

Bogotá D.C. 16 de diciembre de 2015

CNOGAS-226-2015

Doctor  
Jorge Pinto Nolla  
Director ejecutivo  
Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG  
Ciudad

Asunto: Protocolo No.002 de 2015 Modificación parcial Resolución CREG 077 de 1999, RUT.

Respetado doctor Pinto,


Tomando en consideración la situación actual del mercado de gas natural en Colombia, los requerimientos de diferentes agentes de la cadena en cuanto a seguridad, eficiencia y desempeño en el uso final, el Consejo Nacional de Operación de Gas Natural, amparado en lo previsto en el Decreto 2100 de 2011, artículo 21, decidió avanzar en un proyecto para evaluación del tema de intercambiabilidad de gases con el propósito de presentar propuesta para estudio y adopción por la CREG.

El análisis realizado por el CNOGas propende fundamentalmente por incluir en el RUT criterios técnicos para el control en el intercambio de gas natural (intercambiabilidad) que permitan garantizar, entre otros, la seguridad operacional, eficiencia y desempeño en términos del incremento de emisiones contaminantes. Como complemento a esta premisa, también incide en la necesidad de definición de criterios técnicos, el crecimiento de la demanda y el aumento en las fuentes de gas a ser inyectado al Sistema Nacional de Transporte, con características diferentes: gas de yacimientos no convencionales, gas importado, gas asociado, etc.

La propuesta presentada para consideración de la Comisión define una etapa de transición entre 2 y 3 años, durante la cual se realizarán los estudios y análisis complementarios para la validación de los rangos del índice de Wobbe (IW), a fin de asegurar que los límites aceptables finales permitan la operación de los sistemas de transporte e infraestructura de los usuarios finales de manera segura, así como la de evaluar la pertinencia de incluir parámetros de intercambiabilidad de gas complementarios.

Deseamos compartir mayores detalles del análisis realizado por el Consejo, para lo cual agradeceríamos nos concedieran un espacio para tal propósito.

Cordialmente

  
**FREDI ENRIQUE LOPEZ SIERRA**  
Secretario Técnico del CNOGas

CREG 21 DEC 2015 9:23

c.c. Dr. Hernán Molina- Experto Comisionado-Dr. Jorge Durán-Asesor- Dr. Henry Bernal-Asesor -  
Dr. Jorge Ortiz-Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios- Miembros del CNOGas...

**PROTOCOLO No 002 DE 2015, MODIFICACIÓN PARCIAL REGLAMENTO  
ÚNICO DE TRANSPORTE, RUT, INTERCAMBIABILIDAD DE GAS****Contenido**

1.	OBJETIVOS.....	1
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	2
3.	MARCO TEÓRICO.....	2
4.	ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	7
5.	PROPUESTA REGULATORIA.....	9

El Consejo Nacional de Operación de Gas Natural, CNOGas, de conformidad con lo establecido en la Ley 401 de 1997 y en el Artículo 21 del Decreto 2100 de 2011, y

**CONSIDERANDO:**

- a) Que en la Resolución CREG 077 de 1999, Reglamento único de Transporte, RUT, se requiere modificar algunos aspectos relacionados con Intercambiabilidad de gas.
- b) Que en reunión CNOGas No 124 realizada el 10 de diciembre del presente año, el Consejo aprobó la propuesta presentada por miembros del Comité Técnico sobre Intercambiabilidad de gas y su envío a la CREG.

**ACUERDA:****1. OBJETIVOS**

Incluir en el RUT criterios técnicos para el control en el intercambio de gas natural (intercambiabilidad) que permitan garantizar la seguridad operacional, eficiencia y desempeño en términos del incremento de emisiones contaminantes. *2V*

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

Teniendo en cuenta la dinámica del sector gas natural asociada con temas de confiabilidad, eficiencia, crecimiento de la demanda y necesidad de suministro de gas de fuentes diversas, se hace necesario disponer de un marco técnico regulatorio para el intercambio de gas, que, entre otros, den solución a los siguientes aspectos:

- a) Requerimientos de los generadores termoeléctricos, distribuidores e industriales con respecto al efecto que pueda tener la mezcla de gases en fenómenos de combustión y eficiencia, por la diversidad de fuentes de suministro actuales.
- b) Incremento en el número de campos productores con diferentes características que inyectan gas al Sistema Nacional de Transporte.
- c) Aumento en las fuentes de gas a ser inyectado al Sistema Nacional de Transporte, con características diferentes: gas de yacimientos no convencionales, gas importado, gas asociado, etc.
- d) Proyección de importación de gas natural licuado a partir del año 2017.
- e) La ausencia de un marco regulatorio sobre intercambiabilidad de gas. Sin embargo, La CREG publicó un proyecto de Resolución CREG 084 de 2008, el cual se fundamentó en estudio realizado por la American Gas Association, AGA y en el documento CREG-062 de 25 de julio de 2008, Especificaciones de calidad del gas natural en el punto de entrada del sistema nacional de transporte de gas – Número de Wobbe. NGC+ Interchangeability Work Group, (2005), "White Paper on Natural Gas Interchangeability and Non-Combustion End Use", American Gas Association.

Tomando en consideración la situación actual del mercado de gas natural en Colombia, los requerimientos de diferentes agentes de la cadena en cuanto a seguridad, eficiencia y desempeño en el uso final, el Consejo Nacional de Operación de Gas Natural, amparado en lo previsto en el Decreto 2100 de 2011, artículo 21, decidió avanzar en un proyecto para evaluación del tema de intercambiabilidad de gases con el propósito de presentar propuesta para estudio y adopción por la CREG.

## 3. MARCO TEORICO.

### Definición y métodos para evaluación de Intercambiabilidad de gas (IG)

Una definición reciente de IG se establece en los siguientes términos del Natural Gas Council (NGC+, 2005):

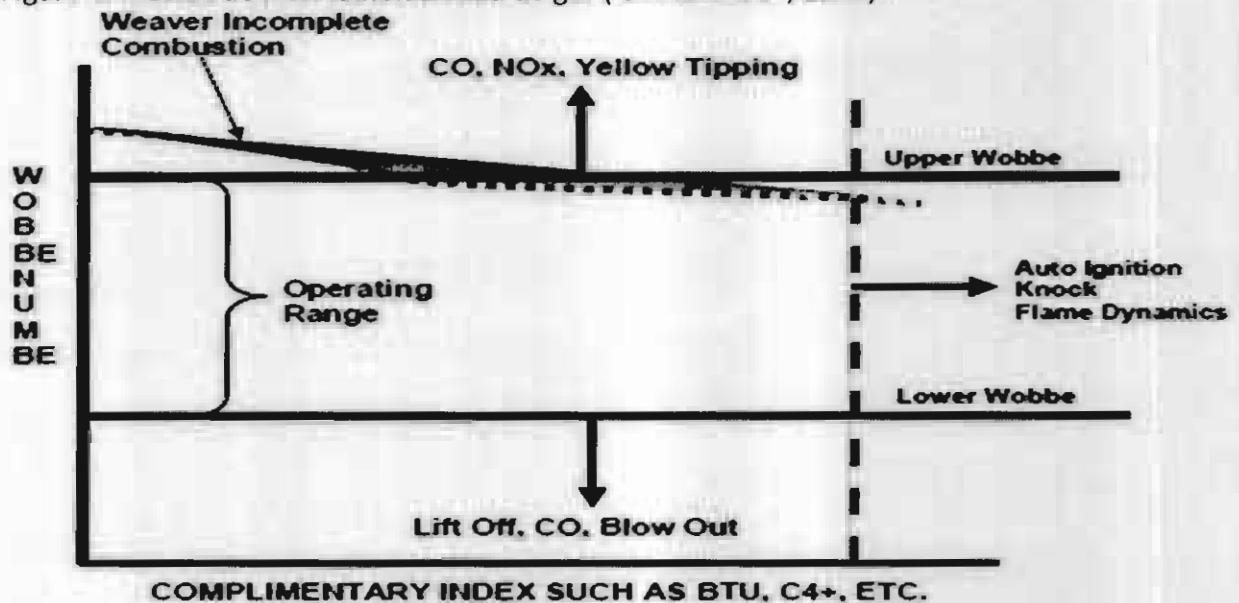
*"Habilidad para sustituir un combustible gaseoso por otro, en una aplicación de combustión, sin cambiar la seguridad operativa, la eficiencia y desempeño en términos del incremento de emisiones contaminantes"*

Cuando la composición del gas está por fuera de los límites aceptables, se pueden presentar los siguientes fenómenos (NGC+, 2005):

LV

- i) En gasodomésticos: formación de hollín, elevados niveles de monóxido de carbono y emisiones contaminantes, llama con puntas amarillas, desprendimiento de llama, retroceso de la llama, molestias en el encendido por extinción de los pilotos.
- ii) En máquinas reciprocantes: puede generar auto-ignición, afectar negativamente el desempeño de la máquina y reducir la vida útil de algunas partes de la máquina.
- iii) En turbinas de combustión: puede incrementar las emisiones, reducir la confiabilidad o disponibilidad y reducir la vida útil de partes de la máquina.
- iv) En calderas industriales, hornos y calentadores: degrada el desempeño, daña los equipos de transferencia de calor y dificulta cumplir los requerimientos de emisiones.

Figura 1. Efectos de intercambiabilidad de gas (fuente: NGC+, 2005)



Las características de un gas pueden variar significativamente cuando se mezclan gases de diferentes fuentes o regiones. Por tanto, las especificaciones para el IG hacen parte de los parámetros de calidad a definir para el gas natural, lo cual reviste gran importancia cuando hay mezcla de gases.

### Índice de Wobbe (IW)

**“Número de Wobbe:** Relación entre el poder calorífico (inferior o superior) de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa con respecto al aire, bajo las mismas condiciones de referencia”

Cada índice tiene sus propias limitaciones. La evaluación de IG a partir de las metodologías de índices múltiples es compleja y refleja resultados para un tipo específico de gasodoméstico. El índice de Wobbe (IW) no proporciona una caracterización detallada para la IG en todas las aplicaciones. Por ejemplo, para el caso de puntas de llama amarilla el IW no es suficiente. Así mismo, el IW no caracteriza muy bien la IG cuando la composición del gas cambia

significativamente. Este último efecto en el IW se puede mitigar estableciendo límites al poder calorífico del gas<sup>1</sup>.

En algunos casos se combina el IW con otros parámetros o límites a la composición del gas, en particular para equipos especiales. No obstante, el IW es ampliamente aceptado por la industria en el ámbito internacional pues se considera un parámetro robusto para medir la IG, simple y fácil de interpretar y de usar para mediciones de calidad del gas en línea en estaciones o plantas (Halchuck, 2003, citado en Documento CREG D-062 de 2008). La utilidad del IW radica en que para un orificio dado, todas las mezclas de gases que tengan el mismo IW producirán la misma cantidad de calor<sup>2</sup>. El IW se define como el cociente entre el poder calorífico (PC) del gas por unidad de volumen (Btu/pc, MJ/m<sup>3</sup>, etc.) y la raíz cuadrada de la gravedad específica (GE) del gas (ver ecuación 1)<sup>3</sup>. Generalmente se utiliza el poder calorífico superior aunque en algunos casos se usa el poder calorífico inferior del gas. En aplicaciones donde el gas o el aire es precalentado antes de la combustión, por ejemplo en las turbinas a gas modernas, se utiliza un IW modificado (IW<sub>mod</sub>). En este caso se usa el poder calorífico neto o inferior (LHV) y la temperatura del gas (T<sub>gas</sub> en °R) en la boquilla de entrada del combustible (ver ecuación 2). El IW<sub>mod</sub> corrige el efecto que tiene la temperatura del combustible antes de la combustión (i.e. al salir de la boquilla del equipo).

$$\text{Ecuación 1: } IW = \frac{PC}{\sqrt{GE}}$$

$$\text{Ecuación 2: } IW = \frac{LHV}{\sqrt{GE \cdot T_{gas}}}$$

En general, la definición de IG dependerá del tipo de quemadores que tengan los usuarios. Así mismo, los equipos de tecnologías modernas son más sensibles a una variación en la composición del gas. Debe tenerse en cuenta que los gases combustibles se han caracterizado en tres familias: i) gases manufacturados; ii) gases naturales y; iii) gases licuados. El gas natural pertenece a la segunda familia la cual se subdivide en grupos H, L y E con un índice de Wobbe entre 39,1 MJ/m<sup>3</sup> y 54,8 MJ/m<sup>3</sup>. Para cada grupo se define su propio rango del índice de Wobbe (e.g. 45,7 MJ/m<sup>3</sup> y 54,7 MJ/m<sup>3</sup> para el grupo H). Así, los índices para medir el IG tendrán diferentes valores según la familia de que se trate, según lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC-2832-1.

### Variación en el índice de Wobbe para diferentes fuentes de suministro

Como se indicó anteriormente, la IG reviste gran importancia cuando se presenta mezcla de gases en un sistema. Así mismo, el IW es aceptado por la industria del gas natural en el ámbito internacional como un índice adecuado y práctico para caracterizar el intercambio de gases.

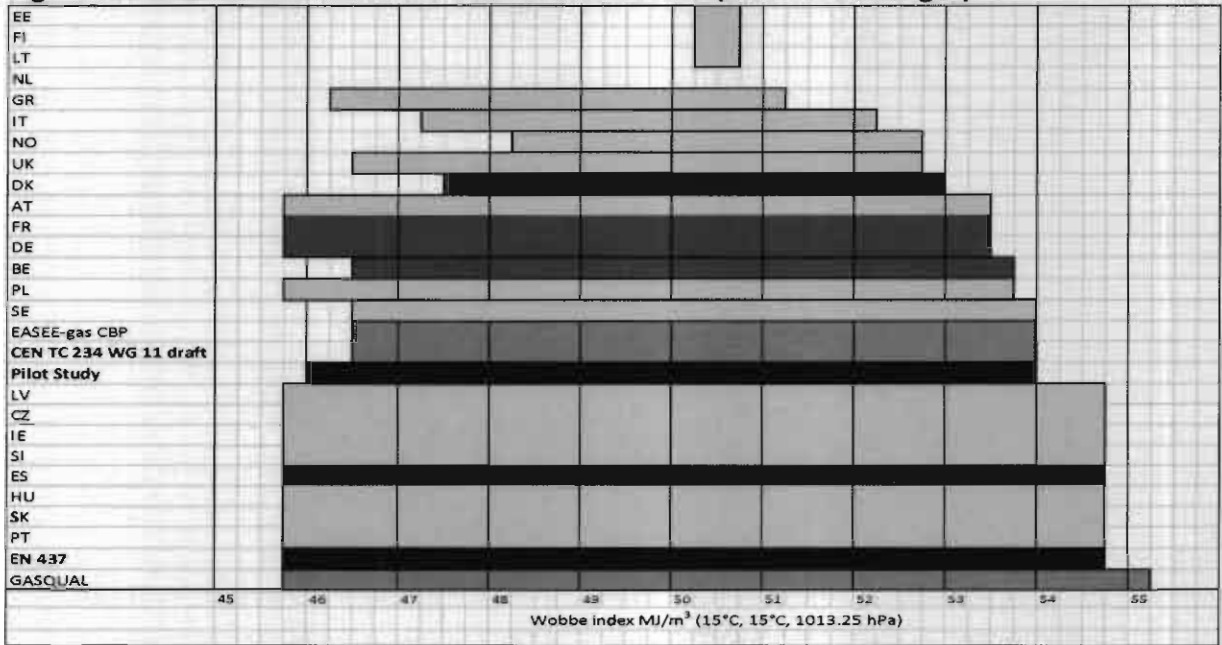
En la siguiente figura se muestra un panorama de variación en el índice de Wobbe para diferentes fuentes de suministro de GNL a nivel internacional.

<sup>1</sup> Nótese que en el RUT se establece el mínimo y máximo poder calorífico del gas para inyectar al SNT.

<sup>2</sup> El IW para el metano puro es de 1363 BTU/PC.

<sup>3</sup> La 'gravedad específica' se define como la relación entre la densidad del gas y la densidad del aire, ambas medidas en iguales condiciones de presión y temperatura.

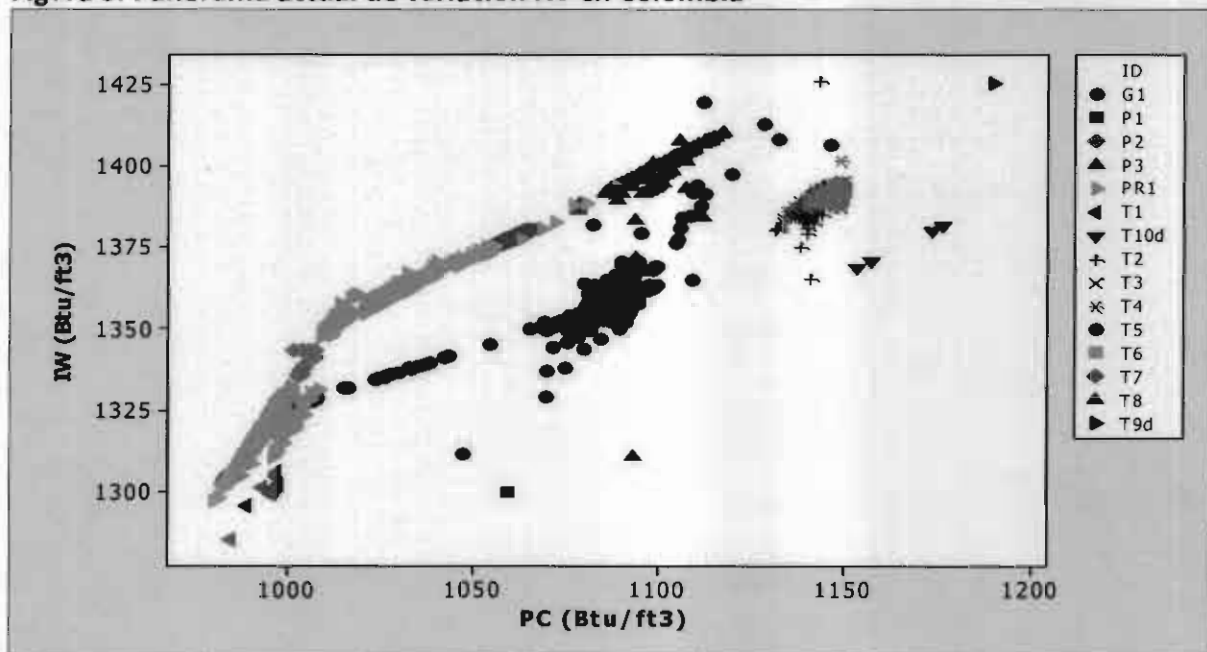
**Figura 2. Índice de Wobbe diferentes fuentes de GNL (Fuente: Marcogaz)**



Teniendo en cuenta la amplitud de los rangos de IW en las fuentes de suministro, se realizó una evaluación particular de la variación del IW en el caso colombiano, para lo cual se tuvo en cuenta el análisis de 15 fuentes diferentes de suministro conectadas al SNT y gasoductos dedicados.

En la figura 3 se observa el panorama actual de variación en el IW para el caso colombiano.

**Figura 3. Panorama actual de variación IW en Colombia**



*Handwritten signature or initials.*

Los puntos de entrada que presentan valores de PC por encima de 1150 Btu/ft<sup>3</sup>, corresponden a composiciones de gas asociadas a gasoductos dedicados, una entrada y una salida, los cuales operan por fuera de especificaciones de gas por acuerdo entre las partes.

### Límites de IW aplicables al caso Colombiano

Cuando se definieron los estándares de calidad para la prestación del servicio de distribución de gas combustible por redes se planteó la posibilidad de establecer el IW en el RUT (Ver CREG, 2003). Lo anterior por tratarse de un parámetro que, de acuerdo con la práctica internacional, se ajusta antes de inyectar el gas al sistema de transporte. En su momento CCC-Divisa, 2002 citado en Documento CREG D-062 de 2008) propuso un rango entre 45,7 MJ/m<sup>3</sup> (1226,6 Btu/ft<sup>3</sup>) a 54,7 MJ/m<sup>3</sup> (1468,1 Btu/ft<sup>3</sup>) para el IW en Colombia, estimado a condiciones estándar y con el poder calorífico superior (Btu/ft<sup>3</sup>).

En 2004 el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo adoptó el Reglamento Técnico 1023 para gasodomésticos (i.e. cocinas, hornos, calentadores de agua de paso continuo, calentadores de agua tipo acumulador)<sup>12</sup>. En este Reglamento se indica que el gas natural que se comercializa en Colombia pertenece al Grupo H de la Segunda Familia cuyo rango de IW está entre 45,7 MJ/m<sup>3</sup> (1226,6 Btu/ft<sup>3</sup>) a 54,7 MJ/m<sup>3</sup> (1468,1 Btu/ft<sup>3</sup>), en el poder calorífico superior y a 15 °C y 1013,25 mbar. Cabe anotar que este rango es el mismo que indicó el Ministerio de Desarrollo en la Resolución 0321 de 2002.

Cabe anotar que el rango de IW indicado en la Reglamento Técnico para gasodomésticos, el cual es igual a aquel propuesto por CCC-Divisa (2002), corresponde al máximo rango para los gases del grupo H de la segunda familia. Este rango representa una variación de  $\pm 9\%$  con respecto al valor medio del mismo rango. La experiencia internacional señalada en este documento (e.g. Argentina, UK, USA) indica que la variación aceptable del IW, en países con un importante parque de generación térmica a gas, es de  $\pm 4\%$  al  $\pm 5\%$ .

Teniendo en cuenta los diferentes rangos de IW mencionados anteriormente, se realizó un análisis del riesgo potencial, desde el punto de vista estadístico, con respecto al incumplimiento de IW por parte de las fuentes de suministro en Colombia; a partir de lo cual se definió como  $\pm 5\%$  el rango más apropiado para el límite de control en el IW. En la siguiente tabla se presenta un resumen de las fuentes evaluadas y los riesgos obtenidos por incumplimiento, tanto para el límite superior como inferior.

**Tabla 1. Riesgo de incumplimiento IW**

ID de la fuente de suministro	Valor medio de IW	Desviación estándar de la muestra	Riesgo de incumplimiento para el límite inferior (%)	Riesgo de incumplimiento para el límite superior (%)
P1	1377,64	3,00	0,0000	0,0000
P2	1342,83	2,03	0,0000	0,0000
T1	1300,96	1,36	0,0000	0,0000
T2	1387,94	3,56	0,0000	0,0000

2/

T3	1391,22	1,42	0,0000	0,0000
T4	1391,27	1,41	0,0000	0,0000
T5	1360,08	12,16	0,0000	0,0004
P3	1396,17	2,24	0,0000	0,0000
G1	1352,85	12,67	0,0000	0,0001
T6	1326,77	0,28	0,0000	0,0000
PR1	1339,42	14,89	0,0033	0,0000
T7	1303,91	0,39	0,0000	0,0000
T8	1398,49	7,19	0,0000	1,2152(a)
T9d	1425,37971	0,001	0,0000	100,0000 (b)
T10d	1375,50394	6,62	0,0000	0,0000

- a. El riesgo de 1,21% de incumplimiento en el límite superior para la fuente de suministro T8 corresponde a 15 minutos de IW por fuera de especificación durante un día (1440 minutos).
- b. El riesgo del 100% para el incumplimiento de la fuente T9d corresponde a un fuente de suministro en un gasoducto dedicado.

De manera general, el riesgo más alto de incumplimiento, con excepción de los dos valores mencionados anteriormente, es equivalente aproximadamente a 15 minutos de IW por fuera de especificaciones en un año de operación.

#### 4. ALCANCE DE LA PROPUESTA

La propuesta de modificación al RUT contempla los siguientes aspectos:

- Adoptar el IW como parámetro para verificar la IG y adoptar el intervalo de variación aplicable para el control de IW.
- Definir los métodos de cálculo válidos para el registro de IW por parte de los agentes.
- Establecer la responsabilidad en el monitoreo del IW y mecanismos para su almacenamiento y verificación.
- Considerar el periodo de transición para la aplicación de IW que permita el desarrollo de trabajos futuros para complementar IG.

#### Intervalo de variación aplicable para el control de IW

De acuerdo con el panorama de variación del IW y el análisis de riesgo de incumplimiento realizado para las fuentes de suministro en Colombia, se propone que la variación aplicable al índice de Wobbe debe ser de  $\pm 5\%$ , lo cual es equivalente a los siguientes límites:

Límite superior: 1414,7 Btu/ft<sup>3</sup>

Límite inferior: 1280,0 Btu/ft<sup>3</sup>

Métodos de cálculos del IW.





Las variables requeridas para estimar el IW (i.e. poder calorífico y gravedad específica) ya se miden en línea en los Puntos de Entrada al Sistema de Transporte, de acuerdo con lo establecido en el numeral 6.3.2 del RUT.

En consideración a lo anterior, el valor del IW será obtenido por la información registrada en el cromatógrafo asociado al Punto de Entrada al SNT correspondiente. Para el caso en que el cromatógrafo no disponga de la capacidad para registrar de manera directa el valor del IW, este se calculará con base en los registros de poder calorífico y gravedad específica para el período requerido, en el Punto de Entrada considerado, arrojados por el cromatógrafo.

**Formas de almacenamiento de la información.**

El IW deberá ser verificado por el transportador a través de la medición en tiempo real disponible para tal efecto, información que deberán registrar los equipos instalados por el productor, según lo establecido en el numeral 6.3 del RUT.

**Periodo de transición para aplicación de IW y trabajos futuros para complementar IG**

Se implementará una etapa de transición entre 2 y 3 años, durante la cual se realizarán los estudios y análisis complementarios para la validación de los rangos anteriormente establecidos, a fin de asegurar que los límites aceptables finales permitan la operación de los sistemas de transporte e infraestructura de los usuarios finales de manera segura, así como la evaluar la pertinencia de incluir parámetros de intercambiabilidad de gas complementarios. Este último aspecto estará contenido dentro de la etapa de transición propuesta.

De manera esquemática, en la figura 4 se muestra el desarrollo de las etapas para definir de manera integral la intercambiabilidad de gas en Colombia. Considerando la aplicación inmediata del registro del IW (propuesta inicial), la evaluación de parámetros complementarios (etapa de transición) y la confirmación de las especificaciones definitivas para controlar la intercambiabilidad de gas en el país de forma segura y eficiente.

**Figura 4. Etapas de desarrollo para definir IG en Colombia**



La etapa de transición considerará la investigación documental de manera detallada y rigurosa, con la finalidad de obtener información relevante sobre la manera en que diferentes países han reglamentado sus límites de intercambiabilidad adaptándolos a las características propias que se han generado en cada país o región, incluyendo el análisis sobre los gases naturales disponibles, el tipo de equipos de uso común para consumo de gas natural, y en lo posible, la intercambiabilidad permitida en cada país, antes de que se diversificaran sus fuentes de gas natural.

## 5. PROPUESTA REGULATORIA.

ARTÍCULO 1o. DEFINICIONES. Adiciónese la siguiente definición al Numeral 1.1 del Anexo General de la Resolución CREG 071 de 1999:

“Número de Wobbe: Relación entre el poder calorífico (inferior o superior) de un gas por unidad de volumen y la raíz cuadrada de su densidad relativa con respecto al aire, bajo las mismas condiciones de referencia.”

ARTÍCULO 2o. Adiciónese al Artículo 2o. de la Resolución CREG 054 de 2007, el numeral 6.3.5, el cual quedará así:

### 6.3.5 Intercambiabilidad de gas

- a. El parámetro para verificar la intercambiabilidad de gases inyectados al Sistema Nacional de Transporte de Gas es el índice de Wobbe (IW), el cual deberá estar en el rango de 47.7 MJ/m<sup>3</sup> (1280,0 Btu/ft<sup>3</sup>) a 52.7 MJ/m<sup>3</sup> (1414,7 Btu/ft<sup>3</sup>), en el poder calorífico superior a Condiciones Estándar.
- b. La responsabilidad de inyectar el gas al sistema de transporte dentro del rango de IW establecido es del Productor-comercializador.
- c. La responsabilidad de verificar el cumplimiento del parámetro de IW será del Transportador. El IW deberá ser verificado por el transportador a través de la medición en tiempo real disponible para tal efecto, información que deberán registrar los equipos instalados por el productor, según lo establecido en el numeral 6.3 del RUT.
- d. El valor del IW será obtenido por la información registrada en el cromatógrafo asociado al Punto de Entrada al SNT correspondiente. Para el caso en que el cromatógrafo no disponga de la capacidad para registrar de manera directa el valor del IW, este se calculará con base en los registros de poder calorífico y gravedad específica para el período requerido, en el Punto de Entrada considerado, arrojados por el cromatógrafo.
- e. La implementación para el registro del IW será inmediata con al entrada en vigencia de la presente Resolución, por cuanto se dispone en la actualidad de la infraestructura de equipos requeridos para el cálculo/obtención del IW. En sitios en los cuales no se

dispone del equipo requerido, se aplicará el mecanismo referido en el literal d del presente capítulo.

ARTÍCULO 3o. PERÍODO DE TRANSICIÓN. A partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución, los Agentes dispondrán de veinticuatro (24) meses para cumplir con la especificación de IW establecida en la presente Resolución.

