

Determinación del contenido de helio en gas natural y gases de pozos petroleros

Miguel Parreño y Paulina Vicuña

Departamento de Ingeniería Química (DIQ)

miguel.parreno@epn.edu.ec

Resumen

El helio es un gas con múltiples aplicaciones debido a sus propiedades físicas que le dan características específicas, la demanda de helio aumenta en aproximadamente 3,6 % anual, las reservas se agotan rápidamente, por lo tanto es de particular interés encontrar nuevas fuentes de helio. Las principales reservas de helio comprobadas se encuentran en el gas natural y gas asociado, en concentraciones de hasta 7 %. En el Ecuador se producen aproximadamente 35 millones de pies cúbicos/día de gas natural y 127 millones de pies cúbicos/día de gas asociado. En el presente trabajo se determina el contenido de helio en el gas natural y gases de pozos petroleros, para establecer la posibilidad de su recuperación e industrialización. Se tomaron 9 muestras de gas natural y 50 muestras de gases de pozos petroleros de diferentes zonas geográficas, de acuerdo a los flujos de producción de gas. Mediante el análisis de cromatografía de gases se determinó el contenido de helio en las muestras tomadas. Se encontró que en el Campo Amistad la concentración de helio es 0,003 %. En los campos de la Cuenca Oriente se tiene una concentración mínima de 0,004 % en Shushufindi Central y una concentración máxima de 0,062 % en Capirón. Si se emplea un proceso con sistema de adsorbentes PSA para separar los componentes y se tiene una recuperación del proceso de 65 %, se obtendrían 1,89 miles de pies cúbicos de helio por día.

Palabras claves: Helio, gas natural, gas asociado, cromatografía de gases.

Abstract

Helium is a gas with a lot of applications for its physical properties which give it specific characteristics, the helium demand is increasing about 3,6 % by year, the actual reserves are being depleted rapidly, for this reason it's important to find new reserves, the main helium reserves are in the natural gas and associated gas reservoirs with concentrations until 7 %. Ecuador is a petroleum producer country, each day it produces about 35 million of feet cubic of natural gas and 172 million of feet cubic of associated gas. This work involves the identification of helium its concentrations in natural gas and associated gas samples to evaluate the possible industrialization. Were collected 9 samples of natural gas and 50 samples of associated gas where the gas flow production is considerable, and different geographic. The samples were analyzed by gases chromatography to establish the helium quantities. It was found that in Amistad Field the helium concentration is 0,003 %. At Cuenca Oriente the minimal concentration is 0,004 % in Shushufindi Central and the maximum concentration is 0,062 % in Capirón. If the purification process is a PSA system, the recovery will be 1,89 million of feet cubic per day.

Keywords: Helium, natural gas, associated gas, gas chromatography.

1 Introducción

El helio es un gas noble incoloro, inodoro e insaboro, no tóxico, no corrosivo, no combustible, no reactivo, de alta difusión molecular, baja viscosidad, alto potencial de ionización, no es soluble en agua y es buen conductor térmico; propiedades que le proporcionan características especiales y usos específicos.

Es el segundo elemento más abundante en el universo, en la atmósfera terrestre se encuentra en concentraciones de 5,2 ppm. Se genera en la litósfera en cantidades de aproximadamente 3000 toneladas por año como resultado de la desintegración radiactiva de minerales

de uranio y torio, se emiten partículas alfa, que se combinan con dos electrones formando átomos de helio [10].

El helio se difunde rápidamente en las capas de la Tierra llegando a la atmósfera, sin embargo se encuentra confinado en las reservas de gas natural y petróleo, junto con el gas de formación en concentraciones desde partes por millón hasta 7 %. Los principales países productores de helio son Estados Unidos y Algeria.

En la década del 2000 la demanda de helio ha crecido por sus múltiples aplicaciones, se estima que el consumo anual aumentará en aproximadamente el 3,6 % [13].

Para el año 2020 se espera que el consumo anual de helio sea de 8 billones de pies cúbicos, cantidad que los países productores no van a llegar a producir para satisfacer las necesidades del mercado. Las reservas comprobadas de helio van disminuyendo rápidamente. Por esta razón, es indiscutible la necesidad de encontrar nuevas reservas de helio (Cryogas International, 2007 - Jenkins, E-2000).

La producción de helio a partir de gas natural es económicamente rentable cuando su contenido es superior al 0,3 %. El proceso de obtención consiste de las siguientes etapas: recuperación, refinación, purificación, licuefacción y distribución. En la Figura 1 se presenta un esquema de la obtención de helio a partir de gas natural.

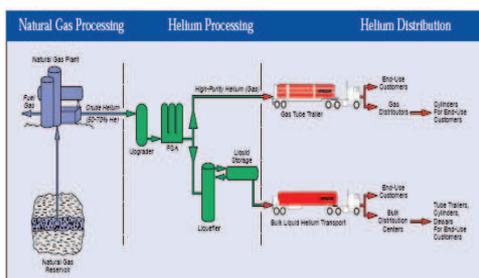


Figura 1. Diagrama de la recuperación, purificación, licuefacción y distribución del helio.

En La India se han realizado investigaciones para recuperar el helio de los gases de manantiales de agua y gas natural, con concentraciones muy bajas del orden de 0,04 % o menores, empleando el PSA (pressure swing adsorption), ya que el proceso convencional es criogénico y por lo tanto muy costoso y poco rentable con concentraciones bajas.

En la Figura 2 se presentan las importaciones de helio al país a partir del año 1990, el consumo anual es de aproximadamente 90 toneladas.

Los principales usos que tiene el helio son: fluido criogénico, gas presurizador, atmósferas controladas, gas portador en cromatografía de gases, gas para detección de fugas, mezclas de gases para respiración utilizadas en medicina y deportes, estudios atmosféricos entre otros.

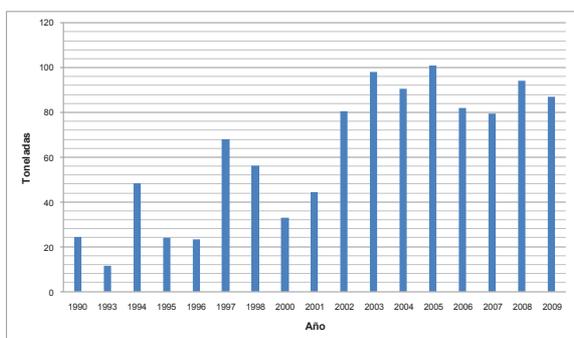


Figura 2. Importaciones de helio en los últimos 20 años. Fuente: Datos arancelarios - Banco Central del Ecuador.

En el país se producen diariamente 35 millones de pies cúbicos de gas natural que es destinado a la generación de energía eléctrica y, aproximadamente, 127 millones de pies cúbicos de gas asociado en la Cuenca Oriente; donde, el 53 % es quemado en las teas y el 47 % es utilizado en producción de gas licuado en el Complejo Industrial Shushufindi. En otros campos petroleros, solo una mínima cantidad se aprovecha en generación de energía y gas de reinyección.

No se dispone de información del contenido de helio en el gas natural y gas asociado producido que, con los flujos de producción, permita establecer la prefactibilidad de industrializar el gas para la obtención de helio.

2 Parte Experimental

2.1 Equipo

Para determinar el contenido de helio en las muestras de gas natural y gas asociado, se utilizó un Cromatógrafo de Gases Clarus 500 de Perkin Elmer, con una válvula automática de inyección de gases, un detector de conductividad térmica y una columna de 6 pies × 1/8 plg de ss, empacada con tamiz molecular 13X.

2.2 Muestreo

Las muestras de gas natural se tomaron en el campo Amistad, en el Bloque 3 ubicado costa afuera, a 65 km de la ciudad de Machala.

Las muestras de gases de pozos petroleros se tomaron en la Cuenca Oriente, considerando la ubicación geográfica y la producción de gas. En la figura 3 se presenta un mapa de la Cuenca Oriente con su división en corredores occidental, central y oriental.

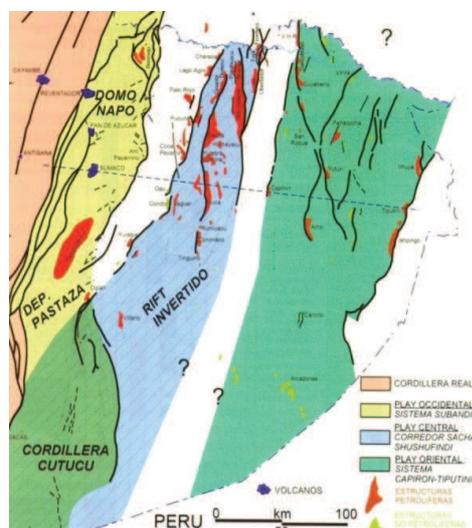


Figura 3. Mapa estructural con la Cuenca Oriente. Fuente:[2]

Se tomaron 59 muestras en los campos que se detallan en la Tabla 1.

A continuación se detallan los campos donde se tomaron las muestras:

- *Bermejo*: Bermejo Sur, Bermejo Norte y Rayo.
- *Libertador*: Shushuqui, Pichincha, Atacapi y Secoya.
- *Lago Agrío*: Guanta y Parahuaco.
- *Shushufindi*: Shushufindi Norte, Shushufindi Sur, Shushufindi Central y Aguarico.
- *Bloque 18*: Palo Azul.
- *Auca*: Auca Sur, Auca Central y Yuca.
- *Cuyabeno*: Cuyabeno y Víctor Hugo Ruales.
- *Bloque 16*: Amo, Daimi, Iro, Ginta, Tivacuno y Capirón.

Bloques Petroleros	No de muestras
Amistad	9
Bermejo	11
Libertador	5
Lago Agrío	3
Shushufindi	5
Auca	6
Bloque 18	9
Cuyabeno	4
Bloque 16	7
TOTAL	59

Tabla 1. Muestras tomadas en los bloques petroleros seleccionados.

Para la toma de muestras se usaron envases de acero inoxidable y se escogieron como sitios de muestreo los separadores de producción o los cabezales de los pozos. En la Figura 4 se puede observar la instalación del cilindro para el muestreo.



Figura 4. Envases de muestras gaseosas - Muestreo en la línea de gas de un separador de fases.

Utilizando los acoples adecuados se procedió a tomar la muestra, purgando los condensados. Se anotaron, para cada muestra, las condiciones de presión, temperatura y flujos de producción.

2.3 Condiciones cromatográficas

Para establecer las condiciones óptimas en la determinación del contenido de helio, se tomó como referencia la Norma ASTM D 1945-3, "Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography" y la Norma ISO 6974:1984.

Se realizaron varias pruebas para optimizar la separación de los componentes de las muestras. Se probaron diferentes flujos de gas portador y temperaturas de operación en la columna cromatográfica.

El equipo se calibró con un estándar de helio y en base a la Norma ISO 6143:2007.

2.4 Cuantificación de helio

El contenido de helio en las muestras se estableció mediante cuantificación absoluta con un estándar y empleando la siguiente relación:

$$C_{He} = \frac{C_{St} \cdot A_m}{A_{St}} \quad (1)$$

donde,

C_{He} : Concentración de helio en la muestra

C_{St} : Concentración de helio en el estándar

A_m : Área del helio en el cromatograma de la muestra

A_{St} : Área del helio en el cromatograma del estándar.

3 Resultados

3.1 Condiciones cromatográficas

Las condiciones óptimas de operación cromatograficas se pueden observar en la Tabla 2.

En la Figura 5 se presenta la separación de helio, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, obtenidos en las condiciones óptimas de operación.

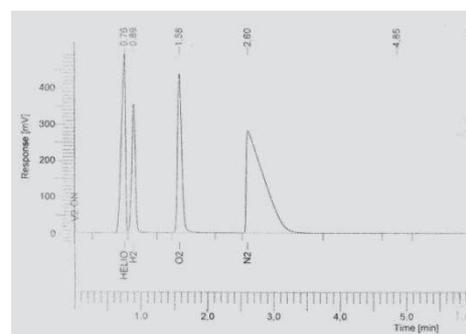


Figura 5. Separación de helio, hidrógeno, nitrógeno a las condiciones cromatográficas establecidas.

Gas portador	Argón	
Flujo del gas portador [ml/min]	15	
Temperatura del inyector [°C]	50	
Programación de temperatura en la columna	Temperatura inicial [°C]	30
	Razón de temperatura [°C/min]	30
	Temperatura final [°C]	200
Detector	Temperatura inicial [°C]	220
	Corriente [mA]	40
	Polaridad	-

Tabla 2. Condiciones óptimas de operación.

3.2 Contenido de helio

De acuerdo con los resultados obtenidos por cromatografía de gases realizados, se encontró la presencia de helio en el gas natural y gases de pozos petroleros. El contenido de helio promedio de los campos analizados se presenta en la Tabla 3.

Campo	% molar	Campo	% molar
Amistad	0,003	Yuca	0,008
Secoya	0,005	Shushufindi Central	0,004
Atacapi	0,005	Shushufindi Norte	0,005
Shushuqui	0,006	Shushufindi Sur	0,006
Pichincha	0,008	Guanta	0,010
Cuyabeno	0,008	Aguarico	0,005
VHR	0,008	Parahuaco	0,008
Bermejo Sur	0,010	Amo	0,03
Bermejo Norte	0,005	Daimi	0,045
Rayo	No se detecta	Ginta	0,048
Palo Azul	0,005	Capiron	0,062
Auca Sur	0,013	Tivacuno	0,04
Auca Central	0,007	Iro	0,035

Tabla 3. Contenido de helio en los campos petroleros.

Los campos petroleros con mayor contenido de helio son: Amo, Daimi, Ginta, Capirón, Tivacuno e Iro que

se encuentran en el Bloque 16. Este bloque está integrado por dos plantas: Planta de Facilidades Norte (NPF) y Planta de Facilidades Sur (SPF). En la Tabla 4 se resume el contenido de helio y flujos de producción en cada planta.

Planta	Campo	% molar	Producción [MPCD]
SPF	Amo	0,03	1217,42 [£]
	Daimi	0,045	941,81 [£]
	Ginta	0,048	646,71 [¥]
	Iro	0,035	2658,91 [£]
NPF	Capirón	0,062	740,11 [£]
	Tivacuno	0,04	1059,47 [£]

[£] Datos tomados del reporte de producción del Bloque 16
[¥] (Prieto, 2006)

Tabla 4. Contenido de helio y flujos de producción de gas en millones de pies cúbicos por día.

En la Tabla 5 se presenta el helio producido en cada planta del Bloque 16, en miles de pies cúbicos por día.

Planta	Campo	% molar	Producción [MPCD]
SPF	Amo	0,36	2,03
	Daimi	0,42	
	Ginta	0,31	
	Iro	0,93	
NPF	Capirón	0,46	0,88
	Tivacuno	0,42	

Tabla 5. Helio producido en cada campo en miles de pies cúbicos por día.

Para establecer los procesos de purificación para recuperar el helio, se determinó la composición en hidrocarburos que se presenta en la Tabla 6.

Los hidrocarburos pesados como pentanos, hexanos y heptanos son separados en los scrubbers que se encuentran instalados después de los separadores de producción.

Para recuperar el helio del gas asociado producido en el país, el proceso comprendería las siguientes etapas:

- Separación de dióxido de carbono.
- Separación de hidrocarburos pesados como butano, propano y etano.
- Separación de metano
- Separación de nitrógeno.

Comp.	SPF				NPF	
	Ginta	Daimi	Iro	Amo	Tivacuno	Capirón
N ₂	8,16	7,45	8	1,74	4,81	5,45
CH ₄	45,4	42,12	48,29	14,06	32,39	39,11
CO ₂	16,96	23,35	27,46	52,12	35,19	14,73
C ₂ H ₆	8,89	6,93	9,55	4,12	5	10,05
H ₂ O	2,12	2,92	0	3,67	1,47	0,06
C ₃ H ₈	9,92	8,24	0,11	11,17	10,78	15,61
i-C ₄ H ₁₀	1,95	1,71	2,12	2,29	1,71	2,44
n-C ₄ H ₁₀	3,27	3,27	2,73	5,19	4,3	6,61
i-C ₅ H ₁₂	1,13	1,29	1	1,81	1,37	1,9
n-5H ₁₂	0,95	1,25	0,68	1,79	1,38	1,95
C ₅ H ₁₂	0,07	0,09	0,06	0,13	0,11	0,14
i-C ₆ H ₁₄	0,47	0,59	0	0,71	0,47	0,77
n-6H ₁₄	0,43	0,53	0	0,81	0,68	0,8
C ₆ H ₁₄	0,04	0,04	0	0,04	0,05	0,08
i-C ₇ H ₁₆	0,19	0,17	0	0,26	0,24	0,3
n-C ₇ H ₁₆	0,02	0,02	0	0,06	0,04	0
C ₇ H ₁₆	0,02	0	0	0,02	0,02	0

Tabla 6. Composición en hidrocarburos de los campos del Bloque 16.

Si se asume una eficiencia del proceso de 65 %, se tendría una recuperación con una producción de 1,89 MPCD.

4 Conclusiones

- Se encontró la presencia de helio en el gas natural y gases asociados de pozos petroleros producidos en producción del país.
- La zona geográfica que presenta mayor contenido de helio es el sur del corredor oriental, específicamente el Bloque 16, que presenta una concentración mínima de promedio de 0,035 % en Iro y una concentración máxima de 0,062 en Capirón.
- Con los resultados obtenidos y el proceso de purificación de helio propuesto, se obtendría 1,89 MPCD.
- Se debe realizar un estudio técnico económico para establecer la factibilidad de industrialización de helio.

Referencias

- [1] Aldrich, L., & Nier, A., (1980). *The Occurrence of Helium in Natural Sources*. Phys. Rev, 1590.
- [2] Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragán, R. (2004). *La Cuenca Oriente Geología Y Petróleo*. En I. F. IFEA, I. I. Développement-, & Petroecuador, Quito, Ecuador, pp: 229-293.
- [3] Bánzer, C., (1996). *Correlaciones Numericas P.V.T.*. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- [4] Bidner, M., (2007). *Propiedades de la Roca y los Fluidos en Reservorios de Petróleo*. Eudeba, Buenos Aires, Argentina, pp:59-60;38-46).
- [5] Chang, R. (2002). *Química General*. México D.F., México, pp:153-187.
- [6] Cook, M., (1977). *Where is the Earth's Radigenic Helium*.
- [7] GARCÍA, L., & SCHERER, C. (1995). *Superflidez*. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/104/htm/liquidos.htm> (Noviembre 2010)
- [8] Gruss, A. (2008). *Hot demand for cold products*. Linde Technology, Vol. 2008(01), 10.
- [9] Kaplan, K. H. (2007). *Helium shortage hampers research*.
- [10] LINDE AGA. (2009). *Natural Gas Processing Plants*. Engineering Division, Germany.

- [11] Messer World. (2009). *Helio el elemento especial*. Tarra-
gona. *carbon dioxide and C1 to C8 hydrocarbons using three
capillary columns*
- [12] N. K. Das, R. K. (2005). *The helium potential of India*. *Current Science*, Vol. 88, No. 12, 1883.
- [13] National Research Council , (2010). *Selling the Na-
tions Helium Reserve*. National Reasearch Council,
Washington, Estados Unidos.
- [14] Nisith K. Das, H. C., (2008). *Purification of helium
from natural gas by pressure swing adsorption*. *Current
Science*, Vol. 95, No. 12 , 1684.
- [15] Norma ASTM D 1945-3. *Standard Test Method for
Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography*.
- [16] Norma ISO 6974:1984. *Determination of composition
with defined uncertainty by gas chromatography - Part
6: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen,*
- [17] Norma ISO 6143:2007. *Análisis de gas. Métodos de
comparación para determinar y comprobar la composi-
ción de mezclas de gas para calibración*.
- [18] OLADE. (2010). *Informe de Estadísticas Energéticas
2010*. Quito, Ecuador.
- [19] Oliver, B., & Bradley, J. (1984). *Helium concentration
in the Earth's lower atmosphere*. *Geochimica et Cos-
mochimica*, Acta 48 (9): pp. 1759.
- [20] Praxair, (2002). *Helium: Supply is just the beginning*.
Praxair Technology Inc.
- [21] Skoog, D. (2001). *Principios de Análisis Instrumental*.
Mc Graw Hill, Madrid, España.