2

Miles de gigajoules, salvo la varianza que se encuentra en miles de gigajoules cuadrados.

Tabla 3.4

Algunas medidas de dispersión							
Valores máximos			Valores mínimos			Percentiles	
Orden	Fecha	Volumen	Orden	Fecha	Volumen	Percentil	Volumen
1	08/02/2013	5,366.1	1	30/09/2010	3,836.1	0.75	4,942.9
2	01/02/2013	5,349.4	2	29/10/2010	4,028.9	0.80	4,973.2
3	02/02/2013	5,342.1	3	29/09/2010	4,031.1	0.85	5,005.1
4	07/02/2013	5,332.2	4	01/10/2010	4,084.4	0.90	5,049.3
5	13/02/2013	5,329.6	5	15/11/2010	4,112.5	0.95	5,107.3
6	31/01/2013	5,326.2	6	24/12/2010	4,115.2	1.00	5,366.1
7	11/02/2013	5,283.9	7	30/10/2010	4,118.6		
8	09/02/2013	5,276.4	8	25/12/2010	4,122.6		
9	12/02/2013	5,246.5	9	02/11/2010	4,126.5		
10	15/02/2013	5,242.5	10	31/12/2011	4,134.9		

Volúmenes en miles de gigajoules.

Gráfico 3.2

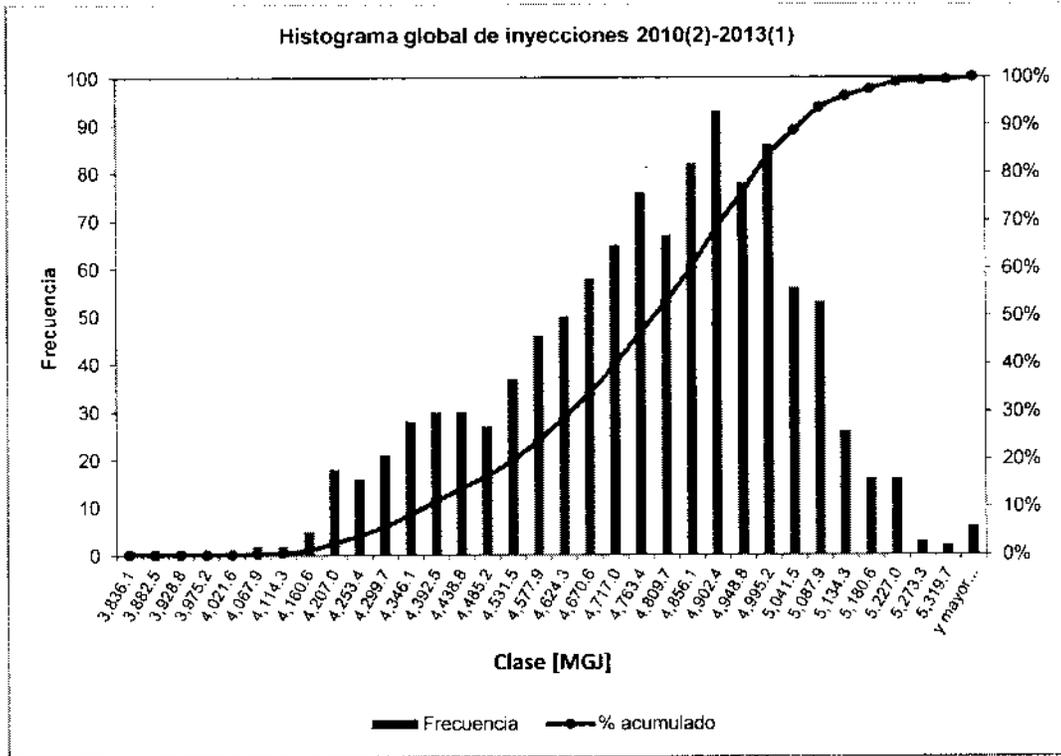
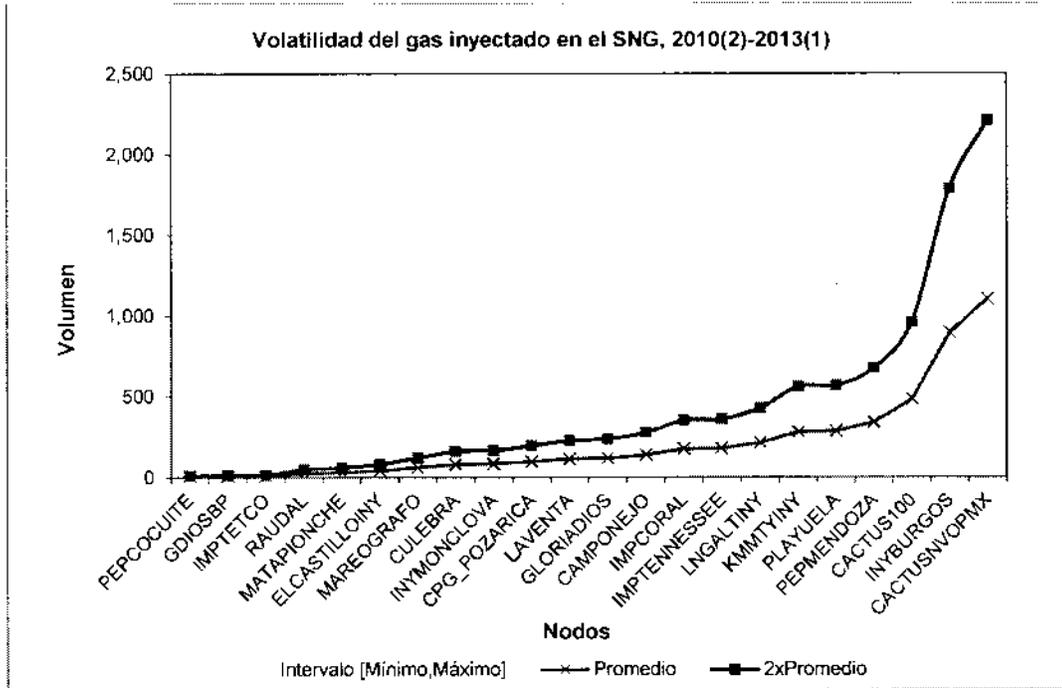




Gráfico 3.3



El Gráfico 3.3 ilustra el comportamiento de las inyecciones por nodo. El área sombreada representa el intervalo comprendido entre la inyección mínima y la inyección máxima en el periodo de estudio. Éste, en general, es amplio y muestra que una cantidad importante de nodos presentan patrones de inyección altamente volátiles. Especial atención merece el hecho de que algunos de ellos han inyectado una cantidad superior al doble de su producción promedio (Culebra y LNG Altamira, por ejemplo).

II. Extracciones

El comportamiento global de las extracciones del Sistema muestra patrones similares al de las inyecciones, según se aprecia en el

Gráfico 3.4 y en las Tablas 3.5 y 3.6. Por otro lado, conviene anotar que la suma sobre todos los nodos de la demanda pico de cada nodo de extracción (máximo no coincidente del sistema) en el periodo de estudio es igual a 7,861.4MGJ.

Tabla 3.5

Estadísticos (extracciones)						
Media	Mediana	Varianza (σ^2)	Desv. Est. (σ)	Media + ($\sigma/3$)	Media + σ	Media + 2σ
4,745.4	4,770.4	55,955.4	236.5	4,824.2	4,981.9	5,218.5

Miles de gigajoules, salvo la varianza que se encuentra en miles de gigajoules cuadrados.



Tabla 3.6

Algunas medidas de dispersión							
Valores máximos			Valores mínimos			Percentiles	
Orden	Fecha	Volumen	Orden	Fecha	Volumen	Percentil	Volumen
1	13/02/2013	5,338.6	1	02/10/2010	3,933.7	0.75	4,921.1
2	25/06/2013	5,301.6	2	19/09/2010	4,017.1	0.80	4,956.8
3	26/06/2013	5,272.6	3	26/09/2010	4,036.6	0.85	4,990.0
4	04/01/2013	5,260.6	4	16/09/2010	4,042.7	0.90	5,029.9
5	28/01/2013	5,257.3	5	03/10/2010	4,065.7	0.95	5,085.6
6	08/02/2013	5,256.2	6	05/09/2010	4,066.6	1.00	5,338.8
7	05/02/2013	5,255.1	7	10/10/2010	4,087.6		
8	07/02/2013	5,251.0	8	01/08/2010	4,088.6		
9	29/01/2013	5,248.8	9	17/10/2010	4,096.9		
10	30/01/2013	5,243.3	10	20/11/2011	4,100.1		

Volumenes en miles de gigajoules.

Gráfico 3.4

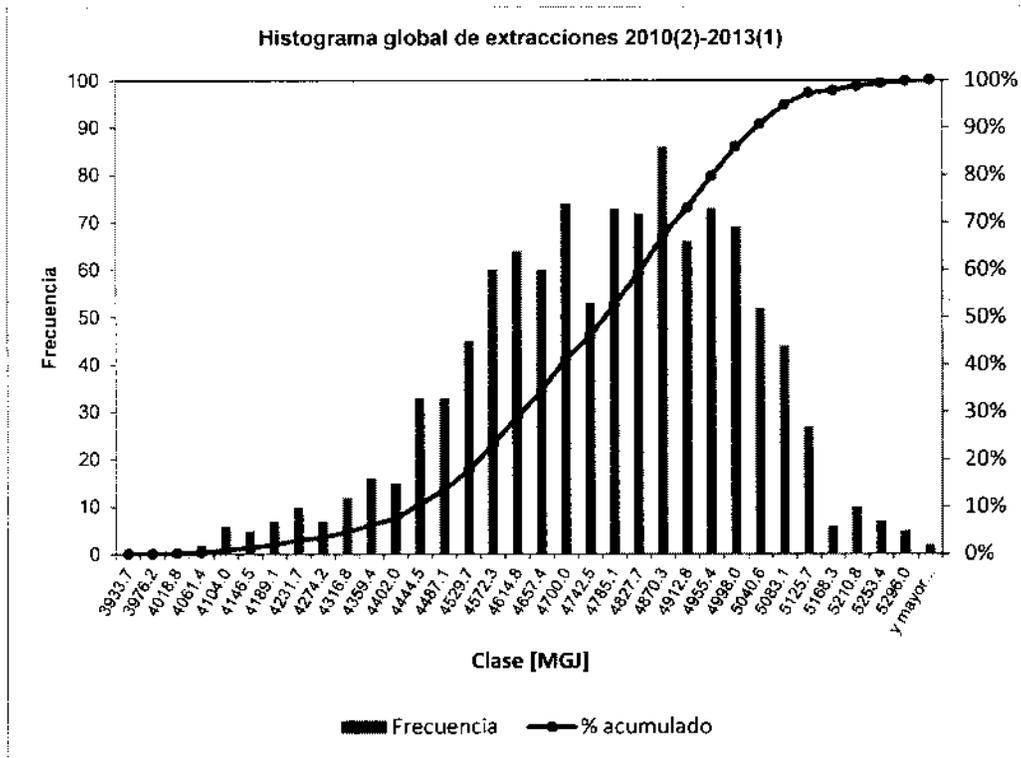
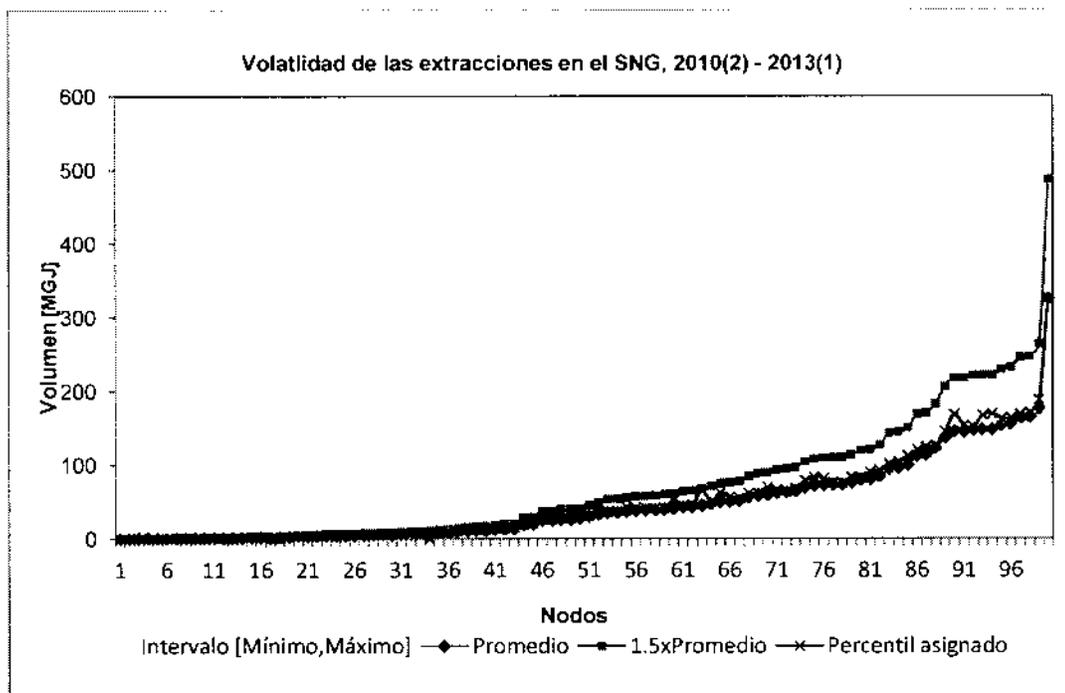


Gráfico 3.5



El Gráfico 3.5 muestra que la volatilidad del patrón de extracciones es también bastante elevada, aunque menor si se compara con el caso de las inyecciones salvo algunos nodos.

3.3.4. Conclusiones

Del análisis del comportamiento estadístico del SNG en el periodo de estudio, la Comisión deriva las siguientes anotaciones:

- I. Dado que el promedio de la distribución es menor a la mediana, el sistema ha conducido durante más de la mitad del periodo de estudio un volumen mayor que la cantidad que PGPB estima como capacidad¹³. Luego, de acuerdo a la directiva de Tarifas y a la propia definición del Permisionario, las **condiciones normales de operación no son reflejadas por el promedio** y el sistema es capaz de transportar una cantidad superior.
- II. Las inyecciones son altamente volátiles. Según el Gráfico 3.3, los puntos de inyección históricamente han introducido cantidades por mucho

¹³ Este comportamiento se presenta también a nivel nodal: en 66 de los 100 puntos de extracción y en 6 de los 10 puntos de inyección más importantes por su producción, la mediana de la distribución es mayor que el promedio.



superiores al promedio (incluso, han duplicado su producción media). Luego, se deduce que el estrés del sistema de transporte no es un problema endógeno, sino atiende a condiciones derivadas del proceso de producción.

- III. Las extracciones presentan alta variabilidad (Gráfico 3.5). Este comportamiento es una prueba de que el esquema volumétrico, inducido por la definición de capacidad en función del promedio histórico de volumen conducido, no ha generado incentivos en el consumidor para suavizar patrones de demanda. Si se promoviera el régimen de reserva de capacidad, los usuarios, al verse obligados a pagar por reserva y por uso, estabilizarían su demanda, permitiendo a la empresa transportista la programación de sus servicios.
- IV. Aunque el Sistema es capaz de transportar hasta 5,300MGJ, como ha sido constatado históricamente, la Comisión reconoce que este valor no puede ser considerado como capacidad operativa, pues estresaría al sistema y podría obedecer a condiciones de operación extraordinarias.

Así, ante las inconsistencias de la propuesta del Permisionario descritas en la sección 3.2 y tras el análisis estadístico llevado a cabo, esta Comisión considera congruente con los objetivos regulatorios y las restricciones del sistema físico que el valor de la capacidad del sistema se establezca en una cifra mayor y cercana **al promedio más una desviación estándar** de la distribución de inyecciones del SNG¹⁴ toda vez que esta cantidad se apega más a la definición de capacidad establecida en la Directiva de Tarifas que el promedio de volumen conducido, ya que:

- I. La cantidad propuesta es una mejor aproximación del pico del sistema que el promedio (la Directiva de Tarifas establece que la capacidad operativa corresponde al máximo de volumen conducido).
- II. Históricamente, el Sistema ha conducido cantidades superiores a la propuesta con una frecuencia razonablemente alta (la Directiva de Tarifas establece que la capacidad debe reflejar condiciones normales de operación)
- III. La cantidad propuesta motiva la implementación de un régimen de reserva de capacidad¹⁵, el cual incentiva la eficiencia operativa (la Directiva de Tarifas tiene como uno de sus objetivos propiciar que las actividades reguladas y la prestación de los servicios de la industria del

¹⁴ La capacidad operativa del Sistema se define en términos de las inyecciones totales, de acuerdo a criterios hidráulicos.

¹⁵ La Comisión reconoce que una demanda insuficiente puede hacer inoperante el régimen de reserva de capacidad; sin embargo, éste no es el caso. Evidencia de ello es el hecho de que la suma de las extracciones máximas históricas por nodo es por mucho superior a la capacidad estimada del Sistema (7,861.4MGJ, como se anotó anteriormente). Ergo, la demanda históricamente comprobada es suficiente.



gas natural se lleven a cabo de forma eficiente, conforme a principios de uniformidad, homogeneidad, regularidad, seguridad y continuidad)

Por tanto, la Comisión desestima el valor de la capacidad del SNG para el cálculo de las tarifas del tercer quinquenio propuesto por el Permisionario y determina, en congruencia con el modelo hidráulico aplicable al año 2014, que este es igual a **5,117.3MGJ**.¹⁶

Además, si P_x^i es el percentil x de la función de distribución nodal de volumen extraído en el nodo i y C es la capacidad del sistema, se define, entonces, la demanda nodal pico en el nodo i (D_i) como:

$$D_i = P_x^i, \quad \text{Ecuación 1}$$

con tal de que:

$$\sum_{i=1}^n P_x^i = C. \quad \text{Ecuación 2}$$

Así, para $C = 5,117.3MGJ$, $x = 62$. La demanda pico para los nodos de extracción del SNG se ilustra en el Gráfico 3.5 (serie "Percentil asignado").

La definición anterior resulta conveniente, ya que distribuye la capacidad global del Sistema uniformemente sobre los nodos de extracción considerando sus tendencias históricas (es decir, atendiendo a su distribución de volumen).

4. Análisis de configuración de los flujos

La Directiva de Tarifas establece que el flujo es "el volumen de gas, o su equivalente en unidades, que se recibe, conduce y entrega a través de un sistema en un periodo determinado".

4.1. Propuesta del permisionario

La metodología tarifaria presentada por PGPB establece cargos por capacidad regionales en donde los cargos a pagar por el usuario dependen del recorrido del gas en el sistema de acuerdo con las zonas de inyección y de extracción. Cada una de las estampillas postales depende de la capacidad y la distancia de cada región y por lo tanto son función de los costos que ocasionan. Además, la suma de cargos por capacidad tipo estampilla aplicable a cada trayecto refleja el costo incremental promedio. El valor de la suma de cargos crece conforme aumenta el número de zonas por las que transita el gas.

¹⁶ El modelo hidráulico aplicable a 2014 es también congruente con la estadística de la oferta nodal en el periodo de estudio. Este hecho se puede apreciar en el Gráfico A.1 (Apéndice A), el cual muestra la inyección por nodo reportada en el modelo hidráulico. La región sombreada acota el promedio de la distribución de volumen inyectado en cada nodo. Nótese la correspondencia.



Las estampillas postales están basadas en criterios relacionados con características físicas del sistema; por lo tanto, su valor presenta un comportamiento estable. Las diferencias entre ellas no contienen distorsiones exógenas. Además, las causas de las diferencias son transparentes porque parten de la información presentada en el plan de negocios: costos, activos, impuestos estimados, capacidades, volúmenes, distancias, etc.

Bajo el método de estampilla postal, el flujo de cada trayecto tiene un impacto en las tarifas de cada una de las zonas por las que transita. El elemento determinante de la tarifa es el total del gas que transita por la zona independientemente de que se inyecte o se consuma en la misma:

- I. En la zona Sur del SNG, el gas de tránsito equivale al total del gas inyectado en la misma zona.
- II. En la zona Golfo, el gas de tránsito que pasa por dicha zona es igual al gas inyectado en la zona más el gas proveniente de la zona Sur para ser consumido en Golfo, Centro, Occidente o Norte, más el gas proveniente del Norte para ser consumido en el Golfo, más el gas que eventualmente puede provenir de la zona Centro, si es que queda un remanente del gas inyectado desde la zona Occidente.
- III. En la zona Centro, el gas de tránsito es la suma del gas que se consume en el Centro, el gas proveniente del Golfo que transita con rumbo a Occidente y potencialmente el gas que pudiera provenir de la zona Occidente con rumbo al Golfo.
- IV. En la zona de Occidente, el gas de tránsito es igual al gas de origen nacional que se consume en la zona más la oferta potencial de Gas Natural Licuado (GNL) importado que se inyecte en la zona, ya sea para ser consumido en la misma zona o para fluir hacia la zona Centro.
- V. En la zona Norte, el gas de tránsito es igual al gas importado inyectado en la zona más el gas proveniente de la zona Golfo, ya sea que haya sido inyectado en la misma zona Golfo u otra.

Para el cálculo del flujo de cada trayecto, PGPB emplea únicamente un criterio de balance de masas; es decir, busca que: a) el total del gas inyectado sea igual al total extraído, y b) el gas que ingresa a un nodo sea igual al gas que sale de él más el gas que se inyecta en el mismo menos el gas que se extrae.

4.2. Revisión de la Comisión

Sobre la revisión del análisis de flujos por trayecto, la Comisión presenta las siguientes observaciones:



- I. Un criterio de balance de masas permite reconstruir el patrón de flujos por trayecto como respuesta a la oferta y demanda nodales. El objetivo único es equilibrar la cantidad de gas en el sistema y no involucra, por tanto, ningún incentivo a la eficiencia del mismo.
- II. El modelo tarifario no hace explícita la diferencia entre volumen y capacidad en el análisis llevado a cabo en las secciones “Estudio de flujos” y “Estudio de Capacidad”, con sus respectivos insumos.
- III. El permisionario postula que la capacidad a emplearse para el cálculo de las tarifas es estática, además de que no incorpora los proyectos que inician operaciones durante el quinquenio y, pese a eso, los ponderadores *MCF-Mile* no son constantes (muestran una variación para el 2013).

4.3. Propuesta de la Comisión

Frente a las inconsistencias expuestas en la sección 4.2, la Comisión propone un modelo de flujos que, además de cumplir con el balance de masas, obliga al sistema a satisfacer un criterio de eficiencia. La operación eficiente, en la acepción aquí empleada, induce al Permisionario a minimizar costos y, en el caso de un sistema de transporte como el SNG, este proceso se traduce en la minimización de la distancia recorrida por el gas, en una primera aproximación.

4.3.1. Descripción de la metodología de modelación

A continuación se describe la metodología empleada en la modelación de los flujos por trayecto en el SNG.

- I. *Caracterización de la oferta.* Determinadas la capacidad del sistema y los picos de demanda nodales, es necesario caracterizar los nodos de inyección. Para ello:
 - a. Se identifican las funciones de distribución de los puntos de inyección
 - b. De forma análoga al tratamiento de los puntos de extracción, se identifica el percentil P_x^j tal que $\sum_{j=1}^n P_x^i = C$, para cada nodo de inyección j . Para una capacidad $C = 5,117.3MGJ$, $x = \bar{x} = 63$.
 - c. Dada la naturaleza volátil de la oferta, revelada en el análisis estadístico, se construye un intervalo de confianza para cada punto de inyección j en función del percentil de la distribución obtenido en el inciso anterior, P_{63}^j , y del flujo promedio en el mismo.



- II. *Caracterización de los trayectos.* Se identifican todos los trayectos posibles que conectan los puntos de inyección y extracción en el SNG.
- III. *Optimización.* Dadas las extracciones, se asigna el gas a los distintos puntos de inyección bajo las restricciones siguientes:
 - a. El Sistema debe mantenerse balanceado (la cantidad de gas inyectada debe ser igual a la extraída)
 - b. La cantidad de gas asociada a cada punto de inyección se encuentra acotada por el intervalo construido en el inciso c del numeral I.
 - c. Si f es la cantidad de gas que transita por una *línea*¹⁷ de la red de transporte, entonces $f \leq k$, donde k es una cota constante característica de cada línea¹⁸.
 - d. La distancia recorrida por el gas es la mínima posible.

El procedimiento anterior resulta en la identificación de los flujos por trayecto necesarios para la construcción de los ponderadores *MCF-Mile*.

4.3.2. Comentarios y conclusiones

La Comisión reconoce que variables físicas propias del sistema de transporte tales como la presión, la temperatura o el diámetro de los ductos, pueden modificar los patrones de flujos y derivar en soluciones óptimas (eficientes) que no minimizan la distancia recorrida por el gas. Sin embargo, es paradigma de toda ciencia, natural o social, el hecho de que un modelo captura las características esenciales del sistema en estudio y no su totalidad, además de que debe ser lo más simple posible y recoger sólo las variables que pueden ser bien identificadas.

Ante las deficiencias mencionadas en el párrafo anterior, resulta necesario un mecanismo de validación del modelo presentado. Con este fin, se comparan los resultados del modelo desarrollado por la Comisión con los modelos hidráulicos de los años 2012 y 2013 presentados por el Permisionario, los cuales incluyen una mayor cantidad de variables y, por tanto, se acercan más a la realidad física del SNG. Los resultados se muestran en el Gráfico A.1 (Apéndice A). Nótese la congruencia del patrón de inyecciones óptimas (*output* del modelo de la Comisión) con los resultados históricos (2012) y las simulaciones (2013) reportados por PGPB.

Así, a la luz de la evidencia anterior, es razonable validar el modelo simplificado de la Comisión. Luego, los resultados arrojados por el mismo son fiables.

¹⁷ Ducto.

¹⁸ El valor de k puede definirse en función de las características del diseño físico o del comportamiento histórico (estadístico) de los flujos, por ejemplo.



Debe aclararse que la Comisión no descalifica el modelo de flujos presentado por el Permisionario en el modelo tarifario; sin embargo, dada la congruencia del modelo presentado por la Comisión con los modelos hidráulicos y considerando la ventaja adicional que representa el incentivo a la eficiencia a través de la restricción de mínima distancia, esta Comisión considera acorde con los objetivos regulatorios utilizar el modelo propio en el cálculo de los determinantes de asignación.

5. Ponderadores *MCF-Mile*

La definición de los ponderadores *MCF-Mile* que enseguida se presentan se apegan a la metodología tarifaria descrita en el Anexo 3 de la Resolución RES-406-2012.

5.1. Ponderadores *MCF-Mile* presentados por el Permisionario en el modelo tarifario

- I. Ponderadores *MCF-Mile* para la asignación de costos fijos relacionados con la distancia.

Tabla 5.1

Zona	2013	2014	2015	2016	2017
Sur	17.91%	17.86%	17.86%	17.86%	17.86%
Centro	21.78%	24.87%	24.87%	24.87%	24.87%
Occidente	7.09%	7.06%	7.06%	7.06%	7.06%
Golfo	47.98%	44.98%	44.98%	44.98%	44.98%
Norte	5.25%	5.24%	5.24%	5.24%	5.24%

- II. Ponderadores *MCF-Mile* para la asignación de costos variables relacionados con la distancia.

Tabla 5.2

Zona	2013	2014	2015	2016	2017
Sur	17.76%	17.71%	17.71%	17.71%	17.71%
Centro	21.82%	24.91%	24.91%	24.91%	24.91%
Occidente	7.10%	7.08%	7.08%	7.08%	7.08%
Golfo	48.06%	45.05%	45.05%	45.05%	45.05%
Norte	5.26%	5.24%	5.24%	5.24%	5.24%

5.2. Ponderadores *MCF-Mile* calculados por la Comisión

Usando como insumos la capacidad y la configuración de flujos determinadas por la Comisión, se obtienen los siguientes ponderadores:

- I. Ponderadores *MCF-Mile* para la asignación de costos fijos relacionados con la distancia:



Tabla 5. 3

Zona	2013	2014	2015	2016	2017
Sur	13.54%	13.54%	13.54%	13.54%	13.54%
Centro	21.79%	21.79%	21.79%	21.79%	21.79%
Occidente	5.01%	5.01%	5.01%	5.01%	5.01%
Golfo	50.81%	50.81%	50.81%	50.81%	50.81%
Norte	8.86%	8.86%	8.86%	8.86%	8.86%

II. Ponderadores *MCF-Mile* para la asignación de costos variables relacionados con la distancia:

Tabla 5. 4

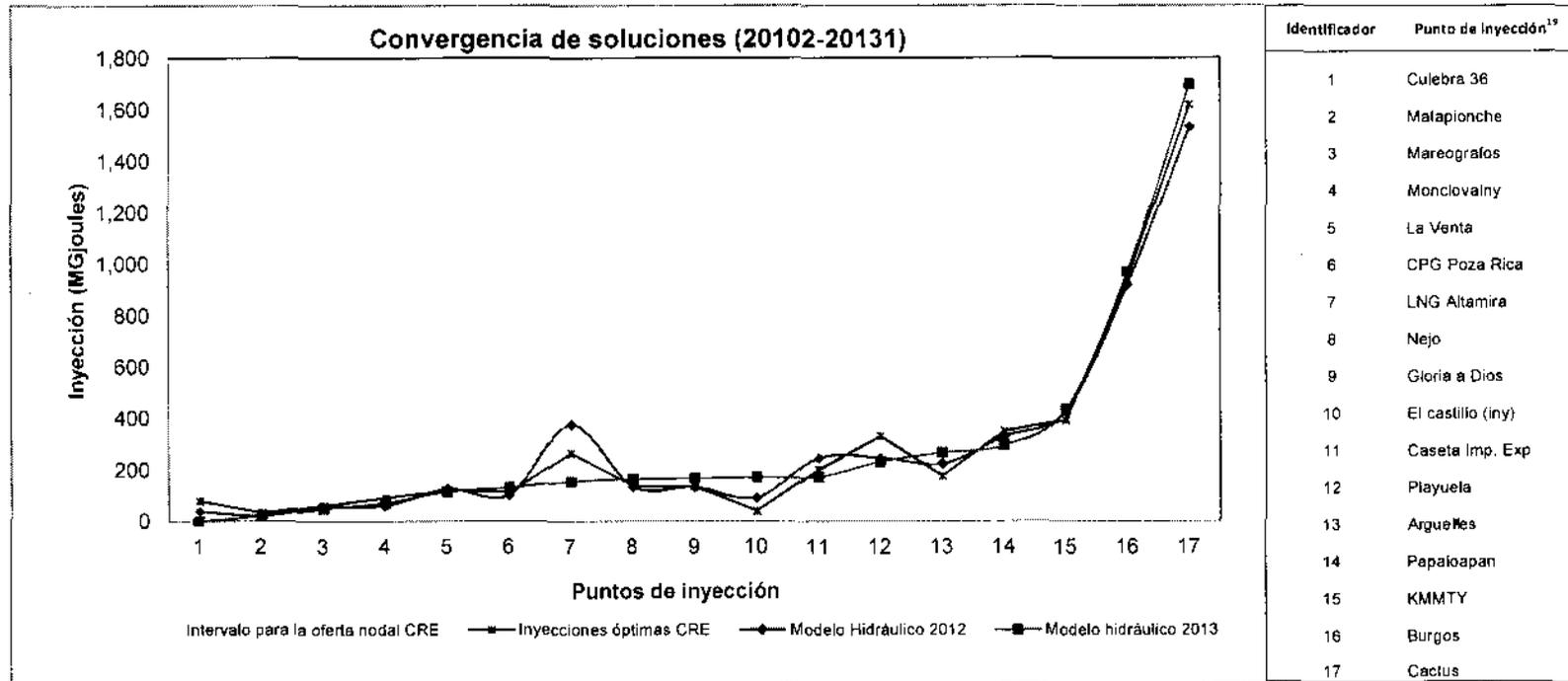
Zona	2013	2014	2015	2016	2017
Sur	13.54%	13.54%	13.54%	13.54%	13.54%
Centro	21.79%	21.79%	21.79%	21.79%	21.79%
Occidente	5.01%	5.01%	5.01%	5.01%	5.01%
Golfo	50.81%	50.81%	50.81%	50.81%	50.81%
Norte	8.86%	8.86%	8.86%	8.86%	8.86%

Para la construcción de estos últimos se utilizó un factor de utilización del Sistema igual a 92.73%, obtenido del cociente entre la capacidad del sistema y el volumen promedio conducido por el mismo.

Apéndice A

Inyecciones óptimas (modelo de flujos de la Comisión) y modelo hidráulico (PGPB)

Gráfico A.1



¹⁹ Los puntos de inyección corresponden a los definidos en el modelo hidráulico. La relación entre éstos y los "puntos comerciales" (que son denominados puntos o nodos de inyección a lo largo de la Resolución y del presente Anexo) no es, necesariamente, uno-a-uno.

[Handwritten signature]

