ARTICULO DE DIFUSION

TITULO: CAPTACION DEL GAS NATURAL PRODUCIDO EN UN CAMPO PETROLERO DEL ORIENTE ECUATORIANO PARA SU UTILIZACION COMO COMBUSTIBLE PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.

AUTOR: Rommel Alvarado Torres[1], Ricardo Gallegos Orta[2].

RESUMEN: El presente trabajo está encaminado a determinar la posibilidad de aprovechar el gas natural que se produce conjuntamente con el petróleo y que se quema sin beneficio alguno en los mecheros de la estación de producción del Campo Guanta, el cual pertenece a PETROECUADOR, operado actualmente por su filial PETROPRODUCCION.

La finalidad de aprovechar este gas es con el propósito de disminuir la contaminación ambiental y a su vez abaratar los costos de generación eléctrica usándolo como combustible sustituto del diesel en las turbinas Ruston de propiedad de PETROPRODUCCION, ubicadas en la estación central del Campo Lago Agrio, a 24 Km de la estación de producción del Campo Guanta.

Para la realización de este estudio, se empieza analizando la factibilidad de utilización del gas natural como combustible, señalando sus ventajas y desventajas. Luego, se especifica su composición química y se determinan las principales propiedades físicas que permiten su caracterización. Después se calcula la potencia de compresión requerida y se diseña un gasoducto adecuado para conducir el gas hasta el centro de generación eléctrica a las mejores condiciones para la correcta operación de las turbinas. Finalmente, se realiza un análisis económico, donde se estima el monto de la inversión necesaria para llevar a cabo este proyecto y se establece el tiempo de recuperación de la misma.

[1] Egresado de Ingeniería de Petróleos, 2002.
[2] Director de Tesis, Ingeniero de Petróleo, Universidad del Zulia, Venezuela, 1972. Master en Ingeniería de Petróleos, Universidad de Wyoming, USA, 1979. Profesor de la ESPOL desde 1973.

INTRODUCCION: Desde el inicio de las actividades de la industria petrolera en Ecuador, los esfuerzos exploratorios han sido orientados principalmente a la localización y producción de petróleo; sin embargo, la mayor parte de los yacimientos descubiertos en el tiempo transcurrido son del tipo de gas en solución, haciéndose por lo tanto necesaria la producción conjunta del petróleo y gas almacenado en los mismos. Como consecuencia de esta situación y debido a que una buena parte del gas así producido no ha encontrado utilización, se ha venido quemando en los mecheros de las diferentes áreas productoras.

Con la finalidad de que se aproveche en su totalidad el gas natural que se produce en los campos de petróleo mas pequeños que opera el Estado, en este proyecto de tesis se presenta como la alternativa más práctica, el estudio para la captación y transporte del gas asociado a la explotación de crudo del Campo Guanta para su posterior utilización como combustible para la generación de energía eléctrica por medio de las turbinas Ruston que PETROPRODUCCION posee en Lago Agrio.

El Campo Guanta fue descubierto por el Consorcio CEPE – TEXACO y su incorporación a la producción nacional fue a fines de 1984. La manifestación de hidrocarburos se presenta en cuatro zonas, siendo los principales reservorios los niveles arenosos de " U " inferior y " T " principal, en segundo orden las areniscas de Hollín y Basal Tena. Se encuentra localizado en la Provincia de Sucumbios al Norte de la Cuenca Oriental Napo, al Sureste del Campo Lago Agrio, aproximadamente a 200 Km de Quito en línea recta. Se enmarca en las siguientes coordenadas geográficas: Longitud, 76° 45´ 50.98" Oeste; Latitud, 00° 01´ 52.489" Norte.

1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE EJECUCION DEL PROYECTO.

La elaboración de cualquier proyecto que involucre inversión de capital requiere del análisis previo de varios factores. Además de la parte económica se debe analizar también la factibilidad ejecución del mismo, lo cual tiene que ver con la recopilación de información de carácter técnico que tenga relación con el proyecto para que ayude a identificar desde una panorámica más amplia situaciones que justifiquen o impidan concretar la idea.

Principales Usos del Gas Natural: Se lo puede aprovechar para darle una diversidad de utilidades, ya sea dentro de los mismos campos petroleros con fines operativos o a nivel industrial para la obtención de subproductos. En la actualidad tiene muchas aplicaciones entre las cuales podemos mencionar: Como sustancia combustible, para el funcionamiento de equipos estacionarios (compresores, generadores, etc.), generación de energía eléctrica por medio de turbinas a gas; para su empleo como materia prima en la industria petroquímica, para la obtención de numerosos productos.

El Gas Natural Como Combustible: Compite con todas las demás formas de energía, a las que puede reemplazar en casi el 80 % de sus usos. Sus excelentes cualidades lo han categorizado como el mejor de los combustibles por las siguientes razones: Su combustión es completamente limpia y no deteriora el ambiente; a diferencia de los combustibles sólidos y líquidos, el gas natural permite obtener altas eficiencias de combustión; no contiene azufre, situación que es conveniente ya que no causa problemas de corrosión.

Necesidades Actuales y Futuras de Energía Eléctrica en PETROPRODUCCION: La capacidad instalada de generación eléctrica con que cuenta PETROPRODUCCION en estos momentos es insuficiente, por lo que no logra satisfacer todas sus necesidades. Actualmente, las perspectivas de generación eléctrica en esta filial son bastante grandes:

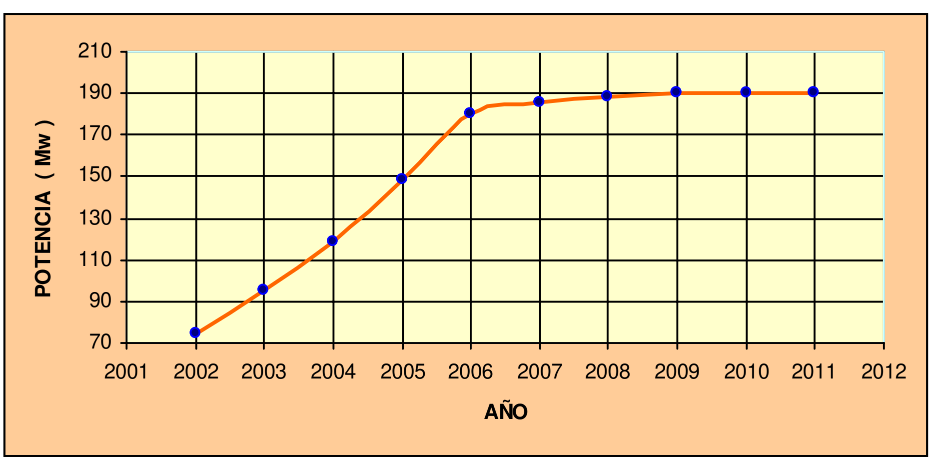

FIGURA 1. PROYECCION DEL CONSUMO DE POTENCIA ELECTRICA EN PETROPRODUCCION.

Historia de Producción de Gas Natural Asociado de Guanta y sus Proyecciones Futuras: Para el caso particular del Campo Guanta, historial según se indica en la

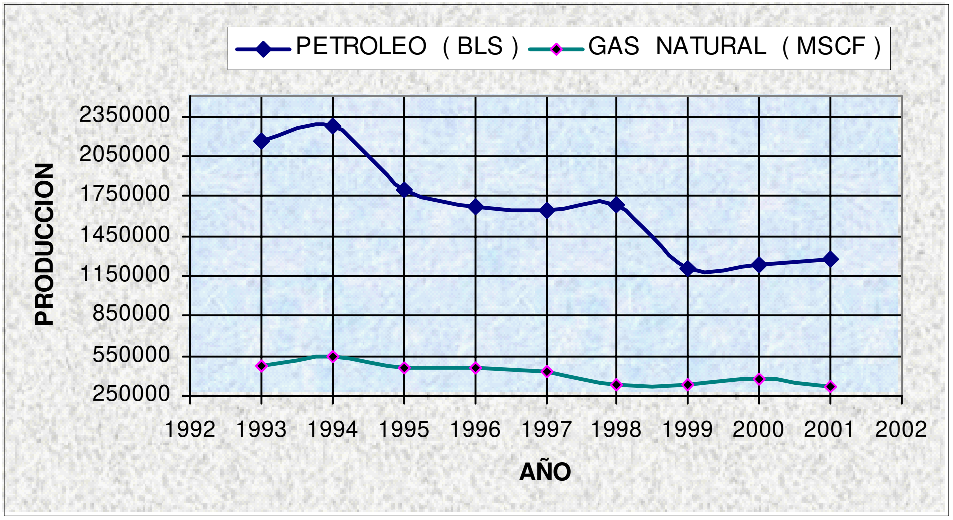

FIGURA 2. HISTORIA DE PRODUCCION DEL CAMPO GUANTA.

Las reservas remanentes se ubican en 6461.7 MMSCF de gas natural y 17677350 BLS de crudo con una producción acumulada de 28660400 BLS. Actualmente, casi todos los pozos del Campo están produciendo, las condiciones y potencial de cada uno de ellos constan en la siguiente tabla:

TABLA I

PRODUCCION ACTUAL DE PETROLEO Y GAS NATURAL DEL CAMPO GUANTA

POZO	ARENA	PETROLEO (BPD)	GAS (MSCFPD)	GOR (SCF / STB)	CONDICION DEL POZO
GTA - 01	U	591	212	359	PRODUCTOR
GTA - 02	U	340	158	465	PRODUCTOR
GTA - 03	Hollín	1023	27	27	PRODUCTOR
GTA - 04	T	550	103	187	PRODUCTOR
GTA - 05	U + B.T.	153	135	882	PRODUCTOR
GTA - 06	U + B.T.	211	33	156	PRODUCTOR
GTA - 08	B.T.	133	23	173	E.W.O
GTA - 09	B.T.	162	27	167	PRODUCTOR
GTA - 10	U	274	141	515	PRODUCTOR
GTA - 11	U	248	29	117	PRODUCTOR
GTA - 12	U + T	203	28	138	PRODUCTOR
GTA - 15	$H_{Sup.}$	630	36	57	PRODUCTOR
TOTAL		**4518**	**952**	**211**	

FUENTE: PETROPRODUCCION.
NOTA: Producción reportada el 23 DE MAYO DE 2002.

Beneficios que se Obtienen del Aprovechamiento del Gas Natural: En PETROPRODUCCION, el aprovechamiento del gas natural del Campo Guanta otorga varios beneficios, tales como: Reducción de costos por concepto de adquisición de combustible en la Central de Generación Eléctrica; reducción de la contaminación del aire y cambios climáticos; disminución de la rapidez de agotamiento de los recursos hidrocarburíferos no renovables que posee el país; se prescinde de tanques de almacenamiento, filtros, equipo de bombeo y la dedicación constante del personal de planta encargado de la recepción del combustible.

2. PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DEL GAS NATURAL QUE SE PRODUCE EN GUANTA.

De la misma manera que el petróleo, el gas natural se origina por la descomposición de materias orgánicas y puede ocurrir como tal ya sea asociado con yacimientos de petróleo, en yacimientos de gas condensado o, en yacimientos de gas libre; siendo esta última la forma más común de encontrarlo en el mundo. Dependiendo de estos modos de ocurrencia y de la posición geográfica del país de procedencia, los elementos que lo conforman y el porcentaje en que intervienen varían muy ampliamente.

TABLA II

CROMATOGRAFIA DEL GAS NATURAL DEL CAMPO GUANTA

COMPONENTE	PORCENTAJE MOLAR (%)
Dióxido de Carbono (CO_2)	4.795
Nitrógeno (N_2)	1.511
Metano (CH_4)	68.607
Etano (C_2H_6)	13.719
Propano (C_3H_8)	6.387
Iso Butano (iC_4H_{10})	1.258
Normal Butano (nC_4H_{10})	2.134
Iso Pentano (iC_5H_{12})	0.667
Normal Pentano (nC_5H_{12})	0.484
Hexano (C_6H_{14})	0.438
Heptano (C_7H_{16})	0.0
TOTAL	**100**

FUENTE: Ingeniería de Petróleos, Lago Agrio, PETROPRODUCCION.
NOTA: Gas que sale de los separadores. Realizada en Abril de 1999.

Las principales propiedades que permiten caracterizar al gas natural producido en el Campo Guanta se detallan a continuación: Gravedad Específica (γ_g): 0.817; Poder Calorífico Neto (PCN): 1157.47 BTU / SCF; Calor Específico Molar a Presión Constante 100 °F, (MC_p): 10.72 BTU/mol - °R; Calor Específico Molar a Volumen Constante 100 °F, (MC_V): 8.73 BTU/mol - °R; Contenido Líquido o Riqueza (GPM): 3.45 galones / MSCF; Temperatura Seudocrítica ($_ST_C$): 422.73 °R;Presión Seudocrítica ($_SP_C$): 682.32 psia.

Los contaminantes presentes en el gas deben ser eliminados, o por lo menos, mantenidos por debajo de ciertos niveles de concentración recomendados con el fin de cumplir con las normas de calidad establecidas tanto por organismos internacionales de manejo de gas como por los fabricantes de las turbinas.

TABLA III

CARACTERISTICAS DEL GAS NATURAL PARA UN CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LAS TURBINAS

CARACTERISTICA	CANTIDAD
Poder Calorífico Bruto	950 – 1250 BTU / SCF
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	Máximo 3 % en Volumen
Dióxido de Carbono (CO_2)	Máximo 5 % en Volumen
Sodio (Na)	Máximo 1 PPM
Agua (H_2O)	0 %
Hidrocarburos y Contaminantes Sólidos	Máximo 20 PPM

3. DISEÑO DEL GASODUCTO.

Cuantificado la producción de gas natural del Campo Guanta y realizada su caracterización a través de la determinación de sus principales propiedades físicas y químicas, lo que toca ahora es diseñar las instalaciones necesarias que permitan la correcta captación, compresión, transporte y distribución del gas en el Centro de Generación de Energía Eléctrica de Lago Agrio.

El Campo Guanta dispone de una carretera para su acceso desde Lago Agrio, y paralela a ésta pasa el oleoducto secundario Guanta – Lago Agrio. Lógicamente, para no tener que construir una nueva ruta, en este trabajo el gasoducto será dimensionado aprovechando dicha ruta, que es de 24 Km.

Para el Campo Guanta, en los separadores se tiene una presión y temperatura de operación de 20 psig y 100 °F respectivamente. Para un funcionamiento eficiente de las turbinas el gas natural debe ingresar a la misma a una presión de 240 psig y una temperatura de 90 °F. En este estudio, el gas captado en Guanta será transportado hasta la Estación Lago Norte donde será nuevamente comprimido de 16 psig hasta 300 psig, para luego llevarlo hasta el Centro de Generación Eléctrica.

Capacidad del Gasoducto: En la Estación de Producción del Campo Guanta la cantidad de gas natural disponible para ser transportado y usado como combustible en las turbinas Ruston de Lago Agrio es de 647 MSCFPD. Este valor no siempre va a ser constante y para evitar posibles problemas con el gasoducto por falta de capacidad de manejo de gas, es recomendable dimensionarlo asumiendo un porcentaje adicional a la cantidad real a transportar. Para nuestro caso, la capacidad máxima del gasoducto será:

$\mathbf{Q_{gasoducto} = 900\ MSCFPD}$

Cálculo del Diámetro y Espesor del Gasoducto: Para el cálculo del diámetro del gasoducto se aplica la ecuación de Weymouth, el espesor se calcula una vez especificado el diámetro interno:
Q_g = 900 000 SCFPD; P_1 = 160 psia; P_2 = 39.7 psia; Z_{avg} = 0.97; T = 560 °R; γ_g = 0.817 ; L = 17.39 millas; E = 0.90; **D_{int} = 3.874 pulg, e = 0.0194 pulg.**

La presión mínima a la cual se debe realizar la prueba hidrostática del gasoducto es: **P_{mp} = 270 psig**

Diseño del Sistema de Separación de Sólidos y Líquidos del Gas Natural: Desempeña un papel importante porque con él se garantiza que solo la fase gaseosa ingrese a la succión de las unidades de compresión y líneas de transmisión, protegiéndolas de daños y asegurando un buen funcionamiento. Los equipos disponibles para este fin son diversos, pero generalmente los más utilizados en la industria petrolera son los denominados scrubbers verticales. A continuación se presentan sus dimensiones para nuestro caso suponiendo partículas de líquido de 100 micrones de diámetro:

Q_g = 0.9 MMSCFPD; Q_L = 77.79 BPD; T_{OS} = 545 °R; P_{OS} = 34.7 psia; Petróleo: 30 °API; t_{RL} = 2 min; **d_s = 30.0 pulg; L_{CC} = 6.0 ft ; t = 0.211 pulg.**

Selección del Tipo de Tubería a Usar Según las Especificaciones API: La selección del tipo de tubería para la instalación de un gasoducto debe realizarse de tal modo que la calidad del material del cual está hecha la misma y sus características de construcción cumplan con los requerimientos mínimos del diseño efectuado:

Norma: API; Especificación: 5L; Grado: B; Designación: Estándar; Diámetro Nominal: 4 pulg; Diámetro Interno: 4.026 pulg; Espesor de Pared: 0.237 pulg; Proceso de Fabricación: Sin costura; Extremo: Plano (cortado a escuadra); Peso: 10.79 lb_m / ft; Material: Acero; Presión de prueba hidrostática: 2210 psig.

Cálculo de la Potencia Requerida en las Unidades de Compresión: El cálculo de la potencia de compresión se realizará a continuación en base a la selección de una unidad centrífuga por las siguientes razones: Se requiere una presión de compresión baja, la tasa de flujo de gas natural a comprimir es mediana, los costos por adquisición, operación y mantenimiento son bajos.

Q_{SC} = 0.9 MMSCFPD; P_S = 34.7 psia; P_d = 160 psia; T_S = 545 °R; Z_S = 0.99; R_C = 4.611; T_d = 794 °R; Z_d = 0.992; Z_{avg} = 0.991; K = 1.23; η_p = 0.76; n = 1.326; ε_{mec} = 0.90; **W = 113 HP.**

4. ANALISIS ECONOMICO.

Realizado el estudio de factibilidad, junto con el diseño y selección de los equipos necesarios para la captación y transporte del gas natural, el siguiente paso que tiene que llevarse a cabo es el relacionado con el análisis económico, el mismo que es fundamental para conseguir la fuente de financiamiento que permita la ejecución del proyecto.

Determinación del Precio del Gas Natural: Para este proyecto, el precio del gas natural que se capte en Guanta y se utilice en las turbinas Ruston, será estimado haciendo una equivalencia con el diesel en términos de costo y energía, ya que éste último es el combustible que se está reemplazando con el gas. Los datos requeridos son: PC_g = 1150 BTU / SCF, C_d = US$ 0.65 / gal, PC_d = 139620 BTU / gal. Los cálculos determinan el precio del gas natural en:

C_g = US$ 5.35 / MSCF

Volumen de Diesel que se Ahorra al Utilizar Gas Natural: La cantidad de gas natural aprovechable de la Estación Guanta asciende a 647 MSCFPD y su captación y utilización permitirá completar, con el gas que ya se está usando de la Estación Lago Norte, 1200 MSCFPD, con lo cual se podrá ahora operar la turbina TB # 01 sólo con gas y la TA # 01 solo con diesel, obteniéndose un ahorro neto de 4000 galones de diesel diarios.

Evaluación de Costos: Para el caso de captación de gas natural hay que evaluar básicamente lo siguiente: Costos de tubería, costos de compresión, costos de operación y mantenimiento y, costos de capital de inversión, los cuales se muestran en la tabla ….

TABLA IV

COSTOS DE TUBERIA Y COMPRESION

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US$)	COSTO TOTAL (US$)
Tubería, $\phi_{nom.}$ = 4”	91868 ft	4.96 / ft	455666
Instalación tubería	91868 ft	0.762 / ft	70004
Prueba hidrostática	91868 ft	0.20 / ft	18374
Protección catódica			45000
Scrubber, $\phi_{int.}$ = 30” Q_g = 900 MSCFPD L= 10 ft, P= 20 psig	1	7000	7000
Accesorios			15000
Compresor, P_d = 160 psia 113 HP, 900 MSCFPD	1	100000	100000
Instalación		35000	35000
Obras Civiles	120 m^2	100 / m^2	12000
SUB - TOTAL			**758044**
Imprevistos (10 %)			75805
TOTAL			**833849**

Para este estudio se estimará un costo anual de operación y mantenimiento igual al 3 % del costo total de tubería y compresión (tabla ….), es decir, US$ 25000. Para proyectos petroleros, los costos de capital son estimados comúnmente en un 10 % anual del dinero tomado como préstamo, de tal modo que éste valor se usará.

Recuperación de la Inversión: El dinero que se ha de invertir para la ejecución de cualquier proyecto tiene que ser recuperado para que éste sea considerado como rentable. Para saber en qué tiempo se va a recuperar el capital invertido, se debe hacer un balance entre los egresos y los ingresos involucrados en el mismo. Para nuestro caso, el tiempo de recuperación es: **T = 1.0 año.**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

El gas natural posee una excelente versatilidad en cuanto a su utilización, como combustible ofrece muchas ventajas sobre el petróleo principalmente por su naturaleza no contaminante.

Los beneficios que se obtienen del aprovechamiento del gas natural de Guanta y su utilización como combustible en las turbinas de Lago Agrio se ven reflejados principalmente en la reducción del costo del kilovatio – hora generado, reducción de la contaminación ambiental y en una mejor conservación de las turbinas.

El gas natural que se puede aprovechar del Campo Guanta asciende a 647 MSCFPD y su captación y utilización permitirá ahorrar 4000 galones de diesel diarios, o sea, US$ 949000 por año. Para la ejecución de este proyecto, la inversión económica que se debe realizar es de US$ 833849, la misma que será recuperada en un año después de entrar en funcionamiento.

Se recomienda realizar trabajos de mantenimiento periódicamente en el sistema de separación de sólidos y líquidos del gas natural con el propósito de evitar problemas operacionales tanto en el sistema de captación y transporte como en las unidades de generación eléctrica. Para aumentar la eficiencia de flujo de la línea de transmisión de gas, también se recomienda eliminar los líquidos condensados mediante drenados frecuentes en los puntos más bajos.

Se recomienda elaborar planes de contingencia para proporcionar a las comunidades aledañas una respuesta inmediata y eficiente ante las posibles emergencias que puedan suscitarse, tales como incendios originados por fugas de gas a partir de roturas accidentales de tuberías.

La producción de gas natural depende de la producción de petróleo, de modo que, para que el suministro de combustible a las turbinas sea continuo y suficiente, se recomienda mantener produciendo a todos los pozos, o por lo menos a los que producen la mayor cantidad de gas.

REFERENCIAS

1. ALVARADO ROMMEL, " Captación de Gas del Campo Guanta a Lago Agrio y su Utilización como Combustible para las Turbinas Ruston de Lago Agrio " (Tesis, Facultad de Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002).
2. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, API Especification for Line Pipe, Thirty First Edition, USA, March 1980.
3. ARAUJO BOLIVAR, " Diseño de un Gasoducto " (Tesis, Programa de Post Grado en Ingeniería de Gas Natural, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1984).
4. AREVALO GALO, Estudio Técnico Campo Guanta – Dureno, Formación Napo, Yacimientos U y T, Consorcio CEPE – TEXACO, Septiembre 1989.
5. BEGGS H, Gas Production Operation (OGCI Publications, Tulsa – Oklahoma, 1984).
6. CAMPBELL JOHN, Gas Conditioning and Processing (Volume 1, Campbell Petroleum Series, Seventh Edition, USA, July 1992).
7. PAZMIÑO JORGE, Sistemas Para Diseñar Instalaciones Superficiales de Producción (Tomo II, Primera Edición, 1993).
8. PETROSUCESOS, Organo Informativo de Petroecuador y sus Filiales, Agosto 2001.