

---

**Análisis comparativo del suministro virtual de gas natural comprimido y gas natural licuado en la zona industrial del 27 de octubre de Chimbote, 2014.****Comparative analysis of virtual supply and compressed natural gas natural gas in liquid industrial area october 27 Chimbote, 2014.****Análisis comparativo do fornecimento virtual de gás natural comprimido e gás natural licuado na zona industrial do 27 de outubro de Chimbote, 2014.**Robert Fabián Guevara Chinchayán<sup>1</sup>.

---

**Resumen**

El presente informe de investigación está referido al análisis comparativo entre las alternativas de suministro de gas natural virtual existente en la ciudad de Chimbote como un punto de partida para futuras inversiones en el sector industrial. Las tecnologías de suministro vía gas virtual son: Gas Natural Comprimido a 200 o 250 Bar de presión y 20 ° C y el Gas Natural Licuado a -161 ° C y 1 Bar de presión. La muestra de estudio la conforman 12 empresas productoras de harina de pescado ubicadas en la zona industrial del 27 de Octubre con capacidades de planta entre 120 a 5 toneladas/hora. La metodología de estudio es experimental, habiéndose realizado mediciones y recopilación estadística de producción y consumo para el año 2014. Se consigue que la alternativa de suministro virtual con gas natural licuado es más rentable con un precio de 10.05 U\$/MMBTU, con una diferencia de 4.65 U\$/MMBTU en comparación a la alternativa con gas natural comprimido. Se obtienen periodos de retorno de la inversión entre 9 meses a 1 año con 2 meses. 12 meses.

*Palabras Clave: Gas Natural Comprimido / Gas Natural Licuado***Abstract**

This research report is based on the comparative analysis of the alternatives existing virtual supply natural gas to the city of Chimbote as a starting point for future investments in the industrial sector. Technologies via virtual gas supply are: Compressed Natural Gas 200 or 250 bar pressure and 20 ° C and liquefied natural gas to -161 ° C and 1 bar pressure. The sample of the study consist of 12 companies producing fishmeal located in the industrial area of 27th October with plant capacities between 120-5 Tons / hour. The study methodology is experimental, having performed measurements and statistical compilation of production and consumption by 2014. It ensures that the virtual alternative supply liquefied natural gas is more profitable at a price of 10.05 US \$ / MMBTU, with a difference of 4.65 US \$ / MMBTU compared to alternative compressed natural gas. Periods of ROI from 9 months to 1 year 2 months are obtained.

*Key words: Compressed Natural Gas / Liquefied Natural Gas***Resumo**

O presente relatório de investigação está referido à análise comparativa entre as alternativas de fornecimento de gás natural virtual existente à cidade de Chimbote como um ponto de partida para futuros investimentos no sector industrial. As tecnologias de fornecimento via gás virtual são : Gás Natural Comprimido a 200 ou 250 Bar de pressão e 20 ° C e o Gás Natural Licuado a -161 ° C e 1 Bar de pressão. A mostra de estudo conformam-na 12 empresas produtoras de farinha de pescado localizadas na zona industrial do 27 de Outubro com capacidades de planta entre 120 a 5 Toneladas/hora. A Metodologia de estudo é experimental, tendo-se realizado medidas de e recopilación estatística de produção e consumo para o ano 2014. Conseguir-se que a alternativa de fornecimento virtual com gás natural licuado é mais rentável com um preço de 10.05 U\$/MMBTU, com uma diferença de 4.65 U\$/MMBTU em comparação à alternativa com gás natural comprimido. Obtêm-se períodos de volta do investimento entre 9 meses a 1 ano com 2 meses.

*Palavras-chave: Gás Natural Comprimido / Gás Natural Licuado*

---

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Santa, Chimbote-Perú, guevara281165@yahoo.es

Recibido: 17 de junio de 2016

Aceptado: 21 de junio de 2016

## Introducción

Durante los últimos 12 años, el Perú viene siendo testigo de uno de los mayores eventos en la historia económica y del sector energético del país: el desarrollo de la industria del gas natural. La entrada en operación del Proyecto Camisea (agosto 2004) y la promulgación de un marco regulatorio promotor de la industria del gas natural (fines de los noventa) fueron hitos históricos que han generado una transformación dramática: la reconfiguración y diversificación de la matriz energética primaria del país, en particular del sector eléctrico. Esto ha mejorado la balanza comercial de hidrocarburos y creado oportunidades para que los hogares peruanos y sectores económicos, como la industria y el comercio, se beneficien de un combustible limpio y de bajo costo.

Por lo general, la industria del GN comprende cinco actividades: exploración, explotación, transporte, distribución y comercialización. Tradicionalmente, el traslado del GN de un punto a otro se realiza mediante redes de suministro o ductos, diseñados para atender a una diversidad de usuarios. Estas redes son exclusivas para abastecer de GN vía conexiones domiciliarias a nivel residencial o mediante enlaces a la red principal de distribución para el abastecimiento de la industria (OSINERGMIN, 2014).

Una de las actividades de la industria del GN es el transporte, que permite que la cadena productiva se complete, es decir, que llegue de los pozos de extracción hasta los consumidores finales. El transporte es una facilidad esencial que tradicionalmente ha sido realizada por medio de gasoductos. No obstante, han surgido modalidades alternativas cuando no se pueden construir ductos entre el punto de origen y el de destino. El “gasoducto virtual” es un sistema de distribución de gas natural proveniente de Camisea a usuarios que debido a su ubicación no pueden conectarse a la red del Sistema de Distribución de Gas Natural de Lima y Callao que opera Cálidda Gas Natural del Perú o la Red principal de transporte de gas natural (OSINERGMIN, 2014).

Es una modalidad alternativa para cuando no se pueden construir ductos entre el punto de origen y el de destino. El GNC y el GNL pueden ser transportados vía marítima o vía terrestre, pero cada una requiere de infraestructura propia. En el Perú, al sistema de transporte terrestre del GNC y GNL se le llama sistema de transporte virtual del GN. Las diferentes tecnologías disponibles para el transporte obligan a considerar una serie de factores antes de elegir una forma de transporte.

Para el caso del Gas Natural Comprimido, este es procesado y acondicionado en cilindros, a temperatura ambiente y presión próxima a condición de mínimo factor de compresión, aproximadamente a 220 bar normalmente, según ANP. El Gas Natural Comprimido ocupa un volumen aproximadamente 268 veces menor que el volumen ocupado en las condiciones normales. Esta tecnología permite almacenar el GN a altas presiones, de manera que puede ser transportado en cisternas a las poblaciones que quedan lejos de un gasoducto y cuando no es viable económicamente la construcción de otro ducto. La presión en la que se debe concentrar el gas varía en cada país; sin embargo, suele estar entre 200 y 265 bar (Baltodano y Huamán, 2012).

Los principales procesos de un sistema de transporte y distribución de GNC que moviliza el combustible desde la estación de compresión hasta los consumidores finales (industriales, vehiculares, residenciales y comerciales) son los siguientes:

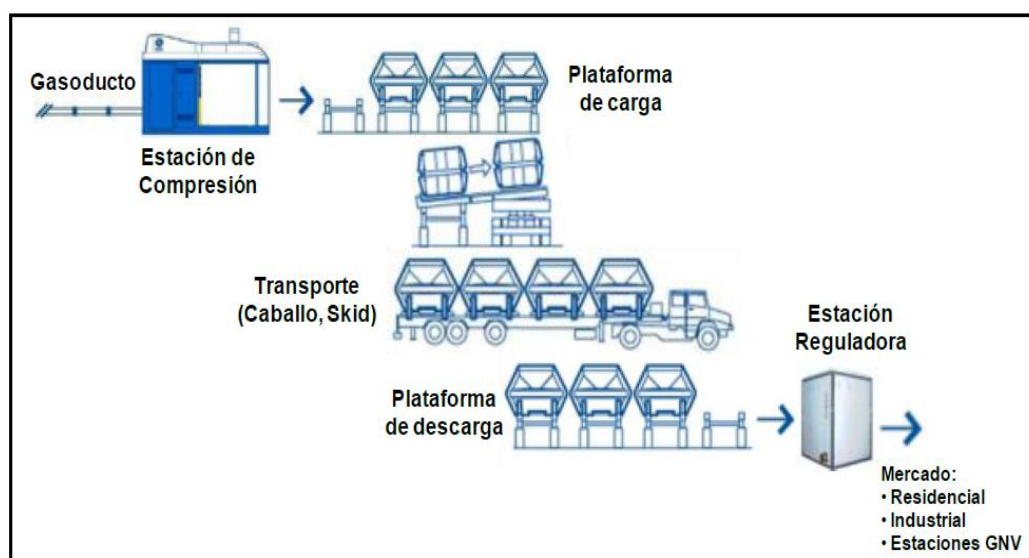
- Compresión del GN en los módulos de transporte.
- Carga y descarga de módulos de transporte.
- Transporte del gas (en los módulos) hacia el centro de consumo.
- Entrega del GNC a los usuarios, por ejemplo de GNV.
- Retorno de la unidad de transporte a su base de operaciones.

El compresor, conectado a un gasoducto, comprime el gas hasta 250 bar dentro de los módulos de transporte. Tales módulos se encuentran sobre plataformas, permitiendo el abastecimiento e intercambio de módulos con el transporte de forma segura y eficiente.

Operacionalmente, los módulos vacíos, transportados por camiones, son sustituidos por módulos llenos. Ese cambio es realizado por máquinas, minimizando el tiempo de carga y descarga de los módulos. El vehículo realiza el transporte vial de los módulos a velocidades normales para el transporte de carga (Baltodano y Huamán, 2012).

Finalmente, al llegar al punto de consumo, los módulos son descargados sobre plataformas, las cuales son proyectadas para tiempos mínimos de carga y descarga. Después de pasar por una estación reductora, los módulos finalmente se conectan a la red de abastecimiento doméstico o industrial.

Este proceso, que es presentado, esquemáticamente en la Figura adjunta, requiere tres etapas: compresión, transporte y descompresión.



**Figura N° 1 Gasoducto Virtual con GNC**

Fuente: Empresa Galileo

Para el caso del Gas Natural Licuado, en el estado líquido en condiciones criogénicas, compuesto predominantemente de metano y que puede contener cantidades mínimas de etano, propano, nitrógeno y otros componentes normalmente encontrados en el gas natural; luego es enfriado a temperatura inferior a  $-160^{\circ}\text{C}$ . Este proceso permite la reducción del volumen del fluido en cerca de 600 veces. Consiste en el enfriamiento mediante un proceso criogénico a temperaturas cercanas a menos  $161^{\circ}\text{C}$ , hasta el punto en que se condensa en líquido. El volumen obtenido es aproximadamente 600 veces menor que en su forma gaseosa, lo cual hace eficiente su transporte por medio de cisternas. Al igual que el GNC, el uso de la tecnología del GNL es interesante cuando una población está muy alejada del gasoducto y no es económicamente eficiente la construcción de otro ducto exclusivo para su abastecimiento (Barreto Lázaro y Castillo Quiñones, 2014).

Por ejemplo, tomar la decisión de realizar el abastecimiento de GNL por transporte marítimo implica la siguiente infraestructura: Plantas de criogenización, las cuales enfrían el GN a menos  $161^{\circ}\text{C}$  hasta reducir en 600 veces su volumen y lo convierten en líquido. El servicio de buques metaneros, los cuales cuentan con tanques acondicionados para mantener el GNL a la temperatura indicada y transportarlo de manera segura. Uno de estos buques metaneros puede transportar hasta 170,000 metros cúbicos de GNL. Plantas regasificadoras en los puertos de destino. Muelles de embarque adecuados al calado de los buques y con los sistemas de abastecimiento, entre otros.

Una vez descritas las características técnico-económicas de la industria de GN, es necesario analizar el desarrollo de esta industria a nivel internacional. En particular, su evolución en diferentes países, con el fin de obtener experiencias provechosas. Cada país ha empleado diferentes mecanismos con el objetivo de promover esta industria y con resultados diferentes. Uno de los más importantes se relaciona con la determinación de los precios.

El proceso de transporte con GNL comprende tres etapas desde la toma de gas natural hasta el mercado consumidor, tal como se muestra en la Figura 2: Planta de Licuefacción, donde se contempla filtrado, secado y enfriamiento; Sistema de Transporte, que es hecho por medio de tanques criogénicos; Planta de Re-gasificación, donde se vuelve convertir el líquido en gas.

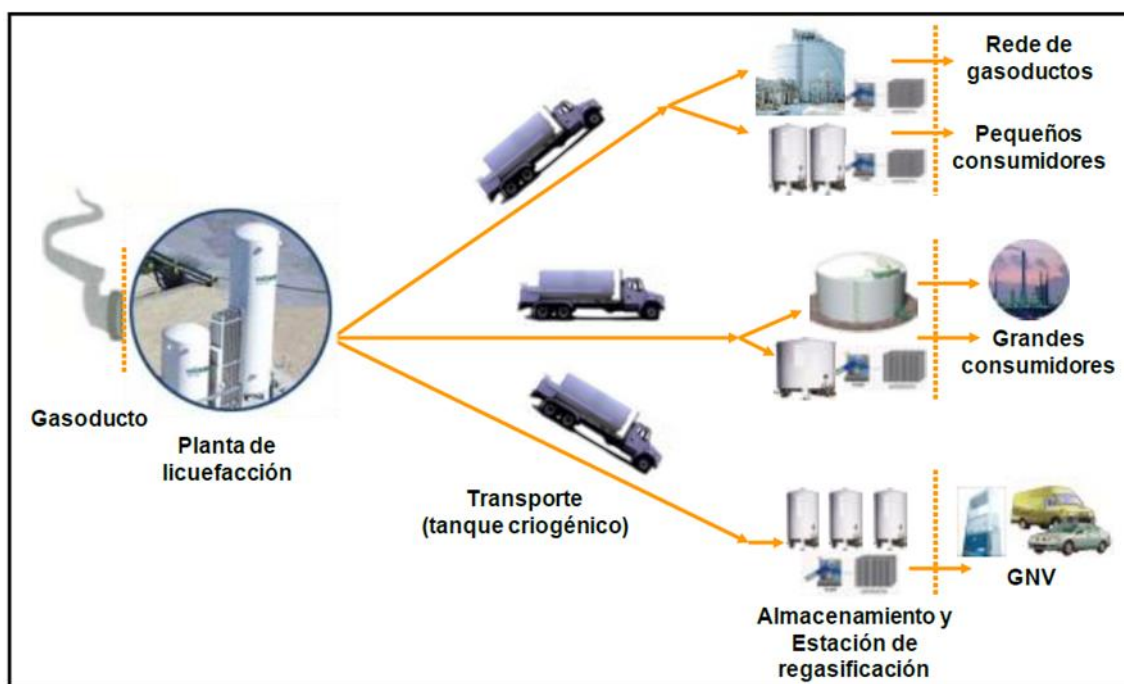


Figura N° 2 Gasoducto Virtual con GNL  
Fuente: NEOGAS

El gas natural simplifica la operación de calderos pirotubulares debiendo quitar equipos en vez de ponerlos y disminuir costos operativos en lugar de incrementarlos.

El menor precio relativo del gas natural, justificado por su imposibilidad de almacenamiento y no por ser un combustible de menor calidad, constituye un argumento para justificar la inversión en nuevos quemadores y sistemas de control complicado y costoso, pero ello resulta difícilmente compatible con la facilidad de manejo y combustión del gas natural. Las opciones que ofrecen los fabricantes de quemadores para efectuar la conversión de calderos diseñados para combustibles líquidos incorporando un “kit” diseñado para este propósito resulta siempre técnicamente complicada y económicamente inconveniente (Castillo Neyra, 2011).

### Materiales y método

La presente investigación realizó un estudio comparativo entre las alternativas de suministro de gas natural vía gasoducto virtual a la ciudad de Chimbote, mediante las tecnologías de gas natural comprimido y gas natural licuado, con la finalidad de poder dimensionar el sistema de abastecimiento de la muestra de estudio en este caso 12 empresas de la zona industrial del 27 de Octubre dedicadas a la fabricación de harina y aceite de pescado. La recopilación de la información bibliografía se realizó principalmente en la Biblioteca Central de la Universidad Nacional del Santa, así como información especializada de la Universidad Nacional de

Ingeniería y Universidad César Vallejo , complementada con documentos elaborados por la Oficina de Estudios Económicos de OSINERGMIN. Sobre la información estadística brindadas por 12 empresas pesqueras (nombres guardados en reserva) dedicadas a la elaboración de harina y aceite de pescado quienes proporcionaron sus estadísticas de producción y consumo de petróleo R500, siendo la investigación de tipo bibliográfico y descriptivo.

## Resultados

Se presenta el cuadro comparativo referente a la reconversión tecnológica de los quemadores de 02 calderos distral de 300 BHP cada uno de ellos operando a diversas condiciones de factor de carga, en este caso a 76.4% y 58.64 % respectivamente los calderos 1 y 2., alcanzando ambos equipos un rendimiento del 84 % y consumos de combustible petróleo R500 de 65 y 50 galones/hora.

**Cuadro N° 1 Parámetros de operación de calderos distral con petróleo R500**

PARÁMETROS	CALDERO1	CALDERO2
Flujo de combustible(Gal/h)	65	50
Exceso de aire (%)	35	35
Eficiencia (%)	84	84
Entalpia de salida(Kcal/kg)	659.2	659.2
Entalpia de ingreso(kcal/kg)	90.43	90.43
Flujo de vapor(Ton/h)	3.4	2.61
Flujo de gases(kg/h)	4,982.52	3,831.11
Caudal de gases(m <sup>3</sup> /sg)	1.83	1.41

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se presentan los parámetros de operación de ambos calderos operando con Gas Natural y al mismo Factor de Carga, los cuales por operar con un combustible gaseoso presentan una eficiencia de la combustión del 95 %, lo que trae como consecuencia que la eficiencia del caldera decaiga hasta 79.87 y 79.71 % respectivamente, corrigiéndose estos valores a una eficiencia meta del 84 %, con lo que se obtiene un consumo de Gas natural de 351.77 y 270.04 m<sup>3</sup>/hora para cada uno de los calderos.

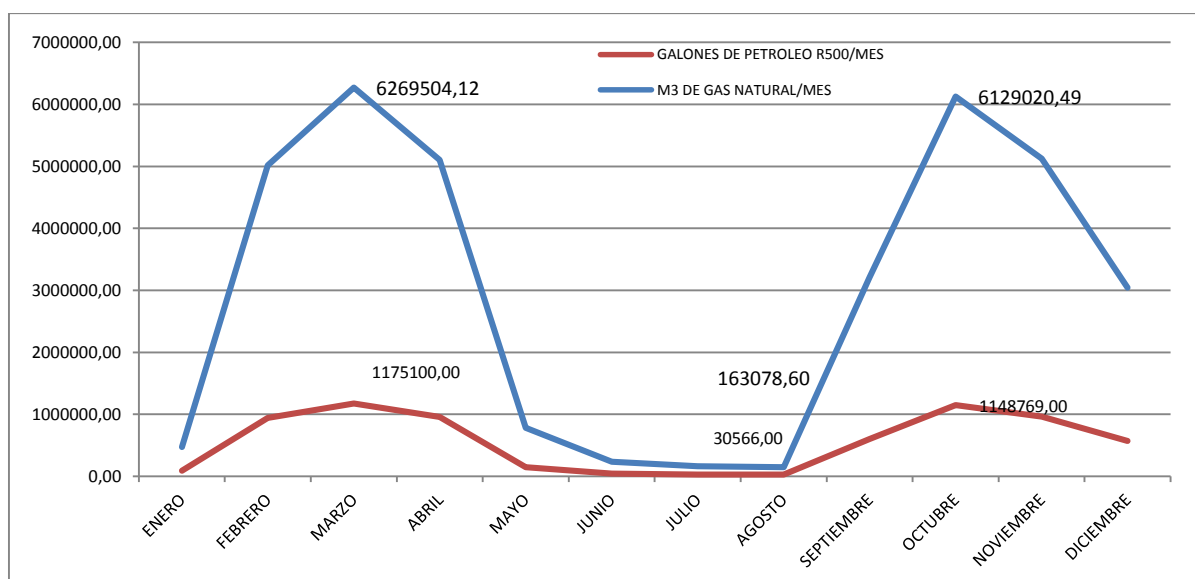
**Cuadro N° 2 Parámetros de operación de calderos distral con gas natural**

PARÁMETROS	CALDERO1	CALDERO2
Flujo de combustible i (kg/h)	245.63	188.94
Exceso de aire (%)	10	10
Flujo de aire i (kg/h)	4,647.33	3,574.75
Caudal de gases real i (m <sup>3</sup> /sg)	1.81	1.39
Factor de Carga(%)	76.4 %	58.64 %
Eficiencia i ( %)	79.87 %	79.71%
Eficiencia Meta (%)	84.0 %	84 %
Flujo real de GN (kg/h)	233.58	179.31
Flujo real de GN (m <sup>3</sup> /h)	351.77	270.04
Flujo real de aire(kg/h)	4,419.33	3,392.54

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior podemos mencionar que existe un indicador de reconversión de 1galon de petróleo R500 equivalente a 5.41 m<sup>3</sup>/h de Gas Natural.





**Figura 3: Comportamiento mensual de la demanda de Petróleo R500 y Gas Natural -2014**  
**Fuente: Reportes de demanda de muestra de estudio (12 Plantas productoras de harina de pescado)**

En la Figura 3. Se evidencia el comportamiento anual del combustible en este caso el Petróleo Residual 500, el cual es aún el más utilizado en las empresas de harina de pescado, notándose que se tienen dos periodos de alta demanda entre los meses de febrero a abril y octubre a noviembre. Así mismo se ha realizado el cálculo del equivalente en combustible para el petróleo R500 con gas natural, teniéndose que para el periodo de alta demanda el petróleo tiene un consumo de 1'175,100 galones/mes, mientras que su equivalente en gas Natural representa 6'269,504.12 m<sup>3</sup>/mes. Mientras que para los periodos de baja demanda el consumo de petróleo R500 representa 30,566 galones/mes, mientras que el gas natural representa 163,078.60 m<sup>3</sup>/mes. Hay que tener en cuenta que los ratios de producción estándar para una empresa de harina de pescado dependiendo de su capacidad oscila entre 40.9 a 38.2 galones de petróleo R500/Tonelada de harina producida.

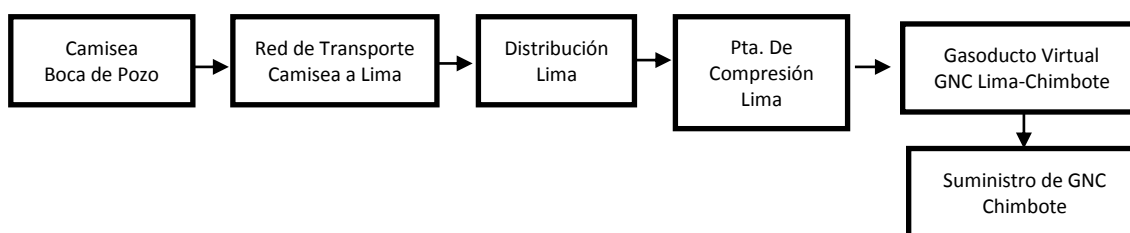
En el Cuadro N° 3 se representan los consumos equivalentes de Gas Natural teniendo en cuenta las diversas capacidades de la muestra de estudio (12 plantas en total) con su respectiva equivalencia del consumo de combustible en gas natural. Se tiene un consumo total anual de combustible de 6'692,516.70 galones de petróleo R500/año y un equivalente necesario de gas natural para cubrir la mencionada demanda de 35'706,544.98 m<sup>3</sup>/año.

**Cuadro N° 3 Demanda equivalente anual de Gas Natural**

	CAPACIDAD	RATIO ENERGETICO	TOTAL	GKCAL	M3/AÑO
	TON/H	TON HAR/GAL 500			
PLANTA 1	120	38.7	1188128.70	41501.79	6339016.06
PLANTA 2	120	39.2	1256752.00	43898.83	6705141.55
PLANTA 3	90	38.6	803266.00	28058.39	4285660.36
PLANTA 4	90	36.8	587696.00	20528.45	3135531.01
PLANTA 5	90	39.2	832608.00	29083.32	4442208.56
PLANTA 6	60	38.9	582722.00	20354.70	3108993.26
PLANTA 7	60	39.2	459816.00	16061.55	2453253.60
PLANTA 8	60	38.2	390022.00	13623.62	2080882.08
PLANTA 9	30	39.9	301644.00	10536.54	1609359.46
PLANTA 10	10	40.1	134335.00	4692.37	716716.74
PLANTA 11	10	40.6	96222.00	3361.07	513372.67
PLANTA 12	5	40.9	59305.00	2071.55	316409.62
TOTAL		0.0	6692516.70	233772.18	35706544.98

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se realizan los cálculos para la determinación de la tecnología de suministro más apropiada de gas natural para las empresas pesqueras ubicadas en la zona industrial de 27 de Octubre. La cadena de suministro a través de la tecnología GNC (200 Bar y 20 °C) contempla el siguiente esquema:



**Figura 4: Cadena de suministro de Tecnología Gasoducto Virtual GNC a Chimbote**

**Fuente: Reportes de demanda de muestra de estudio (12 Plantas productoras de harina de pescado)**

La tarifa de venta de gas natural comprimido por este sistema de Gasoducto Virtual al consumidor final se representa por los siguientes componentes:

Componente por Precio a Boca de Pozo. (0.1135 U\$/m<sup>3</sup>).

Componentes por Precio por componente Red Principal de Transporte Gasoducto Físico. (0.0385 U\$/m<sup>3</sup>).

Componente por Precio por Red de Distribución en Lima.(0.1220 U\$/m<sup>3</sup>)

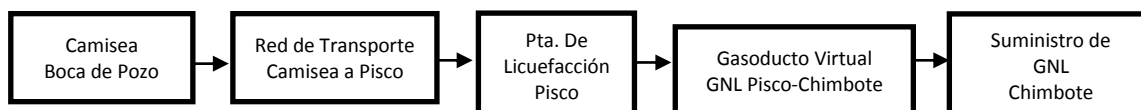
Componente por Precio de Despacho Estación de Compresión Lima (0.0936 U\$/m<sup>3</sup>)

Componente por Precio por Transporte Gasoducto Virtual GNC desde Lima a Chimbote (0.0785 U\$/m<sup>3</sup>)

Componente por Precio por Descompresión y Suministro de GNC en Planta incluido operación y mantenimiento de instalaciones (0.2532 U\$/m<sup>3</sup>)

Se tiene un costo unitario por suministro de gasoducto virtual con GNC de 0.6993 U\$/m<sup>3</sup>

La cadena de suministro a través de la tecnología GNL (1 Bar y -161 °C) contempla el siguiente esquema:



**Figura 5: Cadena de suministro de Tecnología Gasoducto Virtual GNL a Chimbote**

**Fuente: Reportes de demanda de muestra de estudio (12 Plantas productoras de harina de pescado)**

La tarifa de venta de gas natural licuado por este sistema de gasoducto virtual al consumidor final se representa por los siguientes componentes:

Componente por Precio a Boca de Pozo. (0.1135 U\$/m<sup>3</sup>).

Componentes por Precio por componente Red Principal de Transporte Gasoducto Físico. (0.0385 U\$/m<sup>3</sup>).

Componente por Precio de licuefacción en Pampa Melchorita-Pisco (0.0535 U\$/m<sup>3</sup>)

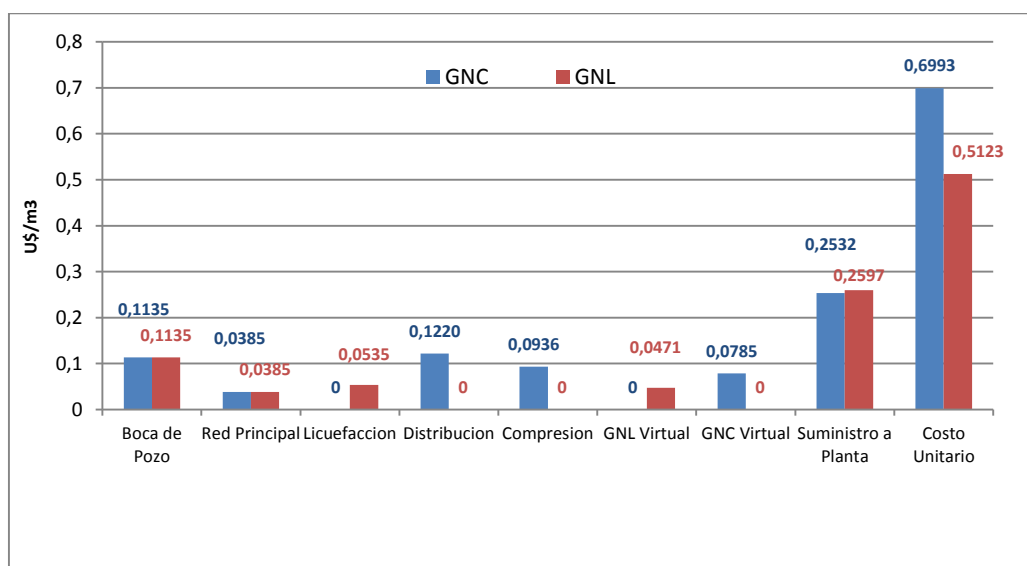
Componente por Precio por transporte gasoducto virtual GNL desde Pisco a Chimbote (0.0471 U\$/m<sup>3</sup>)

Componente por Precio por Regasificación y Suministro de GNL en Planta incluido operación y mantenimiento de instalaciones (0.2597 U\$/m<sup>3</sup>)

Se tiene un costo unitario por suministro de gasoducto virtual con GNL de 0.5123 U\$/m<sup>3</sup>

En el Grafico N° 1 se realiza el benchmarking entre ambas cadenas de suministro de gas natural con sus respectivos componentes de precios unitarios, obteniéndose un precio del GNC suministrado con tecnología virtual de 0.6993 U\$/m<sup>3</sup>, mientras que el suministro de GNL tiene

un costo unitario de 0.5123 U\$/m<sup>3</sup>, con una diferencia de 0.1870 U\$/m<sup>3</sup>, lo que representa 26.74% menos el valor del costo unitario del GNL con respecto al GNC.



**Figura 6: Benchmarking entre costos unitarios entre las dos tecnologías de gasoducto virtual**  
Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se tiene el Cuadro N° 4, donde se presenta para cada tipo de planta según su capacidad el ahorro potencial por la reconversión tecnológico de sus equipos, básicamente calderos pirotubulares, desde Petróleo Residual 500 a Gas Natural suministrado vía gasoducto virtual a la ciudad de Chimbote (zona industrial de 27 de Octubre), notándose que la inversión es mucho mayor a medida de que la planta es de mayor capacidad, ahora el pay back o periodo de recupero de la inversión con los propios ahorros, es mucho mayor para empresas de mayor capacidad, así tenemos las empresas de 120 a 90 Toneladas de materia prima de capacidad/hora, con valores de 1.07 a 1.85 años, dependiendo esto del volumen de producción anual y de la disponibilidad de materia prima a procesar, hay que tener en cuenta que el porcentaje de tiempo de producción, es menor al 12.5%, con lo cual la mayor parte del tiempo las empresas se han encontrado en espera de materia prima a procesar, con lo que un incremento del ritmo de producción, reducirían mucho más el pay back. A diferencia las plantas de menor capacidad (10 a 5 Toneladas de materia prima de capacidad/hora) presentan altos periodos de recuperación de la inversión.

**Cuadro N° 4 Comportamiento de la Inversión y Pay back de la muestra de estudio al suministrársele GN virtual con GNL**

	CAPACIDAD	MAX.DEMANDA	INVERSION	AHORRO	PAY BACK	PRODUCCION	TIEMPO DE
	TON/H	M3/MES	U\$	U\$	AÑOS	AÑO	PRODUCCION
PLANTA 1	120	528251.34	360000.00	316908.17	1.14	30701.0	11.68%
PLANTA 2	120	558761.80	360000.00	335211.98	1.07	32060.0	12.20%
PLANTA 3	90	357138.36	290000.00	214254.20	1.35	20810.0	10.56%
PLANTA 4	90	261294.25	290000.00	156755.46	1.85	15970.0	8.10%
PLANTA 5	90	370184.05	290000.00	222080.55	1.31	21240.0	10.78%
PLANTA 6	60	259082.77	240000.00	155428.75	1.54	14980.0	11.40%
PLANTA 7	60	204437.80	240000.00	122646.18	1.96	11730.0	8.93%
PLANTA 8	60	173406.84	240000.00	104030.11	2.31	10210.0	7.77%
PLANTA 9	30	134113.29	180000.00	80457.15	2.24	7560.0	11.51%
PLANTA 10	10	59726.39	103340.00	35831.02	2.88	3350.0	15.30%
PLANTA 11	10	42781.06	103340.00	25665.18	4.03	2370.0	10.82%
PLANTA 12	5	26367.47	76000.00	15818.35	4.80	1450.0	13.24%

Fuente: Elaboración propia



## Discusión

Habiendo presentado los resultados de la investigación, a continuación se procederá con la discusión, la misma que se iniciará con la discusión correspondiente:

Barreto Lázaro y Castillo Quiñones 2014), plantean en su trabajo de investigación el suministro de GNL a una empresa única en la ciudad de Coishco, a un costo unitario de 1.01 U\$/m<sup>3</sup> con un TIR de 85%, mediante el cual se debe contar con una planta satélite de GNL para la recepción del combustible que involucre una unidad de almacenamiento según la Norma UNE de 60 a 200 m<sup>3</sup> para almacenar un promedio de 108 m<sup>3</sup>, para nuestro caso se obtuvo un costo unitario de 0.6993 U\$/m<sup>3</sup> con un Pay back desde 1.07 años para plantas de 120 Toneladas de materia prima de capacidad/hora, hasta valores de 4.8 años para plantas de 5 toneladas de materia prima de capacidad/hora.

Se ha cuantificado la demanda de energía térmica en la zona industrial del 27 de Octubre, la cual varía en función a la capacidad de la Planta y de la disponibilidad de la materia prima en zonas cercanas a la Empresa, se distinguen dos periodos significativos de procesamiento o producción (meses de Febrero- abril y octubre-noviembre), siendo esos periodos los más significativos para el uso del Gas Natural vía gasoducto virtual.

Se tienen dos tecnologías de suministro de Gas Natural, una de ellas a través del Gas Natural Comprimido la cual necesariamente necesita una cadena de suministro larga, que va desde los yacimientos de Camisea, red principal de transporte desde Camisea hasta el City Gate en Lima, distribución en media presión en la ciudad de Lima, en donde se encuentran las plantas de Compresión de Gas, las cuales preparan al Gas Natural a una presión de 200 Bar y 20 °C para su transporte en gasoductos virtuales desde la ciudad de Lima hasta la zona industrial del 27 de Octubre a través de camiones presurizados, finalmente cada Empresa Pesquera debe contar con una estación de descompresión para recepcionar el GNC antes de ser consumido en los calderos.

La tecnología de suministro de Gas Natural vía gasoducto virtual a través de GNL consta de la siguiente cadena de suministro que se inicia desde los yacimientos de Camisea, red principal de transporte desde Camisea a Pisco (localidad en donde se ubica la Planta de licuefacción de Pampa Melchorita), seguidamente se tiene un proceso de licuefacción del gas natural a 1 Bar de presión y -161 °C, punto termodinámico para la obtención del GNL y así poder transportarlo vía gasoducto virtual en camiones criogénicos desde Pisco hasta la zona industrial del 27 de Octubre en Chimbote. Finalmente cada empresa debe contar con una propia planta o isla de regasificación para poder acondicionar el gas natural antes de su consumo.

En el aspecto tecnológico, a través del GNL se puede reducir el volumen del gas natural en 600 veces para su transporte en estado líquido a temperaturas criogénicas, mientras que mediante el GNC se puede reducir el volumen del gas natural hasta 268 veces para su transporte en estado gaseoso comprimido. Con lo cual el GNL resulta mucho más ventajoso en el volumen a transportar virtualmente, con un valor cercano al doble con el que se puede transportar GNC. La limitante tecnológica, para este tipo de suministro de GNL es que cada empresa debe tener una planta de regasificación en la misma empresa para poder adecuar al gas natural para sus centros de consumo. Una planta de regasificación involucra por lo general los siguientes componentes: estación de suministro, evaporadores, estación de compresión y estación de medición y control, lo cual trae consigo que los costos unitarios de la componente de suministro del GNL sea mayor al del GNC, con valores de 0.2597 y 0.2532 U\$/m<sup>3</sup> respectivamente.

En el aspecto económico, la rentabilidad del uso del gas natural en la ciudad de Chimbote (Zona industrial del 27 de Octubre) radica en la capacidad de producción o el tamaño de planta, en donde los periodos de recuperación de la inversión son más cortos a medida de que la empresa que opta por este combustible presenta una mayor capacidad de producción, tal como ocurre con las plantas de 120 a 90 toneladas de materia prima de capacidad/hora, a diferencia de las empresas de 5 a 10 Toneladas de materia prima de capacidad/hora. Este aspecto tiende a solucionarse en la razón de que se incrementa el tiempo de producción, teniendo en cuenta que

la evaluación para el año 2,014 ha sido ente 8 a 15 % del tiempo total disponible de planta, esto debido al factor de disponibilidad de materia prima en la zona cercana al puerto de Chimbote.

### Conclusiones

Se cuantificó la demanda de gas natural para el año 2014, el cual es de 35'706,544.98 m<sup>3</sup>/año, el cual sustituiría a un consumo de 6'692,516.70 galones de petróleo R500/año, con un equivalente energético de 5.41 m<sup>3</sup> de Gas Natural por cada galón de petróleo residual 500. Esto se realizó teniendo en cuenta que tanto la producción de vapor como las eficiencias de los calderos a reconvertir tecnológicamente permanecen constantes.

Se determinó el costo unitario de suministro de Gas Natural a la zona industrial del 27 de Octubre de la ciudad de Chimbote vía gasoducto virtual mediante GNC, el cual tiene un valor de 0.6933 U\$/m<sup>3</sup>, donde el 36 % de este costo lo representa el componente de suministro que debe tener cada empresa, en este caso una estación de descompresión y acondicionamiento, control y medición del gas natural antes de su consumo.

Se determinó el costo unitario de suministro de Gas Natural a la zona industrial del 27 de Octubre de la ciudad de Chimbote vía gasoducto virtual mediante GNL, el cual tiene un valor de 0.5123 U\$/m<sup>3</sup>, donde el 50.79 % de este costo lo representa el componente de suministro que debe tener cada empresa, en este caso una estación de regasificación y acondicionamiento, control y medición del gas natural antes de su consumo.

Se tiene un benchmarking entre las dos tecnologías de suministro referente a los costos unitarios, encontrándose que mediante el suministro vía gasoducto virtual con GNL se tiene un valor de 0.5123 U\$/m<sup>3</sup> lo que representa un costo inferior en 0.1870 U\$/m<sup>3</sup> al gasoducto virtual vía GNC, en un porcentaje menor a 26.74% .

### Referencias bibliográficas

- Arias, L. (2002). "Libro del gas natural". Aceros Arequipa. Perú. 2002. [Citado el: 22.03.2015.] [http://bvs.minsa.gob.pe:81/local/GOB/990\\_AUTOR27.pdf](http://bvs.minsa.gob.pe:81/local/GOB/990_AUTOR27.pdf)
- Barreto, L., Castillo, Q. (2014). Optimización de los indicadores energéticos de productividad de la Empresa Pesquera Ribaud S.A mediante el uso de gas Natural Licuado en el área de calderos. Universidad Nacional del Santa.Chimbote.Tesis.
- Baltodano, S., Huamán, L. (2011). Estudio técnico económico para la implantación de gasocentros virtuales de GNV desde Lima A Chimbote. Universidad Nacional del Santa.Chimbote. Tesis
- Castillo, P. (s.f.). (2015). Combustión industrial del gas natural". Instituto Latinoamericano de Innovación Tecnológica en Combustión. [file:///C:/Users/USER/Downloads/COMBUSTION INDUSTRIAL DE GAS%20NATURAL%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/COMBUSTION INDUSTRIAL DE GAS%20NATURAL%20(1).pdf)
- INDECOPI (2003). "Norma técnica de evaluación de calderos pirotubulares". 1 ° Edicion. Perú. 40 p.
- INDECOPI .NTP 111.019:2007 GAS NATURAL SECO. Estación de servicio para venta al público de gas natural vehicular. INDECOPI 2007.2ª Edición.
- INDECOPI .NTP 111.031:2008 GAS NATURAL SECO. Estación de compresión, módulos contenedores o de almacenamiento y estación de descompresión para el gas natural comprimido (GNC). INDECOPI 2008. 2ª Edición.
- INDECOPI .NTP 111.032:2008 GAS NATURAL SECO. Estación de servicio de gas natural licuado (GNL), estaciones de servicio GNL-GNV, suministro GNL-GN a industrias, comercios y residencias. INDECOPI 2008.2ª Edición.

- OSINERGMIN (2015). La Industria del Gas Natural en el Peru. Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria.. [Citado el: 10.04.2015.] [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/industria-gasnatural-Peru.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/industria-gasnatural-Peru.pdf)
- León Marcos. (2013). Influencia del cambio de combustible petróleo r500 por gas natural en calderos para la reducción de los indicadores energéticos de la empresa Austral Group sac-2013. Universidad César Vallejo. Chimbote. Tesis
- OSINERGMIN (2015). Masificación del Gas natural en el Perú. Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria. [Citado el: 10.02.2015.] <http://www2.osinergmin.gob.pe/Infotec/GasNatural/pdf/libro%20de%20masificacion%20del%20gas%20natural%20para%20WEB.pdf>
- Leidenger, Otto. (1997). “Procesos industriales”. Editorial Fondo Editorial PUCP. 1 ° Edición. Perú. 1997. 283 p. ISBN 9972420787
- Llorens Morraja. (2009). “Ingeniería térmica “. Editorial Marcombo. 1° Edicion. España. 339 p. ISBN 8426715311
- Ministerio de Energía y Minas (2008). D.S. N° 050-2008- REGLAMENTO DE COMERCIALIZACIÓN DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) Y GAS NATURAL LICUEFACTADO (GNL) Ministerio de Energía y Minas.
- Ocampo, José. “Situaciones y perspectivas del gas natural licuado en América Latina”. United Nations. (2008). 68 p. ISBN 9213231768.
- Velásquez Pascual. (2014). Análisis de las tecnologías de abastecimiento de gas natural en la Estación de Servicio Rentik para el consumo de Gas Natural en las Empresas Pesqueras – Chimbote Perú. Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Tesis.