



GNL EN MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA Y SUS APLICACIONES EN EL PERÚ

**R. Ramírez
(PER)**

Ph. D. Rosendo Ramírez Taza

Ph.D. Economics Fordham University NY USA. Ingeniero Electricista de la UNI, MBA USIL. Profesor del curso Microeconomía USMP y del curso de Economía del Gas Natural en el Curso de Extensión Universitaria del Osinergmin. Gerente General de MR Consulting Services S.A.C. y Negocios Globales Inteligentes S.A.C., donde es consultor en temas de Energía, Economía y Negocios, con investigaciones en mercados energéticos internacionales sobre seguridad energética, energía renovable, electricidad, eficiencia energética, pobreza energética y gas natural. Autor de publicaciones sobre regulación, energía, crecimiento y desarrollo económico. Experiencia Internacional en Consultoría sobre temas de crecimiento y desarrollo económico para UNDP Poverty Group NY, USA.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de Gas Natural en el Perú, expresado en la Nueva Matriz Energética Sostenible (NUMES) se tiene referencia a que la penetración del gas natural como fuente de energía en los diversas regiones del centro, norte y sur del país deben realizarse a partir de la focalización del suministro desde Camisea y con el tendido de redes de transporte por ductos. Ductos que conectan Camisea con el centro, norte y sur del país. No se considera la posibilidad de utilizar el transporte de GNL por vía marítima, así como tampoco se contempla la posibilidad de utilizar la tecnología de pequeña y mediana escala del GNL utilizando la reserva y producción de los campos del norte del país.

En el presente trabajo analizaremos la posibilidad de (i) utilizar plantas satélites de recepción del GNL en la costa peruana que pueden ser transportadas por vía marítima desde Pampa Melchorita, (ii) utilizar la mediana escala de producción del GNL instalando una pequeña planta de procesamiento para monetizar las reservas de gas natural del norte del país y (iii) la posibilidad de que la central termoeléctrica de reserva fría de 70 MW en Iquitos pueda generar electricidad con gas natural, por tener menor costo de producción que la generación eléctrica con diesel y/o residual. Por tanto, se analizarán las alternativas de suministro de GNL hacia Iquitos desde el mercado local e internacional.

II. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo de investigación es establecer las posibilidades de utilizar la tecnología de mediana y pequeña escala de la cadena del negocio del GNL en el Perú.

III. MARCO TEÓRICO

III.1 CADENA DE VALOR DEL GNL

1. Procesamiento de GNL (Licuefacción)

El gas natural es entregado como materia prima del campo de producción a la planta de procesamiento, donde se remueven las impurezas, el agua y los componentes pesados. El metano y etano, posteriormente, son licuados a -163°C , manteniendo la presión cercana a la presión atmosférica. Un ciclo básico de refrigeración consta básicamente de dos intercambiadores de calor, una válvula y un compresor.

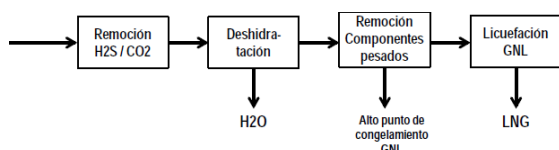


Figura 3.1. Diagrama de bloques de una planta de GNL típica

Luego de la licuefacción, el GNL es bombeado a un tanque criogénico para su almacenamiento. Los tanques criogénicos generalmente son de doble pared, con una pared exterior de concreto reforzado; entre ambas paredes existe aislamiento para evitar que el GNL se caliente con el medio ambiente.

2. Transporte de GNL

El GNL puede ser transportado por camión, tren y buque, éste último modo es el más utilizado debido a que permite transportar grandes cantidades de GNL a nivel mundial de manera económica.

Dentro de las características de los buques tanques de GNL, que hacen que sean más caros, están las siguientes:

- Doble casco como protección contra derrames.
- Tanques de almacenamiento criogénico para mantener la carga fría.
- Sistemas de captura de vapor, para remover de manera segura el metano.
- Sistema de monitoreo para asegurarse que la carga este segura.
- Sistema de propulsión.
- Equipo de carga y descarga.

3. Regasificación de GNL

En esta etapa el GNL es retornado a su estado original de gas natural a través de un cuidadoso calentamiento, luego es transportado a través de las redes de distribución hacia los consumidores finales. Generalmente las plantas de regasificación se encuentran en tierra, sin embargo existen instalaciones de regasificación mar adentro, en este caso el buque tanque incluye la capacidad de re-gasificar el GNL dentro del mismo.

Los principales pasos en el proceso de regasificación son: Descarga de GNL, almacenamiento de GNL, vaporización y entrega a la red de distribución.

III.2 MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA DE GNL EN JAPÓN Y NORUEGA

1. Licuefacción

Una de las formas de poder monetizar los campos de explotación de gas natural que no tienen demasiada reserva y poder establecer una cadena de distribución de GNL en escala convencional es la utilización de la mediana o pequeña tecnología de licuefacción. Algunos de los proyectos de pequeña escala que existen en el mundo procesan entre 60 y 1225 ton/día de GNL (0.021 y 0.4 mtpa de gas natural, respectivamente).

Actualmente, diversas publicaciones especializadas establecen que la tecnología de mediana y pequeña escala ha reducido el CAPEX de plantas de licuefacción de pequeña escala: Menores costos de infraestructura y alternativas tecnológicas. Algunos reportes establecen que los costos en pequeña escala están debajo de 600 US\$/tpa versus los 1000 US\$/tpa que es costo promedio para las plantas de licuefacción de GNL de escala convencional.

2. Transporte

Convencionalmente el transporte de GNL se ha efectuado en grandes buques metaneros que cubren distancias intercontinentales. Sin embargo, en los últimos años se han presentado cambios y nuevas alternativas que hacen factible transportar pequeños volúmenes de GNL con el uso de pequeños buques que pueden llevar el producto al cliente final. Los beneficios que se puede lograr con esta tecnología son: Rápida movilización, eficiencia en costos e inversión de capital e iniciativa del crecimiento de los mercados del gas natural.

En general la distribución de GNL en pequeña escala se realiza en zonas costeras. La distribución a pequeña escala utilizando buques metaneros muy pequeños ha sido empleada casi exclusivamente por Japón y Noruega.

Experiencia en Japón

En Japón se desarrolló el sistema de transporte secundario de GNL, donde empresas pequeñas de distribución de gas natural construyeron una red costera de distribución de GNL con pequeñas estaciones satelitales alimentadas con GNL. Estas estaciones son atendidas desde terminales más grandes localizadas en la costa de Japón y no directamente de los productores internacionales del GNL con el fin de llevar el gas a pequeñas comunidades locales de difícil acceso.

Para alimentar a las pequeñas plantas de regasificación, se construyeron varios buques metaneros dedicados de entre 1500 y 2500 m³ de capacidad.

Noruega – Caso Gasnor

Es una de las empresas pioneras en la distribución en pequeña escala de GNL, el cual se utiliza como combustible en las embarcaciones y en procesos industriales de Noruega. A través de una red de distribución costera ofrece el servicio de provisión de GNL.

En el 2011, las ventas de Gasnor fueron: 57% clientes industriales y 21% embarcaciones. En el caso de suministro de GNL para las embarcaciones, estas pueden ser atendidas en los terminales de GNL o a sitios específicos donde se encuentra las embarcaciones por medio de camiones o por pequeños barcos tanque. En la actualidad operan dos barcos tanque, de 1100 y 7500 m³ de GNL, 6 trailers de GNC, 16 trailers de GNL y 22 terminales de GNL.

3. Regasificación

En la siguiente tabla se presenta los terminales de GNL en pequeña escala que actualmente están en operación en Japón los cuales son atendidos desde terminales domésticos de GNL.

Nombre	Propietario	Cantidad anual de GNL (mtpa)	Almacenamiento a m ³ GNL	Operación
Hadokate Minato	Hokkaido Gas	0.056 (7.22 MMPCD GN)	5000	2006/2
Hachinohe	JX Nippon Oil & Energy	0.06 (7.73 MMPCD GN)	4500	2007/3
Okayama Gas Chikko	Okayama Gas	0.057 (7.35 MMPCD GN)	7000	2003/8
Shikoku Gas Takamatsu	Shikoku Gas	0.104 (13.41 MMPCD GN)	10000	2003/7
Shikoku Gas Matsuyama	Shikoku Gas	0.024 (3.094 MMPCD GN)	10000	2008/11
Kushiro	JX Nippon Oil & Energy	0.10 (12.89 MMPCD GN)	10000	2015/4

Tabla 3.1. Terminales satélites de GNL en la zona costera de Japón

A continuación se presenta las características de dos plantas satélites de GNL (Plantas Secundarias de GNL):

Hakodate Minato Plant

Tiene una capacidad de almacenamiento de 5000 m³ de GNL y una vaporización de 10 t/h con lo que puede atender 10.59 MMPCD. Es abastecido por un barco de 1000 toneladas de GNL que tiene una longitud de 89.2 m y ancho de 15.3m.

Hachinohe LNG Terminal

Se encuentra en operación desde el 2007 a cargo de Nippon Oil Corporation, tiene una capacidad de almacenamiento de 4500 m³ de GNL y una vaporización de 8 t/h con lo que puede atender 9.04 MMPCD.

IV. APLICACIÓN DE LA MEDIANA Y PEQUEÑA ESCALA DE GNL EN EL PERÚ

IV.1 PLANTAS SATÉLITES DE GNL EN LA COSTA PERUANA

Transporte de GNL desde Pampa Melchorita hacia planta satélite en la costa del Perú

En esta opción, se contempla el análisis de la factibilidad de poder llevar el GNL que se produce en pampa Melchorita hacia un punto en el litoral de la costa norte peruana.

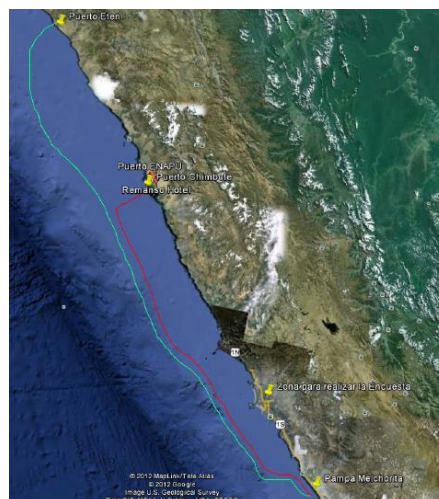


Figura 4.1 Trazado de ruta en la costa Peruana – Transporte de GNL

En este caso se necesita realizar inversiones adicionales para que el muelle de pampa Melchorita también pueda atender a embarcaciones más pequeñas. De la experiencia internacional revisada, se requiere instalaciones especiales que sirvan para el llenado del GNL a las embarcaciones de pequeña escala.

También en la logística de la cadena del GNL, se requiere utilizar el transporte de pequeña escala para transportar el GNL. Una opción es utilizar un barco de 20000 m³ o en un menor tamaño que podría ser 12000, 10000 ó 7500 m³ de GNL. La definición del tamaño es función del mercado potencial de GNL a atender de los costos que involucra utilizar una embarcación de menor tamaño pero con más viajes roundtrip versus utilizar un barco de mayor tamaño con menores viajes roundtrip.

Asimismo, se debe estimar el dimensionamiento de la planta satélite costera de GNL donde llegaran los envíos de GNL desde Pampa Melchorita. Es decir, se debe estimar los costos de almacenamiento del GNL, el costo del patio de embarque de los camiones de GNL para su posterior distribución. Finalmente, se debe considerar el costo del transporte del GNL por los camiones.

Transporte en barcos de 20000 m³ de GNL

De acuerdo a lo analizado en las secciones anteriores, no se tiene un mercado de alquiler de barcos de mediana ni pequeña escala, básicamente son emprendimientos que tienen como resultado la construcción de los barcos que cubren determinadas rutas para proyectos específicos. Por tanto, el estimado de los costos deberá ser el resultado ad-hoc de un proyecto para esta envergadura. Sin embargo, se tiene estimado de costos de otros estudios específicos que se muestran en las siguientes tablas:

	6000 m ³	12000 m ³	20000 m ³
Costo de transporte	1.9	1.2	0.9
Terminal – Bunker	2.0	2.0	2.0
Total US\$ - MMBTU	3.9	3.2	2.9

Tabla 4.1 Costo de transporte - Para una distancia de 760 millas náuticas (Zeebrugge – Rostock):

	20000 m ³	40000 m ³
Costo de transporte	1.6	1.0
Terminal – Bunker	2.0	2.0
Total US\$ - MMBTU	3.6	3.0

Tabla 4.2 Costo de transporte - Para una distancia de 2300 millas náuticas (Skikda – Hamburgo)

Otro estudio considera que el costo del transporte y el terminal puede ser de 5US\$/MMBTU para el transporte y terminal.

Por tanto, los costos relevantes para el caso Peruano, serían los correspondientes a la tabla 4.1, por lo que podríamos considerar un costo de transporte por vía marítima de 0.9 US\$/MMBTU desde Pampa Melchorita hasta un radio de acción de 760 millas náuticas, que como puede apreciarse cubre las distancias hasta Puerto Chimbote y Puerto Eten (tabla 4.3), tal como se aprecia en la siguiente tabla. Este caso corresponde a una embarcación de 20000 m³ de transporte de GNL.

Si se opta por una embarcación de 12000 m³ de GNL, el costo sería de 1.2US\$/MMBTU y si fuese un barco de 6000 m³ de GNL sería de 1.9US\$/MMBTU.

Ruta	Distancia (millas náuticas)
Pampa Melchorita – Puerto Eten	491
Pampa Melchorita – Puerto Chimbote	331

Tabla 4.3 Distancias desde Pampa Melchorita – Puertos Norte Perú

Terminal de GNL con almacenamiento de 20000 m³ de GNL

De acuerdo a la Tabla 4.1, el costo de un terminal flotante de 20000 m³ es de 2.0 US\$/MMBTU. En este caso, el movimiento de GNL es de 0.5 mtpa.

Por tanto, el costo del transporte y el terminal satélite de GNL está entre 2.9 – 3.9 US\$/MMBTU, asumiendo el lado más conservador sería de 4.0US\$/MMBTU.

Transporte por camiones y Estaciones satélites de clientes industriales

En un estudio sobre el uso del gas natural en Costa Rica, se estimó que el costo del transporte por camiones y las estaciones satélites para la regasificación estaban entre 0.91 – 1.25 US\$/MMBTU.

En dichos estimados se consideró una estación satelital con un tanque de almacenamiento de 60 m³ de GNL, con una capacidad máxima de suministro de 1.27 MMPCD. El costo de inversión fue de 592 000 US\$ y un costo de operación de 76 000 US\$ anuales, asimismo, se adicionó los costos del cambio de quemadores en 22 800 US\$ por quemador de 1 MMBTU/hr. Los costos de inversión del camión cisterna fueron de 290 000 US\$; que se compone de motor-chasis en 130 000 US\$ y el costo del tanque criogénico en 160 000 US\$.

Por tanto, el costo de la cadena del GNL desde Pampa Melchorita es de 5.25US\$/MMBTU, para obtener el precio final a usuario se tendría que adicionar los costos del GNL puestos en el buque en Pampa Melchorita.

IV.2 PEQUEÑA PLANTA DE PROCESAMIENTO EN EL NORTE DEL PAÍS

Planta de licuefacción de 0.1 mtpa de GNL en el norte del país

De acuerdo al libro de reservas del MEM, se tiene 1202.1 BCF de reservas totales probadas en los campos de gas natural en la costa norte y zócalo continental del país. Con estas reservas se podría pensar en monetizar esos campos a través de la venta de GNL a estaciones satelitales; que pueden ser clientes industriales o estaciones de servicio con GNV.

En la siguiente tabla se puede apreciar la producción de GNL que se podría obtener con las reservas probadas totales al 31 de diciembre de 2012, para los operadores BPZ, SAVIA y Olympic. Como puede apreciarse, para una operación de 15 años donde se termine con las reservas, tendríamos niveles de producción entre 0.14 y 0.92 mtpa de GNL. Se tiene conocimiento que el consumo de gas natural en el caso de BPZ estará

asociado a una planta de generación eléctrica, por lo que tendría poco margen para entrar en un negocio de licuefacción de GNL. En el caso de SAVIA, tiene reserva para poder entrar en un proyecto de licuefacción de 0.1 mtpa. Similarmente, el caso de Olympic que actualmente comercializa en gas natural en la zona de Paíta.

Operador	Reserva total probada Bcf	Años explotación reserva	Producción anual (15 años) Bcf/año	Producción de GNL mtpa
BPZ	195	15	13.0	0.28
SAVIA	95.5	15	6.4	0.14
Olympic	652	15	43.5	0.92

Tabla 4.4 Reserva total probada más importantes en la zona norte del país – Libro de Reservas 2011

Para una producción de 0.1 mtpa de GNL en un período de explotación de 15 años, se necesitaría de una reserva de 70.6 Bcf de gas natural.

Un tamaño de planta de licuefacción adecuado sería de 0.1 – 0.4 mtpa por 15 años. En ese escenario podría pensarse en un proyecto de SAVIA (0.1 mtpa) u Olympic (0.4 mtpa).

Planta de licuefacción menores a 0.4 mtpa de GNL en operación en el mundo

A continuación se presente algunos ejemplos de plantas de licuefacción en pequeña escala en operación a nivel mundial:

Planta de licuefacción de Kollsnes (Noruega)

Puede procesar 230 ton/día de GNL (0.084 mtpa) (10.82 MMPCD).

Planta de licuefacción de Stavenger (Noruega)

Con un procesamiento de 900 ton/día de GNL (0.3 mtpa) (42.36 MMPCD). Esta planta de licuefacción tiene un tanque de almacenamiento de 30000 m³ de GNL y puede abastecer a 10 camiones de 50 m³ de capacidad de transporte de GNL en 12 horas.

Planta de licuefacción de Shan Shan (China)

Puede procesar 1225 ton/día de GNL (0.4 mtpa) (61.77 MMPCD). La planta tiene un tanque de almacenamiento de 30000 m³ de GNL y abastece 100 camiones de 44 m³ de capacidad de transporte de GNL en 16 horas.

CAPEX de planta de licuefacción pequeña escala

De acuerdo a información de General Electric sobre las planta micro GNL, para una capacidad de licuefacción anual de 0.12 mtpa el ratio de inversión es de 750 US\$/tpa. Considerando una tasa de actualización del

10% en 15 años tendríamos un costo de inversión equivalente a 14.6 US\$/MMBTU.

IV.3 PLANTA DE IMPORTACIÓN DE GNL EN IQUITOS

El presente trabajo tiene por objeto analizar la posibilidad de que la central termoeléctrica de reserva fría de 70 MW en Iquitos pueda generar electricidad con gas natural, por tener menor costo de producción que la generación eléctrica con diesel y/o residual. Por tanto, se analizarán las alternativas de suministro de GNL hacia Iquitos desde el mercado local e internacional.

1. Suministro de GNL desde el Mercado Nacional

Para las alternativas del suministro de GNL desde el mercado nacional se considera las siguientes posibilidades:

- Instalar una planta de licuefacción en el norte del país próximo a la zona de producción de gas natural y llevar por vía terrestre el GNL hasta Yurimaguas y luego a través de barcas por el río Marañón hasta Iquitos.
- Instalar una planta de licuefacción en la zona de influencia del proyecto de Maple (Pucallpa), quien produce gas natural y utilizar el transporte por medio de barcas para llevar el GNL por el río Ucayali hasta Iquitos.
- Instalar una planta de licuefacción de GNL en la zona de Camisea y por el sistema fluvial transportar el GNL hasta Iquitos.

Las alternativas b) y c) mencionadas fueron estudiadas anteriormente para una planta termoeléctrica de 15 MW; estudio efectuado por el Osinergmin en el año 2007 (Análisis de la Alternativa de Suministro de Gas Natural a Iquitos para Generación Eléctrica). Una de las principales conclusiones de dicho estudio era que se podía transportar GNL desde Pucallpa hasta Iquitos para una central de generación de 15 MW y que se podía complementar con la producción de electricidad en base a la biomasa con una central termoeléctrica de 10 MW.

Sin embargo, en ese estudio no se analizó la posibilidad de llevar el GNL desde el norte del país por carretera hasta Yurimaguas y desde esa zona a través de barcas o chatas transportar el GNL en cilindros tanques el GNL en muy pequeña escala. Asimismo, tampoco se discutió la posibilidad de importar el GNL desde la planta de licuefacción en Point Fortin en Trinidad & Tobago y mediante el transporte marítimo y fluvial arribar a la ciudad de Iquitos. La contribución del presente estudio es en ese sentido, el estudio de la factibilidad

de utilizar la tecnología de mediana y pequeña escala del transporte marítimo y fluvial con las embarcaciones que actualmente operan en este contexto. Es necesario el análisis de este tipo de embarcaciones dada la envergadura de la demanda de consumo de gas natural de una central termoeléctrica de 70 MW.

2. Suministro de GNL desde el mercado internacional

La alternativa de transportar el GNL desde el exterior tiene como punto de suministro la planta de licuefacción de GNL en la zona atlántica; en este caso, la planta localizada en Point Fortín en Trinidad & Tobago, debido a que es el principal exportador de GNL en la zona y a su proximidad a Iquitos. Alternativamente, se podría transportar

GNL desde una planta de importación en Pecem Brasil.

Debido a las restricciones de calado para transportar por vía fluvial el GNL desde puntos dentro del país y por la cantidad de gas natural que se necesita para una planta termoeléctrica de 70 MW que debe operar en un período en régimen comercial; el presente estudio se focaliza en el suministro de GNL desde el exterior que puede ser complementado en el periodo de vaciante del río con un suministro de GNL local y/o con una generación local en base a biomasa (residuos forestales y residuos de la industria forestal) en Iquitos.

3. Navegabilidad del río Amazonas

En la siguiente tabla se presenta las características de los principales ríos que forman parte del río Amazonas.

NOMBRE DEL RÍO		LONGITUD RÍO (KM)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS(°)	COORDENADAS UTM (metros)
Río Ucayali	Inicio Pucallpa	1,247.50	Latitud S : 8.38°	Norte : 9073028.04
	Final Conf. Marañon		Longitud W : 74.51°	Este : 553477.64
			Latitud S : 4.44°	Norte : 9508558.69
			Longitud W : 73.45°	Este : 671714.57
Río Huallaga	Inicio Yurimaguas	220.00	Latitud S : 5.88°	Norte : 9349940.70
	Final Conf. Marañon		Longitud W : 76.10°	Este : 378229.89
			Latitud S : 5.09°	Norte : 9437360.31
			Longitud W : 75.56°	Este : 437929.14
Río Marañon	Inicio Saramiriza	646.00	Latitud S : 4.57°	Norte : 9494418.66
	Final Conf. Ucayali		Longitud W : 77.41°	Este : 232595.87
			Latitud S : 4.45°	Norte : 9508558.69
			Longitud W : 73.45°	Este : 671714.57
Río Amazonas	Inicio Conf. Ucayali	570.00	Latitud S : 4.44°	Norte : 9508558.69
	Final Santa Rosa		Longitud W : 73.45°	Este : 671714.57
			Latitud S : 4.25°	Norte : 9572183.17
			Longitud W : 69.95°	Este : 394523.40

Tabla 4.5 Características de los principales ríos de la Amazonía peruana
Fuente: DGTA, MTC 2007

Los ríos navegables de la Amazonia peruana presentan obstáculos que limitan la navegación de las embarcaciones de calados superiores a los 1.83 m en la temporada de vaciante donde los niveles de los ríos disminuyen entre 7 y 12 m. Los obstáculos generalmente son los bancos de arena, las islas, las palizadas, los cambios de curso que influyen directamente en el cambio del canal de navegación (MTC, 2007).

Las restricciones más importantes a la navegación son:

- Las palizadas: Se observa en temporadas de crecida donde los troncos, árboles y arbustos navegan por los cauces de los ríos.
- La erosión de las riberas: Amplía la sección transversal del cauce y disminuye la profundidad de navegación. La erosión es más intensa entre la temporada de máxima creciente y mínima vaciante, cuando los niveles de las aguas de los ríos comienza a descender.

- La sedimentación con formación de bancos de arena (islas): Se produce por la disminución de la velocidad del ríos en zonas de baja pendiente o embalses en los que el agua esta retenida. Estos bancos de arena presentan obstáculos a la navegación en las épocas de vaciante, ya que al bajar el nivel de las aguas, estos bancos actúan como represas haciendo que el cauce del río se ensanche y se pierda profundidad.
- Los cauces ramificados: En épocas de vaciante, el flujo de agua en el río discurre por diversos cauces y en las orillas de las islas que se forman en los cauces ramificados se convierten en playas que restringen la navegación tanto en el ancho como en el tirante (profundidad del canal de navegación).
- Los meandros con gran curvatura y pequeño radio de giro: En los meandros de pequeña curvatura, los anchos de los canales de navegación con mayor profundidad se estrechan y

en épocas de vaciante se presentan canales de navegación estrechos y con gran curvatura que podría ocasionar la nave puede quedar atascada.

- La inexistencia de información estadística del comportamiento de los ríos.
- El escaso sistema de señalización y ayuda a la navegación.

3.1 Vías navegables

Los ríos navegables de la Amazonía peruana son los que unen las siguientes ciudades:

- Pucallpa – Iquitos
- Yurimaguas – Iquitos

- Saramiriza – Iquitos
- Pucallpa – Yurimaguas
- Iquitos – Santa Rosa (frontera con Colombia, Brasil)

La DGTA está desarrollando un estudio para el mejoramiento de la navegabilidad en los ríos de la Amazonía peruana; en el estudio se contempla como alternativa de solución a las restricciones a la navegación que existen actualmente, que el diseño de las naves se ajuste a las características que se observan en la figura 4.2. En máxima vaciante se necesitaría de una profundidad de 2.44 m para que una embarcación de 1.83m de calado pueda navegar.

Medida característica	Valor (S.I.)	Valor (S.A.)
Calado (T)	1.83 m.	6.00 ft
Profundidad requerida (H)	2.44 (m.)	8.00 ft

Fuente: Estudios de Navegabilidad del río Ucayali y Huallaga.

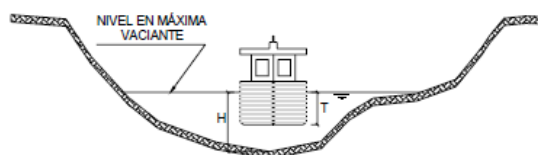


Figura 4.2 Perfil de requerimiento de calado para la navegación en los ríos de la Amazonía Peruana

Fuente: DGTA, MTC 2007

DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS GEOMÉTRICAS DE LAS NUEVAS NAVES MANTENIENDO EL PUNTALEO CONSTANTE

ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	PUNTALEO (m)	CAPACIDAD DE CARGA (TM)	SUPERFICIE UTIL (m ²)	CARGA UNITARIA (Kg/m ²)
25	8	1.83	2.13	274.5	150.0	1,830
30	8	1.83	2.13	329.4	180.0	1,830
35	8	1.83	2.13	384.3	210.0	1,830
40	8	1.83	2.13	439.2	240.0	1,830
45	8	1.83	2.13	494.1	270.0	1,830
50	8	1.83	2.13	549.0	300.0	1,830
55	8	1.83	2.13	603.9	330.0	1,830
60	8	1.83	2.13	658.8	360.0	1,830
30	10	1.83	2.13	411.8	225.0	1,830
35	10	1.83	2.13	480.4	262.5	1,830
40	10	1.83	2.13	549.0	300.0	1,830
45	10	1.83	2.13	617.6	337.5	1,830
50	10	1.83	2.13	686.3	375.0	1,830
55	10	1.83	2.13	754.9	412.5	1,830
60	10	1.83	2.13	823.5	450.0	1,830
50	12	1.83	2.13	823.5	450.0	1,830

Tabla 4.6 Capacidad de transporte para un calado de 1.83 m.

Fuente: DGTA, MTC 2007

Para que el proyecto de suministro de GNL importado hasta Iquitos sea viable y sostenible una alternativa es que se cuente con naves que puedan navegar en cualquier época del año por el río. Por otro lado, se estima que a futuro se puedan emplear naves con capacidad de transporte aproximada de 1500 TM y con medidas longitudinales de 80m y 16m a fin de que puedan navegar en cualquier

época del año en los afluentes del río Amazonas.

3.2 Transporte de nafta por vía marítima y fluvial desde el exterior hasta Iquitos

Actualmente Refinería Iquitos de Petroperú importa Nafta Craqueada desde la Costa del Golfo de Estados

Unidos, República Dominicana, entre otros países. Los buques de importación viajan por mar y luego ingresan al río Amazonas por Brasil, llegando finalmente al embarcadero de la Refinería Iquitos que tiene una capacidad de atraque de 40 mil barriles. Lo que significa que la máxima capacidad del buque de transporte es de 40 mil barriles de nafta craqueada equivalente aproximadamente a 4,720 TM.

En los meses de vaciante o bajo nivel del río, la refinería se abastece del inventario generado así como de la nafta craqueada producida por la Refinería Talara, la cual es transportada por vía a terrestre a través de cisternas hasta Yurimaguas y luego es trasladada a la Refinería Iquitos a través de barcasas fluviales o “chatas”. El volumen que puede ser transportado de esta forma es como máximo de 10 mil barriles.

El manejo logístico que se realiza en la Refinería Iquitos permite que el consumo promedio de nafta no se vea afectado por las limitaciones en cuanto a importación consecuencia de la vaciante o no del río, es así que la refinería cuenta con tanques de almacenamiento de nafta craqueada.

De lo descrito anteriormente se puede intuir que es factible que buques con capacidad de 30 o 10 mil metros cúbicos de GNL importado lleguen a Iquitos. De la investigación realizada se concluye que existen buques de LNG de mediana y pequeña escala capaces de transportar desde 1100 m³, o 20 mil m³ de GNL, los cuales podrían transportar el LNG a Iquitos.

Producto	metros cúbicos	Factor de conversión	TM
GNL	30,000	0.45	13,500
GNL	10,000	0.45	4,500
GNL	12,000	0.45	5,400

Tabla 4.7 Transporte de GNL

Considerando que la capacidad del buque depende de la capacidad de atraque del muelle, se debe definir primero el diseño del muelle destinado para la recepción del LNG, así como el diseño de la instalación de la planta de generación eléctrica. Adicionalmente, considerando que un elemento crítico para el transporte es la época de vaciante (bajo nivel del río) el sistema de suministro con LNG por buque, debe considerar un sistema de

almacenamiento que permita contar con el combustible necesario para generar electricidad en época de vaciante.

3.3 Calado mínimo de navegabilidad

En el estudio “Experiencia Peruana en el Transporte Fluvio-Marítimo y Portuario: Navegación Fluvial de Buques Oceánicos en el Río Amazonas” de Rolando Torres (2001), se indica que en el periodo de creciente del río, el calado máximo de los buques que pueden navegar es de 26 pies (7.9 m) y 14 a 15 pies (4.5 m) en épocas de vaciante.¹

De acuerdo a información de Enapu, el calado mínimo es de 4.85 m desde Iquitos hasta Belem (Brasil).

Entre otras fuentes podemos citar al Servicio de Hidrografía y Navegación de la Amazonía (SHNA), que informa lo siguiente:

- La creciente del río ocurre entre los meses de Noviembre y Mayo, alcanzando la máxima creciente en Abril y Mayo. La vaciante se presenta desde la segunda quincena del mes de Mayo hasta Setiembre, con la máxima vaciante en Agosto y Setiembre. Como se aprecia la vaciante es más rápida que la creciente. El régimen de las aguas del Amazonas depende de sus formadores. Asimismo, el SHNA indica que El río Amazonas no presenta peligros mayores a la navegación, pudiendo ser navegado tanto de día como de noche.
- El río Amazonas en creciente es navegable por buques de hasta 29 pies de calado (8.83 m), y en vaciante, por buques de hasta 10 pies de calado (3.04 m), teniendo cuidado con los malos pasos que se presentan más marcadamente entre los meses de Agosto y Setiembre.
- En el río Ucayali, la creciente del río suele ocurrir entre los meses de noviembre a abril, alcanzando su máxima en marzo o abril. La vaciante ocurre entre Mayo y

¹ Esta situación obligó en ciertas ocasiones a aligerar parte de la carga del buque oceánico a barcasas fluviales, a distancias de hasta 500 millas de Iquitos, o sea aproximadamente de la boca del río Putumayo. Algunas veces se ha tenido que aligerar íntegramente la carga y en ese caso la nave oceánica regresa hacia el mar sin haber llegado a Iquitos. Es necesario utilizar dos prácticos fluviales en todo el curso del río Amazonas. En la zona de Manaos a Iquitos, el río no está balizado y los canales son cambiantes. En tiempo de vaciante es necesario que el buque fondee y pernocte para pasar ciertos malos pasos durante el día. Es importante notar que el buque puede quedar empozado cuando algún mal paso baja de nivel lo que le impediría seguir o regresar hacia el mar.

Noviembre, alcanzando su valor más bajo en agosto o setiembre.

El río Ucayali es navegable en creciente en toda su extensión por embarcaciones de hasta 6 pies (1.83 m) de calado y en vaciante por embarcaciones de hasta 4 pies (1.2 m) de calado. La navegación nocturna se recomienda solo hasta Cumaria. El canal de Puinahua es navegable durante todo el año por embarcaciones de 6 pies de calado.

En creciente, los aumentos de nivel originan a veces fuertes corrientadas acompañadas de grandes palizadas. En vaciante el principal problema lo constituyen las quirumas. Ocasionalmente en las madrugadas se presentan neblinas que limitan la visibilidad.

3.4 Tecnología de embarcaciones de transporte de GNL en pequeña escala

En la siguiente tabla se presenta la tecnología de embarcaciones de GNL en mediana y pequeña escala de transporte marítimo y/o fluvial.

Capacidad (m ³ GNL)	Velocidad (knots)	Altura (m)	Calado (m)	Largo (m)	Ancho (m)
18800	15	13.1	7.1	130	25.7
13552	12	12.4	6.1	180.2	23.8
10000	16.5	11.5	6.7	137.1	19.8
7500	15.5		6.8	117.8	18.6
1100	14		3.3	68.5	11.8

Tabla 4.8 Calado de embarcaciones de mediana y pequeña escala

Las embarcaciones de transporte de GNL de mediana y pequeña escala para una capacidad mayor a 7500 m³ de GNL tienen un calado de navegación de 6.7m, por lo que este requerimiento debe tener el tramo del río Amazonas entre Brasil e Iquitos para poder suministrar GNL a la central térmica de 70 MW al menos en los meses de creciente del río. De acuerdo a lo estudiado en las secciones anteriores, la navegabilidad del río Amazonas 7.9 m y 4.5 m para los meses de creciente y vaciante, respectivamente. Por tanto, las embarcaciones con capacidad de transporte mayor a 7500 m³ de GNL pueden navegar en los meses de creciente, pero tendrán dificultades de navegación en los meses de vaciante.

La embarcación de 1100 m³ de GNL no es una opción a utilizar para el

suministro local de GNL desde Yurimaguas o Pucallpa, dado que necesita de un calado de navegación de 3.3 m. Como se mencionó anteriormente, los estudios de mejoramiento de la navegabilidad están orientados a tener un calado de navegación de 1.8 m que es inferior al que necesita tener la embarcación de 1100 m³ de GNL.

Para el transporte desde Yurimaguas y/o Pucallpa se podrían utilizar las barcazas o chatas que están en operación en la amazonia que transportan hidrocarburos líquidos. El diseño adicional para el transporte de GNL por este tipo de embarcaciones deberá contemplar la utilización de tanques cilindros que puedan navegar sobre la plataforma de la chata.

4. Importación de Gas Natural Licuefactado

Para la zona de Iquitos, los puntos de donde se puede obtener el GNL son desde la planta de licuefacción en Point Fortin en Trinidad & Tobago y desde la planta de importación de Pecem en Brasil.

Existe documentación que la distancia desde Macapa en Brasil hasta Iquitos es de 2100 millas náuticas aproximadamente y que la distancia de Trinidad & Tobago a Pecem (Brasil) es de 1732 millas.

Estimación aproximada utilizando el mapa del Lloyd's Maritime Atlas:

Del mapa se observa que la distancia entre Trinidad & Tobago y Macapa es aproximadamente el 70% de la distancia hasta Pecem, por lo que se estima que la distancia de Trinidad & Tobago a Iquitos es de 3,140 millas en total.

5. Importación de GNL desde Trinidad y Tobago

5.1 Precios de Exportación FOB Point Fortin – T&T

El precio FOB Trinidad y Tobago del GNL promedio del año 2011, fue de 8.0US\$/MMBTU para el mercado americano, como se aprecia en la figura 4.3. Un valor similar se tiene para el mercado español, francés, canadiense, inglés y brasilero. Este puede ser un precio referencial para el caso de análisis del mercado Peruano.

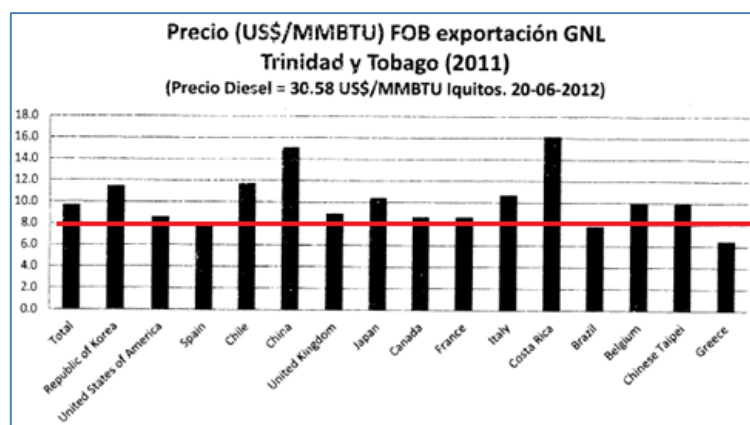


Figura 4.3 Precio de Exportación FOB, 2011 en US\$/MMBTU

Por otro lado, el precio del combustible Diésel 2 en Iquitos es de 30.58US\$/MMBTU², lo que significa que respecto al GNL se tendría un margen bruto de 22.5US\$/MMBTU que incluye el costo del transporte desde Trinidad & Tobago hasta Iquitos. El siguiente paso es estimar el costo del transporte entre ambos lugares para estimar la competitividad del gas natural en relación al Diésel 2 actualmente empleado en la ciudad de Iquitos para generación eléctrica.

5.2 Costo del Transporte con transporte Mediana y Pequeña Escala

Los estimados del costo del transporte y regasificación son mayores a 5 US\$/MMBTU, tal como se desprende del análisis efectuado sobre el transporte desde Point Fortin – Iquitos (ver sección 7.3)

5.3 Costo del Gas Natural en Iquitos

Si consideramos que el costo de adquisición del Gas Natural en Point Fortin podría estar entre 10 – 12 US\$/MMBTU y el costo del transporte de 2.2 US\$/MMBTU y del terminal en 2.0 US\$/MMBTU se tendría un costo del gas natural alrededor de 15 US\$/MMBTU con lo cual el margen de sustitución es de 12.81 US\$/MMBTU, dado que el Diésel tiene un precio de 27.81 US\$/MMBTU en Iquitos (Precios del 28-06-2012).

5.4 Contratos de largo plazo y spot de Trinidad and Tobago

En Trinidad y Tobago, el tipo de contrato de exportación de GNL predominante es el de largo plazo y en

condiciones incoterms FOB, los contratos de largo plazo tienen en promedio una duración de 15 años, siendo la moda 20 años. Trinidad & Tobago tiene un compromiso nominal de exportación del orden de 14.86 millones de toneladas de GNL por año, y el principal importador es EUA.

Durante el año 2011, las exportaciones en mercados de contrato de largo plazo fueron de 13 millones de GNL, y las mayores exportaciones en este tipo de contratos fueron para los países de EUA y Argentina con 2.6 y 2.1 millones de toneladas de GNL respectivamente.

Las exportaciones de GNL en el mercado Spot y en el mercado de corto plazo durante el año 2011, fueron de 6.712 millones de toneladas en total. Argentina, Corea del Sur y los EUA fueron los países con mayores importaciones con 2.090, 1.361 y 1.034 millones de toneladas de GNL respectivamente.

5.5 Mercado Geográfico de atención desde Trinidad and Tobago

A nivel mundial, la menor distancia que atiende el mercado de exportación de GNL desde Trinidad & Tobago es de 560 millas (Penuelas – Puerto Rico) y la mayor distancia es de 13007 millas (Fujian - China).

En relación a Sudamérica, la distancia es de 4628 millas para el puerto de Bahía Blanca (Argentina), 4920 millas para Escobar (Argentina), 1732 millas para Pecem (Brasil), 3245 millas para Guanabara Bay (Brasil) y 7596 millas para Mejillones en Chile.

² Tomado de la Lista de Precios Netos de Petroperú publicado en su página web a junio de 2012

5.6 Importación de GNL desde Pecem Brasil

Actualmente se importa GNL desde Point Fortin (Trinidad & Tobago) hasta Pecem (Brasil). Una alternativa a estudiar es la posibilidad de comprar el GNL en Pecem y luego transportarlo hasta Iquitos. De acuerdo a nuestros cálculos, la distancia es de 2576 millas náuticas.

Distancia Pecem – Iquitos	2576 millas náuticas
Velocidad de la embarcación	15 knots
Días de viaje	7.15 días de viaje
Día de embarque	1 día
Día de desembarque	1 día
Contingencias de viaje	2 días
Total Roundtrip	22 días

Tabla 4.9 Estimaciones Roundtrip Pecem - Iquitos

6. Tecnología aplicable de GNL para la Central Térmica de 70 MW

El desarrollo tecnológico permite en estos días que se cuente con buques de GNL con capacidad de transporte desde 1100 m³ los cuales permiten cubrir necesidades de países como Noruega, donde existen demandas relativamente pequeñas y dispersas, lo cual se asemeja al caso de Iquitos.

6.1 Requerimiento de Gas Natural de la Central Eléctrica de 70 MW

PROINVERSION ha dado la buena PRO el 16 de mayo del 2013 a GENRET DO BRASIL LTDA y la firma de contratos se efectuará el 29 de agosto del 2013 del proyecto de Suministro de Iquitos, donde se solicita la construcción de una Planta Termoeléctrica dual con una o más centrales cuya potencia efectiva total sea de 70 MW. Se indica además que la Buena Pro se otorgará al Postor que proponga el menor Precio por Potencia.

Si se toma como ejemplo una turbina a gas SGT-600 de 23.5 MW con una eficiencia de 32.49% y un factor de planta de 0.7, se tendría un consumo diario de 3.96 MMPCD de gas natural. Considerando que el requerimiento para Iquitos es de 70 MW, se estima que se necesitaría 11.9 MMPCD de gas natural.

7. Tecnología aplicable de GNL - Transporte y Regasificación

7.1 Transporte de GNL en mediana y pequeña escala – 1 grupo de 70 MW

La alternativa de utilizar un solo grupo generador de 70 MW implicaría un consumo de 11.9 MMPCD de gas

natural en un período 30 días, se necesitaría de un almacenamiento de 30000 m³ de GNL o su equivalente de 13500 toneladas de GNL. Por tanto, se necesitaría de 1 viaje con un barco de 20000 m³ de GNL. Este tipo de embarcación tiene un calado de diseño de 7.1 m.

El problema de contar con un solo grupo generador es que si bien se reduce el costo de inversión por una sola turbina en lugar de 3 turbinas; no se tiene la suficiente flexibilidad que pueda operar con 1 o 2 grupos cuando el barco de 20000 m³ no pueda llegar a Iquitos en el período de vaciante. Por tanto, en el siguiente acápite se estudia esa posibilidad.

7.2 Transporte de GNL en mediana y pequeña escala – 3 grupos de 25 MW

La alternativa de utilizar tres grupos generadores de 23.5 MW cada uno hace una operación más flexible. Al igual que en el caso anterior, la central térmica tendría un consumo de 11.9 MMPCD de gas natural en un período 30 días, se necesitaría de un almacenamiento de 30000 m³ de GNL o su equivalente de 13500 toneladas de GNL. Por tanto, se necesitaría de 1 viaje con un barco de 20000 m³ de GNL. Este tipo de embarcación tiene un calado de diseño de 7.1 m. Debemos precisar que este buque tanque cubre la ruta de Malasia – Japón con una distancia de 2838 millas náuticas. Nuestros estimados de distancia desde Point Fortin (Trinidad & Tobago) – Iquitos (Perú) es de 2910 millas, por lo que son comparables.

En el período de crecida se necesitará de un viaje mensual de 20000 m³ de GNL; de acuerdo a nuestros cálculos estimados el viaje roundtrip desde Trinidad & Tobago – Iquitos es de 26 días. En ese periodo la central térmica podrá generar con las tres unidades. En el período de vaciante con el tanque de almacenamiento lleno, podría generar la central térmica con 1 grupo generador por 3 meses y optar por obtener el GNL del mercado local, sea desde Yurimaguas o desde Pucallpa con barcazas que puedan transportar el GNL en pequeña escala, es decir con cilindros tanque colocados encima de la chata o barcaza.

En la actualidad el transporte de hidrocarburos líquidos que realiza Petroperú es con un alquiler del transporte de barcazas y chatas en la Amazonía del Perú. Los calados de los empujadores es de 5 pies (1.52 m) y de

la chata es de 8 pies (2.43 m) que serían los niveles de calado para el transporte local del GNL.

Se podría también complementar la generación eléctrica con una central a biomasa con residuos forestales de 10 MW, tal como propuso el estudio de OSINERGMIN en el 2007.

	3 x SGT - 600	
3 Unidades de Generación de 23.5 MW	70.6	MW
	32.49	%
	10509	BTU/KWh
	0.7	Factor Planta
	11.87	MMPCD
Requerimiento central		
Dias/mes	30	
Mensual GN	356	MMPC
M3 GNL	16806 Mensual	Tanque de almacenamiento: 21008 m3 de GNL
Ton GNL	7563 Mensual	
Ton GNL	252	Dia
Ton GNL	3277	Arribo de un barco 13 días
Barco Tanquero		
Vessel GNL	20000	m3 GNL
Ton GNL	9000	
Viaje	13	días
Se requiere	1	Vessels GNL/mes
Reserva en meses de vaciante		
Tanque de almacenamiento: 30000 m3 de GNL		

Figura 4.4 Logística de almacenamiento del GNL para Iquitos desde Point Fortin

7.3 Costo del Transporte con transporte Mediana y Pequeña Escala

De acuerdo a un estudio de TGE (MAGALOG), cuyo objetivo era estudiar la factibilidad de considerar la utilización del GNL como combustible para el transporte de carga y pasajeros por vía marítima, se tienen los siguientes resultados:

	6000 m3	12000 m3	20000 m3
Costo de transporte US\$ - MMBTU	1.9	1.2	0.9
Terminal – Bunker US\$ - MMBTU	2	2	2
Total US\$ - MMBTU	3.9	3.2	2.9

Tabla 4.10 Estimados de costos de transporte para una distancia de 760 millas náuticas (Zeebrugge – Rostock)

	20000 m3	40000 m3
Costo de transporte US\$ - MMBTU	1.6	1
Terminal – Bunker US\$ - MMBTU	2	2
Total US\$ - MMBTU	3.6	3

Tabla 4.11 Estimados de costos de transporte para una distancia de 2300 millas náuticas (Skikda – Hamburgo):

	20000 m3	40000 m3
Costo de transporte US\$ - MMBTU	2.2	1.5
Terminal – Bunker US\$ - MMBTU	2	2
Total US\$ - MMBTU	4.2	3.5

Tabla 4.12 Estimados de costos de transporte para una distancia de 3600 millas náuticas (Damietta – Hamburgo):

Otro estudio considera que el costo del transporte y el terminal puede ser de 5 US\$/MMBTU.

Como puede observarse de las tablas anteriores, la propuesta del mencionado estudio es de cubrir un radio de atención de 2300 millas náuticas con embarcaciones de 20000 y 40000 m³ de GNL. Asimismo, se sabe que embarcaciones de 20000 m³ de GNL cubren distancias de atención entre Malasia – Japón con distancias cercanas a 3000 millas náuticas.

De acuerdo a los estimados, la distancia desde Point Fortin (T&T) – Iquitos (Perú) es de 2910 millas náuticas, por lo que los costos de transporte más cercanos a esta situación corresponden a lo indicado en el tabla 4.11. Con estas consideraciones el costo del gas natural estimado en Iquitos sería de 15 US\$/MMBTU.

Precio FOB Point Fortin	10.00-12.00
Costo del transporte T&T - Perú	2.20
Costo de regasificación en Iquitos	2.00
Costo total	14.20 – 16.20

Tabla 4.13 Estimados de costo del gas natural en Iquitos

Precio del gas natural como marcador del precio del Residual 6

Se tiene información que Petroperú produce Residual 6 en la refinería de Iquitos y que el principal consumidor es

Electro Oriente que utiliza dicho combustible para la operación de las unidades de generación térmicas.

Estamos ante una situación donde se tiene una sola fuente de aprovisionamiento de Residual 6 y un gran consumidor del combustible, si se sabe que Petroperú seguirá produciendo dicho combustible; lo racional es que se siga consumiendo el Residual 6, el precio de competencia lo marcaría en combustible alternativo para Electro Oriente que en este caso sería la posibilidad que pueda importar el GNL y regasificarlo. Por tanto, el precio de competencia del Residual 6 debería ser hasta 15 US\$/MMBTU.

A continuación presentamos los márgenes de ahorro de combustible que se tendría con el precio marcador del Residual 6 y del Diésel 2:

El precio del Diésel es de 27.81 US\$/MMBTU (7.888 S./Gal) y para el Residual 6 es de 20.71 US\$/MMBTU (9.6942 S./Gal), precios al 28-06-2012.

Margen con el Diésel 2 = Precio del Diésel 2 – Precio del G.N.

Margen con el Diésel 2 = 27.81 – 15.00 = 12.81 US\$/MMBTU

Margen con el Residual 6 = Precio del Residual 6 – Precio del G.N.

Margen con el Residual 6 = 20.71 – 15.00 = 5.71 US\$/MMBTU

Debemos precisar que el costo estimado del transporte debería ser resultado del costo de la inversión de la adquisición del barco tanque o de rentar ese tipo de embarcaciones más los costos de operación y mantenimiento. En la actualidad, el mercado del transporte de GNL en mediana y pequeña escala es aún limitado, con experiencias concretas de su utilización en Japón y Noruega. Se espera que en el corto y mediano plazo, esta sea la opción de mayor utilización para llevar gas natural a las regiones donde no puedan llegar los ductos de gas natural sea por razones comerciales o de geografía.

7.4 Generación Eléctrica con Biomasa

De acuerdo al estudio de OSINERGMIN podría tenerse una generación de 10MW cerca de la ciudad de Iquitos con la utilización de la biomasa que se tiene en la zona.

7.5 Línea de transmisión en 220 kV Moyobamba Nueva – Iquitos Nueva

Proinversión ha convocado a Concurso Público Internacional en la Modalidad de Concurso de Proyecto Integral, con el fin de seleccionar un Adjudicatario, a quien el Estado Peruano, actuando a través del Ministerio de Energía y Minas, otorgará en concesión el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento del proyecto “Línea de Transmisión 220 kV Moyobamba-Iquitos y Subestaciones Asociadas”, por un periodo de 30 años desde su Puesta en Operación Comercial. La buena pro se espera otorgar en el cuarto trimestre del 2013.

Las características principales de esta línea son las que se indican a continuación:

- Longitud aproximada: 613 km.
- Número de ternas: Una (01).
- Configuración de conductores: Tipo triangular o ménsulas alternadas.
- Tipo de conductor: Se podrá utilizar ACAR, AAAC o ACSR.
- Número de conductores por fase: Uno (01) o Dos (02).
- Cables de guarda: Uno del tipo OPGW, de 24 fibras, y otro del tipo convencional, cuyo material y sección será seleccionado por la Sociedad Concesionaria.
- Subestaciones que enlaza: S.E. Moyobamba Nueva y S.E. Iquitos Nueva

La capacidad mínima de transmisión de la línea Moyobamba Nueva - Iquitos Nueva, en régimen de operación normal, en las barras de llegada de la subestación será de 145 MVA.

La característica de la S.E. Iquitos Nueva

Se construirá una subestación de llegada, cercana a la ciudad de Iquitos, para la instalación de los equipos de maniobra y compensación reactiva en 220 kV. Esta subestación será completamente nueva y estará ubicada a 100 m.s.n.m., al lado norte de la ciudad de Iquitos aproximadamente.

El equipamiento previsto en esta Subestación es el siguiente:

Lado de 220 kV:

- Sistema de conexiones en doble barra; “A” y “B” en 220 kV.
- Una (1) celda para la conexión de acoplamiento de barras en 220 kV.

- Una (1) celda para la línea proveniente de la S.E. Moyobamba Nueva.
- Una (1) celda de conexión del lado de 220 kV del banco de transformadores de potencia.
- Un banco de transformadores monofásicos más una unidad de reserva, con una potencia trifásica total de 167/167/30 MVA, en condiciones de operación ONAF 2; relación de transformación: 220/60/(MT) kV, con regulación automática bajo carga y grupo de conexión Y/Y/Estrella/Estrella/Delta (el valor de tensión del devanado terciario será seleccionado por el Concesionario y permitirá la conexión de los compensadores síncronos).
- Una (1) celda de conexión del lado de 220 kV para el conjunto de compensación reactiva (SVC).
- Un (1) sistema de compensación reactiva SVC, de 50 MVAR capacitivo y 50 MVAR inductivo.
- Un (1) sistema de compensación serie capacitiva en 220 kV, para compensar no menos del 30% de la reactancia inductiva de la línea Moyobamba Nueva-Iquitos Nueva, con los respectivos equipos de maniobra, medición y otros (interruptor, seccionadores, etc.).
- Un (1) reactor de línea de 70 MVAR en 220 kV, en el lado de la salida hacia la S.E. Moyobamba Nueva, con equipos de conexión.
- Una (1) celda de conexión del reactor de línea en 220 kV en el lado de la salida hacia la S.E. Moyobamba Nueva.

7.6 Costos asociados a la operación de C.T. Iquitos cuando se encuentre operativa la interconexión de Iquitos con el SEIN

Se pueden presentar costos asociados a la operación de C.T. Iquitos cuando se encuentre operativa la interconexión de Iquitos con el SEIN por consideraciones de regulación de tensión en barras del SEIN. Esto podría suceder en caso no sea suficiente los equipos de compensación reactiva SVC de 50 MVAR capacitivo y 50 MVAR inductivo, el sistema de compensación serie capacitiva en 220 kV para compensar no menos del 30% de la reactancia inductiva de la línea de transmisión Moyobamba Nueva – Iquitos Nueva de 613 Km.

De acuerdo al Procedimiento COES PR-11 “Reconocimiento de costos por regulación de tensión en barras del

SEIN”, se reconocen sobrecostos por operación por tensión, para ello se presentan los siguientes casos:

- La compensación a las unidades de generación calificadas como Operación Por Tensión en las Barras del Sistema Principal y/o Garantizado de Transmisión será asignada a todos los Generadores Integrantes del COES, de acuerdo a lo establecido en el Procedimiento Técnico COES PR-15 “Valorización de Transferencias de Energía Reactiva entre Integrantes del COES”.
- La compensación a las unidades de generación calificadas como Operación Por Tensión en las barras del Sistema Secundario y/o Complementario de Transmisión, será asignada conforme al acuerdo entre las partes involucradas en cuyo caso, dichas compensaciones no serán incluidas en la aplicación del Procedimiento Técnico COES PR-15. En caso las partes no informaran al COES respecto de dicho acuerdo en un plazo de 02 días calendario de finalizado el mes, se tendrá en cuenta lo siguiente: Las compensaciones serán asignadas a los Generadores en proporción a la suma de la energía activa retirada, durante la operación de una unidad por tensión, por sus clientes que tienen consumo en las Barras Involucradas y los retiros de energía activa de la demanda sin contratos, asignados por el COES en las mismas barras, si los hubiera.

Calificación de la línea de transmisión Mayobamba – Iquitos:

La Línea Eléctrica pertenece al Sistema Garantizado de Transmisión y ha sido incorporada en el Primer Plan de Transmisión mediante Resolución Ministerial N° 213-2011-MEM/DM. Por tanto, la compensación por operación de la C.T. Iquitos por consideraciones de regulación de tensión sería pagada por todos los generadores integrantes del COES.

Situación especial de la C.T. de Reserva Fría:

En general las centrales de reserva fría son excluidas de los pagos de sobrecostos que se incurre en la operación del sistema eléctrico, dado que no comercializan energía.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

La factibilidad de poder llevar el GNL desde Point Fortin (Trinidad & Tobago) hasta Iquitos depende de la navegabilidad del río Amazonas entre el tramo desde Brasil hasta Iquitos.

- Los meses más favorables para el transporte de GNL corresponden al periodo de crecida del río (Diciembre – Julio) donde podemos tener un calado de navegabilidad de 7.9 m.
- Los meses más desfavorables para el transporte de GNL corresponden al periodo de vaciante río (Agosto – Noviembre) donde podemos tener un calado de navegabilidad de 4.5 m.

Las embarcaciones de transporte de GNL de mediana y pequeña escala (7500 – 13552 m³ de GNL) tienen un calado de navegación de 6.7 m, por lo que este tipo de embarcaciones podría navegar por el Amazonas. La restricción que tenemos para este tipo de embarcaciones es la distancia que debería cubrir desde Point Fortin hasta Iquitos con 2910 millas náuticas.

La mejor opción sería la utilización de la embarcación de 20000 m³ de GNL que si podría cubrir distancias como es el caso del presente estudio. En la actualidad este tipo de embarcación cubre la ruta de Malasia - Japón con una distancia aproximada de 3000 millas.

En esta opción, se necesitaría de un almacenamiento de 30000 m³ de GNL y un viaje mensual de 20000 m³ durante los meses de crecida (diciembre – julio), este tipo de embarcación podrá navegar en esos meses dado que su calado de diseño es de 7.1 m y la navegabilidad del río Amazonas es de 7.9 m. El problema se presenta en los meses de vaciante (agosto – noviembre), donde el calado de la nave 7.1 m es mayor que la altura de navegabilidad del río Amazonas que es de 4.5 m.

Como alternativa de solución se propone, que en los meses de vaciante, la central térmica pueda operar con 1 unidad (25 MW) o 2 unidades (50 MW) generadoras con lo cual se tendría un despacho de 3 meses para 1 unidad de 25 MW y 2 meses para el despacho de 2 unidades (50 MW). Esta situación se puede mejorar si es que se puede conseguir el aprovisionamiento de GNL desde Yurimaguas y/o Pucallpa a través de chatas o barcas donde se pueda transportar diversos arreglos de tanques – cilindros de GNL de 30 – 40 m³ de GNL cada una. Asimismo, si es factible la utilización de la biomasa se tendría una generación de 10 MW con los residuos forestales para los meses de agosto – noviembre.

Referente en el costo del transporte. Estimados de costos de transporte para una distancia de 3600 millas náuticas (Damietta – Hamburgo):

	Transporte de GNL	
	20000 m ³	40000 m ³
Costo de transporte US\$ - MMBTU	2.2	1.5
Terminal – Bunker US\$ - MMBTU	2	2
Total US\$ / MMBTU	4.2	3.5

Las embarcaciones de 20000 m³ de GNL cubren distancias de atención entre Malasia – Japón con distancias cercanas a 3000 millas náuticas.

De acuerdo a los estimados, la distancia desde Point Fortin (T&T) – Iquitos (Perú) es de 2910 millas náuticas, por lo que los costos de transporte más cercanos a esta situación corresponden a lo indicado en el cuadro anterior. Con estas consideraciones el costo del gas natural estimado en Iquitos sería de 15 US\$/MMBTU.

En la parte del análisis económico, se tendría un margen de ahorro por sustitución del Diésel y Residual:

El precio del Diésel es de 27.81 US\$/MMBTU (7.888 \$/Gal) y para el Residual 6 es de 20.71 US\$/MMBTU (9.6942 \$/Gal), precios al 28-06-2012.

Margen con el Diésel 2 = 27.81 – 15.00 = 12.81 US\$/MMBTU

Margen con el Diésel 2 = 20.71 – 15.00 = 5.71 US\$/MMBTU

Dado que se tiene un combustible producido localmente en la refinería de Iquitos como es el Residual 6; con una característica de tener un solo cliente importante como Electro Oriente, el precio de competencia del Residual 6 debería ser hasta 15 US\$/MMBTU que corresponde a la importación de gas natural desde Trinidad & Tobago hasta Iquitos.

En caso de presentarse operación de la C.T. Iquitos por regulación de tensión, la compensación por dicha operación sería pagada por todos los generadores integrantes del COES, porque la línea de transmisión y la S.E. Iquitos Nueva forman parte del Sistema Garantizado de Transmisión. Esto podría suceder en caso no sea suficiente las compensaciones reactivas que se propone debe tener la S.E. en el lado de 220 kV Iquitos Nueva.

2. Recomendaciones

Proponer a Proinversión que considere dentro de sus criterios de evaluación del concurso de licitación; la opción de que la operación de la central térmica de reserva fría en Iquitos pueda operar con Diésel y Gas Natural. Poner una bonificación en el precio de la potencia para el inversionista que ofrezca

esta posibilidad de utilizar gas natural en la central termoeléctrica.

Los riesgos del costo del transporte y almacenamiento del GNL deberán ser trasladados a la demanda, se puede pedir que Petroperú firme un contrato de provisión del GNL en Iquitos, que el generador sea el recaudador del monto pagado por el GNL y lo traslade a Petroperú, en la fijación de tarifas, debe contemplarse dichos costos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Shively, Bob and John Ferrare. 2005. Understanding Today's Global LNG Business.
- MTC, 2007. Perfil del Proyecto. Mejoramiento y Mantenimiento de las Condiciones de Navegabilidad en los ríos Ucayali, Huallaga, Marañón y Amazonas. Junio 2007.
- Trade map. 2011. Estadísticas de Exportaciones de GNL desde Trinidad and Tobago.
- Osinergmin. 2009. Análisis de la Alternativa de Suministro de Gas Natural a Iquitos para Generación Eléctrica.