

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

SUSTITUCIÓN DEL PETRÓLEO INDUSTRIAL 6 (PI-6) POR GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) EN LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE PARA REDUCIR COSTOS DE PRODUCCIÓN Y EMISIONES GASEOSAS.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍA

AUTORES:

**Bach. NIL JACINTO LUIS LAU PINEDA
Bach. JHEISSON DHANNIEL CORRO INOSTROZA**

ASESOR:

ING. JULIO ESCATE RAVELLO

**NUEVO CHIMBOTE
FEBRERO DEL 2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente trabajo de investigación titulado, SUSTITUCIÓN DEL PETRÓLEO INDUSTRIAL 6 (PI-6) POR GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) EN LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE PARA REDUCIR COSTOS DE PRODUCCIÓN Y EMISIONES GASEOSAS para optar el título profesional de Ingeniería en Energía ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.

Ing. Julio Escate Ravello
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR DE
TESIS

El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe desarrollado en cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al Reglamento General para obtener el Grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R D N°492-2017-CU-R-UNS), titulado: SUSTITUCIÓN DEL PETRÓLEO INDUSTRIAL 6 (PI-6) POR GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) EN LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE.

AUTORES: Bach. LAU PINEDA, NIL JACINTO LUIS
 Bach. CORRO INOSTROZA, JHEISSON DHANNIEL

Revisado y Evaluado por el siguiente Jurado Evaluador

Mg. Leonidas Yauri García
PRESIDENTE

Mg. Robert Guevara Chinchayán
SECRETARIO

Ing. Julio Escate Ravello
ASESOR

DEDICATORIA

DEDICATORIA

A mis padres Mario y Alice por ser unas personas ejemplares, por ser mis mejores consejeros, también por haberme brindado siempre todo su apoyo incondicional en el desarrollo de mi formación académica profesional. A mi hermana Elena que siempre he contado con ella en todo momento y circunstancia.

Nil

A mis padres Tito y Rosi por estar siempre apoyándome en mí desarrollo profesional. A mis hijos Estrella y Max que son el motor para seguir adelante en este camino de la vida. A mis hermanos Roni y Yessenia que siempre contare con ellos.

Jheisson

AGRADECIMIENTO

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor Ing. Julio Escate Ravello por su apoyo brindado en el desarrollo y culminación de la presente tesis.

A los docentes de la E.A.P. de Ingeniería en Energía por los conocimientos y consejos brindados durante nuestra permanencia en la universidad.

A la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote por permitirnos realizar el presente estudio en sus instalaciones y brindarnos todas las facilidades.

Nil y Jheisson

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE SIMBOLOS	viii
DEFINICIONES	x
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. Antecedentes	15
1.2. Justificación e Importancia del Estudio	16
1.3. Formulación del Problema	16
1.4. Formulación de la Hipótesis.....	17
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo General	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. Petróleo Industrial 6.....	20
2.2. Aspectos Generales sobre el Gas Natural.....	23
2.2.1. Gas Natural	23
2.2.2. Gas Natural Seco	24
2.2.3. Líquidos del Gas Natural (LGN)	24
2.2.4. Gas Natural Comprimido (GNC).....	25
2.2.5. Gas Natural Licuado (GNL).....	26
2.3. Gas Natural de Camisea	27
2.4. Aplicaciones Industriales del Gas Natural.....	30
2.5. Ventajas del Uso del Gas Natural en la Industria	36
2.5.1. Ventajas Operacionales	36
2.5.2. Ventajas Económicas.....	36
2.5.3. Ventajas Medioambientales	37
2.6. Suministro Virtual del Gas Natural.....	38

2.6.1. Suministro Virtual del GNC.....	38
2.6.2. Suministro Virtual del GNL	41
2.7. Método para Calcular la Demanda Diaria de GNC en la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote	43
2.8. Método para Calcular la Potencia de un Quemador Dual a Gas Natural / Petróleo Industrial.....	44
2.9. Método para Calcular el Poder Fumígeno de un Combustible	46
2.9.1. Método para Calcular el Poder Fumígeno Seco de un Combustible Líquido o Solido.....	46
2.9.2. Método para Calcular el Poder Fumígeno Seco de un Combustible Gaseoso (como mezcla)	48
2.10. Normativa Legal para las Emisiones Gaseosas en la Industria de la Harina de Pescado	51
2.11. Indicadores Económicos para una Inversión	51
2.11.1. Valor Actual Neto (VAN).....	51
2.11.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	53
2.11.3. Tiempo de Recuperación de la Inversión (PAY BACK).....	54
CAPÍTULO III. MATERIAL Y MÉTODO	56
3.1. Tipo y Diseño de Estudio	57
3.2. Población de Estudio	57
3.3. Materiales	58
3.4. Recolección de Datos	58
CAPÍTULO IV. CÁLCULOS.....	60
4.1. Determinación del Estado Actual del Consumo de PI-6 en la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote	61
4.2. Cálculo de la Demanda Diaria de GNC en la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote	62
4.3. Descripción de las Empresas Suministradoras del GNC Virtual.....	64
4.3.1. NEOGAS PERÚ S.A.	64
4.3.2. GNC ENERGÍA PERÚ S.A.....	67
4.3.3. Especialistas en Gas del Perú S.A.C.	69

4.4.	Determinación de la Cantidad de Unidades Semirremolques de GNC para Abastecer a la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote	71
4.5.	Descripción de la Estación de Descompresión y la Estación de Regulación de Presión y Medición (ERPM) para la Operación del Sistema GNC Virtual.....	72
4.5.1.	Estación de Descompresión.....	72
4.5.2.	Estación de Regulación de Presión y Medición (ERPM).....	74
4.6.	Quemadores Duales a Gas Natural / Petróleo Industrial para la Conversión de las Calderas y el Secador SRI	76
4.7.	Calculo de la Reducción de los Costos de Producción por la Sustitución de Combustible.....	80
4.8.	Calculo de la Reducción de las Emisiones Gaseosas por la Sustitución de Combustible.....	81
4.9.	Determinación del Costo Inicial de Inversión para la Sustitución de Combustible.....	86
4.10.	Determinación del Valor Actual Neto (VAN)	86
4.11.	Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	88
4.12.	Determinación del Tiempo de Recuperación de la Inversión (PAY BACK)	89
	CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
	CONCLUSIONES	96
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	100
	ANEXOS.....	102

RESUMEN

La presente tesis Sustitución del Petróleo Industrial 6 (PI-6) por Gas Natural Comprimido (GNC) en la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote para Reducir Costos de Producción y Emisiones Gaseosas, tiene por objetivo principal determinar la reducción de los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente por la sustitución de combustible.

En la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote existe la siguiente problemática: se utiliza petróleo industrial 6 como fuente energética para la producción de vapor en calderas y en el proceso de secado en un secador con recirculación intensiva de gases (SRI), pero a su vez la combustión del petróleo industrial 6 genera gran cantidad de emisiones gaseosas que contaminan el medio ambiente, además requiere de calentamiento previo a su bombeo y atomización en los quemadores debido a su elevada viscosidad. En la actualidad se puede disponer de una alternativa energética para sustituir al petróleo industrial 6 en dicha planta, el cual es el gas natural comprimido con las ventajas de que es un combustible económico, de baja generación de emisiones gaseosas contaminantes y además no requiere calentamiento previo, por lo que es una excelente propuesta con el objetivo de reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente en dicha planta.

Para el abastecimiento de gas natural comprimido a esta Planta se propone el suministro virtual del GNC, en el cual se emplean unidades semirremolques para transportar módulos o cilindros de gas natural comprimido a 200-250 bares de presión hacia el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gaseoducto.

Al sustituir el petróleo industrial 6 por gas natural comprimido se espera reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente en un 20%.

Finalmente el gas natural comprimido (suministro virtual) se presenta como una excelente alternativa energética para la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote en sustitución del petróleo industrial 6, con el objetivo de reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente.

Palabras Claves: Sustitución de combustible, petróleo industrial 6, gas natural comprimido, suministro virtual del GNC, reducción de costos de producción y emisiones gaseosas, industria de la harina de pescado.

ABSTRACT

This thesis Substitution of Industrial Oil 6 (PI-6) by Compressed Natural Gas (CNG) in the Copeinca Chimbote Fishmeal Plant to Reduce Production Costs and Gaseous Emissions, has as main objective to determine the reduction of the costs of production and gaseous emissions to the environment through the substitution of fuel.

In the Copeinca Chimbote fishmeal plant, the following problem exists: industrial oil 6 is used as an energy source for steam production in boilers and in the drying process in a dryer with intensive gas recirculation (SRI), but at its once the combustion of industrial oil 6 generates a large amount of gaseous emissions that pollute the environment, it also requires heating prior to pumping and atomization in the burners due to its high viscosity. At present, an alternative energy can be available to replace industrial oil 6 in said plant, which is compressed natural gas with the advantages that it is an economic fuel, with low generation of polluting gaseous emissions and also does not require previous heating, so it is an excellent proposal with the objective of reducing production costs and gaseous emissions to the environment in said plant.

For the supply of compressed natural gas to this Plant, the virtual supply of CNG is proposed, in which semi-trailer units are used to transport modules or cylinders of compressed natural gas at 200-250 bars of pressure to the place of demand, without the need to have a gas pipeline.

By replacing industrial oil 6 with compressed natural gas, it is expected to reduce production costs and gas emissions to the environment by 20%.

Finally, compressed natural gas (virtual supply) is presented as an excellent alternative energy for the Copeinca Chimbote fishmeal plant replacing industrial oil 6, with the objective of reducing production costs and gaseous emissions to the environment.

Key words: Fuel substitution, industrial oil 6, compressed natural gas, virtual CNG supply, reduction of production costs and gaseous emissions, fishmeal industry.

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Composición y Propiedades del PI-6	22
Tabla 2.2: Composición y propiedades del gas natural seco de Camisea	28
Tabla 2.3: Emisiones gaseosas producidas por la combustión del gas natural y el petróleo industrial 6 en una caldera	38
Tabla 3.1: Calderas Pirotubulares de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.....	57
Tabla 3.2: Secador SRI de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote	58
Tabla 4.1: Producción de harina de pescado y consumo de PI-6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote	61
Tabla 4.2: Datos de la Empresa Neogas Perú S.A.	65
Tabla 4.3: Modelos de unidades semirremolques de GNC - Neogas Perú S.A.	66
Tabla 4.4: Potencias requeridas para los quemadores duales de las calderas en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote	77
Tabla 4.5: Potencia requerida para el quemador dual del secador SRI en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote	77
Tabla 4.6: Modelos de quemadores duales a gas natural / petróleo industrial en la marca OILON	78
Tabla 4.7. Resultados del análisis de los gases de combustión de las calderas y el secador SRI en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote	82
Tabla 4.8. Costo inicial de inversión para la conversión al sistema GNC	86
Tabla 4.9. Flujos de caja para el estudio de sustitución de combustible	89

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1. Obtención del petróleo industrial 6 (fuel oil) a partir del petróleo crudo	21
Fig. 2.2. Instalación típica del petróleo industrial 6 en una Planta industrial	21
Fig. 2.3. Yacimiento de gas natural.....	23
Fig. 2.4. Diagrama del proceso de obtención del gas natural seco y los líquidos del gas natural (LGN)	25
Fig. 2.5. Gas natural vehicular (GNV)	26
Fig. 2.6. Barcos metaneros de GNL	27
Fig. 2.7. Gaseoducto y poliducto de Camisea hacia Lima y Pisco	29
Fig. 2.8. Gaseoducto Regional en el Departamento de Ica	29
Fig. 2.9. Proyecto Gaseoducto Sur Peruano en desarrollo	30
Fig. 2.10. Industria del vidrio	31
Fig. 2.11. Industria de alimentos	31
Fig. 2.12. Industria textil	32
Fig. 2.13. Industria de cerámicas	32
Fig. 2.14. Industria del cemento	33
Fig. 2.15. Industria de metales	33
Fig. 2.16. Generación de electricidad con gas natural	34
Fig. 2.17. Fabricación de diversos productos petroquímicos a partir del gas natural	35
Fig. 2.18. Costos de combustibles por unidad de energía entregada	37
Fig. 2.19. Estación de descompresión (arriba) y estación de regulación de presión y medición – ERPM (abajo), utilizado para el sector industrial	39
Fig. 2.20. Unidad de potencia hidráulica - HPU, utilizado para el sector vehicular	40
Fig. 2.21. Cadena de operación del suministro virtual del GNC	40
Fig. 2.22. Modelos de unidades semirremolques utilizados para el transporte de GNC, del tipo cilindros (arriba), del tipo modular (abajo)	41
Fig. 2.23. Cadena de operación del suministro virtual de GNL	42

Fig. 4.1. Indicador de PI-6 en la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote (Periodo 2014 – 2016)	62
Fig. 4.2. Ubicación de la Planta de compresión Neogas Perú S.A. en Lurín-Lima	65
Fig. 4.3. Unidad Semirremolque de GNC de Neogas Perú S.A	66
Fig. 4.4. Esquema de funcionamiento del gaseoducto virtual de GNC ENERGIA PERU	67
Fig. 4.5. Unidades semirremolques para transporte de MAT's de 1500 m3 de GNC cada uno - GNC ENERGIA PERU	68
Fig. 4.6. Ubicación de la planta de compresión de GNC ENERGIA PERU S.A. en Lurín-Lima	68
Fig. 4.7. Tecnología tipo I	69
Fig. 4.8. Tecnología tipo II	70
Fig. 4.9. Tecnología tipo III	70
Fig. 4.10. Diagrama de operación de la Estación de Descompresión	72
Fig. 4.11. Interior de la Estación de descompresión	73
Fig. 4.12. Unidad semirremolques de GNC en la estación de descompresión para iniciar la descarga del gas natural	73
Fig. 4.13. Conexión de la unidad semirremolque de GNC hacia la estación de descompresión	74
Fig. 4.14. Diagrama de la ERPM	75
Fig. 4.15. Vista panorámica de una ERPM	76
Fig. 4.16. Quemador dual Oilon serie ME	78
Fig. 4.17. Quemador dual marca Saacke	79
Fig. 4.18. Instalación de quemador dual Oilon en una caldera de 500 BHP	79
Fig. 4.19. Calderas con quemadores duales OILON	80
Fig. 5.1. Distancia y tiempo de viaje aproximado de las unidades semirremolques de GNC desde Lima para abastecer a la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote	92

LISTA DE SIMBOLOS

A	:	Desembolso inicial
BHP	:	Boiler Horsepower
C	:	Fracción másica de carbono
H	:	Fracción másica de hidrogeno
k	:	Tipo de descuento
L_V	:	Calor latente de vaporización para el agua a 100 °C
n	:	Número de años, vida de la inversión
O	:	Fracción másica de oxígeno
PCI	:	Poder calorífico inferior
P	:	Plazo de recuperación
$P_{\text{QUEMADOR_CALDERA}}$:	Potencia de un quemador para caldera
$P_{\text{QUEMADOR_SECADOR}}$:	Potencia de un quemador para secador SRI
Q_{CALDERA}	:	Calor absorbido por el vapor en una caldera
Q_{SECADOR}	:	Calor absorbido por un secador SRI
Q1, Q2.....Qn	:	Flujo netos de caja de cada período
r	:	Tasa de retorno o TIR
S	:	Fracción másica de azufre
$V_{\text{gases secos } l,s}$:	Poder fumígeno seco de la combustión estequiometrica de 1 kg de un combustible líquido o sólido
$V'_{\text{gases secos } l,s}$:	Poder fumígeno seco de una combustión real con exceso de aire para 1 kg de un combustible líquido o sólido
$V_{\text{gases secos } g}$:	Poder fumígeno seco de la combustión estequimétrica de 1 m ³ de un combustible gaseoso del tipo C _x H _y
$V_{\text{gases secos } m,g}$:	Poder fumígeno seco de 1 m ³ de una mezcla de combustibles gaseosos del tipo C _x H _y

$V'_{\text{gases secos}_{mg}}$:	Poder fumígeno seco de 1 m ³ de una mezcla de combustibles gaseosos del tipo C _x H _y con exceso de aire
$V_{\text{at}_{l,s}}$:	Volumen de aire teórico para la combustión estequiometrica de 1 kg de un combustible líquido o sólido
V_{at_g}	:	Volumen de aire teórico para la combustión estequiometrica de 1 m ³ de un combustible gaseoso del tipo C _x H _y
$V_{\text{at}_{mg}}$:	Volumen de aire teórico para la combustión estequiometrica de 1 m ³ de una mezcla de combustibles gaseosos del tipo C _x H _y
$V_{\text{exceso de aire}}$:	Volumen de exceso de aire
X	:	Átomos de carbono
X_i	:	Fracción volumétrica de un componente
y	:	Átomos de hidrogeno
η	:	Eficiencia térmica
λ	:	Coeficiente de exceso de aire
%e	:	Porcentaje de exceso de aire

DEFINICIONES.

Harina de pescado: Alimento proteico obtenido del procesamiento de peces marinos, se utiliza como ingrediente para la producción de alimentos balanceados para consumo en aves, cerdos, rumiantes, ganado vacuno, ovino, piscicultura, etc. En el Perú por normativa legal se utiliza a las especies anchoveta (*Engraulis ringens*) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*) para la producción de harina de pescado.

Petróleo industrial 6: Combustible residual derivado del petróleo crudo, presenta alta viscosidad por lo que requiere calentamiento previo antes de su bombeo y atomización en el quemador, se utiliza en el sector industrial.

Gas natural comprimido (GNC): Es Gas natural seco que ha sido comprimido para almacenarlo en contenedores a presiones entre 200 a 250 bares, se le utiliza como gas natural vehicular (GNV) o para el suministro virtual del GNC.

Suministro virtual del GNC: Tecnología empleada para suministrar gas natural mediante el uso de unidades semirremolques que transportan módulos o cilindros de gas natural comprimido a 200-250 bares de presión hacia el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gaseoducto.

Costos de producción: Son los gastos necesarios para la producción de un determinado servicio o bien.

Emisiones gaseosas: Son los gases generados por una determinada actividad en la industria, en el sector vehicular, etc., que finalmente van al medio ambiente ocasionando su contaminación.

Caldera de vapor: Equipo utilizado para la producción de vapor, puede ser del tipo pirotubular o acutubular.

Secador con recirculación intensiva de gases (SRI): Secador convectivo de tipo tambor, utiliza como medio de secado flujos de gases calientes recirculados que son calentados a través de un intercambiador de calor.

Mercaptanos: Sustancia química no tóxica que se adiciona al gas natural para hacerlo percible al olfato y detectar así posibles fugas, este químico huele a “huevo podrido”.

Poder fumígeno de un combustible: Es el volumen de gases en Nm^3 que se producen por la combustión de una unidad (en kg o Nm^3) de un determinado combustible.

Hollín: Material particulado de carbono impuro de pequeñas dimensiones (desde unos 100 nanómetros hasta 5 micras como máximo), producto de la combustión de combustibles líquidos pesados o del carbón en sus diferentes variedades. El hollín ocasiona ensuciamiento y contaminación de las instalaciones industriales, las ciudades y los ecosistemas; también afecta la salud de la población y de los seres vivos que se encuentren cerca de la fuente de generación.

Quemador de combustión: Dispositivo utilizado para la combustión de combustibles en equipos industriales, se pueden encontrar para un solo tipo de combustible o del tipo dual que trabaja con 2 tipos de combustibles.

INTRODUCCIÓN

El petróleo industrial 6 es un combustible residual ampliamente utilizado en la industria de la harina de pescado desde hace mucho tiempo atrás, a pesar de las desventajas que presenta como su elevada viscosidad, requiriendo precalentamiento para su bombeo y atomización en los quemadores, también está la gran cantidad de emisiones gaseosas que genera su combustión contaminando el medio ambiente, pero su uso se justifica debido al bajo costo por unidad de energía entregada que presenta. En la actualidad se puede disponer de una alternativa energética mucho más ventajosa, el cual es el gas natural comprimido, con las ventajas de que es un combustible económico, de baja emisiones gaseosas contaminantes y además no requiere precalentamiento, por lo que es una excelente propuesta para la industria de la harina de pescado.

En la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se utiliza el petróleo industrial 6 como fuente energética en calderas de vapor y en un secador con recirculación intensiva de gases (SRI), por lo que surge como alternativa el gas natural comprimido para sustituir a dicho combustible, con el objetivo de reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente. La Planta Copeinca Chimbote se ubica en la zona industrial del 27 de Octubre de la ciudad de Chimbote y tiene una capacidad de procesamiento de materia prima (anchoveta) de 150 t/h.

Para el abastecimiento del gas natural comprimido se propone el suministro virtual del GNC, en el cual se emplean unidades semirremolques para transportar módulos o cilindros de GNC a 200-250 bares de presión hacia el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gaseoducto; esta tecnología se desarrolló al igual que el suministro virtual del GNL con el objetivo de promover el consumo de gas natural en zonas que se encuentran alejadas del gaseoducto. El suministro virtual de GNC requiere de una estación

de descompresión y una estación de regulación de presión y medición (ERPM) en el lugar de consumo para su operación.

En conclusión el gas natural comprimido virtual se presenta como una excelente alternativa energética para sustituir al petróleo industrial 6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote, con el objetivo de reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente.

CAPÍTULO I
ASPECTOS GENERALES DE LA
INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

Respecto al presente estudio se ha encontrado una investigación con ciertas similitudes donde el gas natural ha sido propuesto para sustituir al petróleo diésel 2 como fuente energética en una caldera de vapor, dicho estudio fue desarrollado en la ciudad de Lima ya que en este lugar se dispone de gas natural directamente del gaseoducto, por lo que considera este tipo de suministro. Por otro lado el presente estudio se diferencia porque propone el suministro virtual del GNC como medio de abastecimiento de gas natural hacia una Planta de harina de pescado en reemplazo del petróleo industrial 6, en el suministro virtual del GNC se emplean unidades semirremolques para transportar módulos o cilindros de GNC a 200-250 bares de presión hacia el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gaseoducto.

A continuación se cita dicho estudio mencionado:

- Tesis para optar Título de Ingeniero de Petróleo “Conversión a gas natural seco de una caldera pirotubular con potencia de 500 BHP que trabaja con diesel-2”, Sixto Meléndez Gómez, Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica; Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2006.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.

El presente estudio se justifica porque muestra una excelente alternativa energética como es el gas natural comprimido para sustituir al petróleo industrial 6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote y es importante porque busca reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente en la producción de la harina de pescado.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se utiliza petróleo industrial 6 como fuente energética para la producción de vapor en calderas y para el proceso de secado de la harina de pescado en un secador con recirculación intensiva de gases (SRI), a su vez dicho combustible presenta ciertas características que desfavorecen su uso, dentro de las cuales está la gran cantidad de emisiones gaseosas que genera su combustión contaminando de esta forma el medio ambiente, además esta su elevada viscosidad por lo que requiere precalentamiento antes de su bombeo y atomización en los quemadores. Ante esta realidad existe una alternativa energética que puede sustituir al petróleo industrial 6 en dicha Planta, el cual es el gas natural comprimido con las ventajas de que es un combustible económico, de baja generación de emisiones gaseosas contaminantes y además no requiere precalentamiento, por lo que es una excelente alternativa con el objetivo de reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente en esta Planta.

Para el abastecimiento de gas natural comprimido se propone el suministro virtual del GNC, en el cual se emplean unidades semirremolques para transportar módulos o cilindros de GNC a 200-250 bares de presión hacia el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gaseoducto.

¿En qué porcentaje se reducirán los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente, al sustituir el petróleo industrial 6 por gas natural comprimido en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote?.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Al sustituir el petróleo industrial 6 por gas natural comprimido en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se reducirán en 20% los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio de sustitución del petróleo industrial 6 por gas natural comprimido en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote con el objetivo de reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar el estado actual del consumo de petróleo industrial 6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote y calcular la demanda de gas natural comprimido requerida.

- Dar a conocer a las empresas que suministran el gas natural comprimido virtual.

- Determinar la cantidad de unidades semirremolques de GNC requeridas por día para cubrir la demanda de gas natural.
- Describir la estación de descompresión y la estación de regulación de presión y medición (ERPM), necesarias para la operación del sistema gas natural virtual.
- Dimensionar y dar a conocer los quemadores duales a gas natural / petróleo industrial para la conversión de las calderas y el secador SRI al sistema gas natural.
- Calcular la reducción de los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente por la sustitución de combustible.
- Realizar una evaluación económica al estudio.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

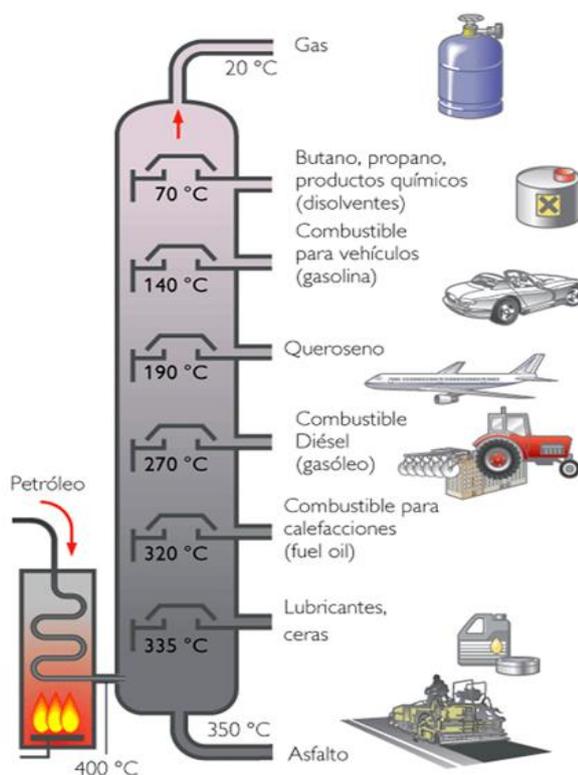
2.1. PETRÓLEO INDUSTRIAL 6.

El petróleo industrial 6 (conocido también como fuel oil) es un combustible residual obtenido del fraccionamiento del petróleo crudo (ver fig. 2.1), tiene por composición una mezcla compleja de hidrocarburos pesados en el orden de C_{12} a C_{50} , se caracteriza por su alta viscosidad a temperatura ambiente por lo que requiere calentamiento previo a su bombeo (45°C) y a su atomización en quemadores (110°C), otro aspecto a tener en cuenta es la gran cantidad de emisiones gaseosas contaminantes (CO_2 , CO , NO_x , SO_x) y hollín que genera su combustión. Debido a su contenido de azufre los gases de combustión pueden corroer el interior de los equipos a temperaturas muy bajas ($T < 150^{\circ}\text{C}$), las impurezas que presenta pueden obstruir las tuberías y filtros.

El petróleo industrial 6 se utiliza en el sector industrial donde se emplea como fuente energética en hornos, secadores, calderas de vapor, etc. Su uso se justifica debido al bajo costo por unidad de energía entregada que presenta.

Fig. 2.1. Obtención del petróleo industrial 6 (fuel oíl) a partir del petróleo crudo.

(Fuente <http://www.quimicaorganica.org/foro/3-alcanos/167-fraccionamiento-del-petroleo.html>)



A continuación se muestra una instalación típica del petróleo industrial 6 en una Planta industrial.

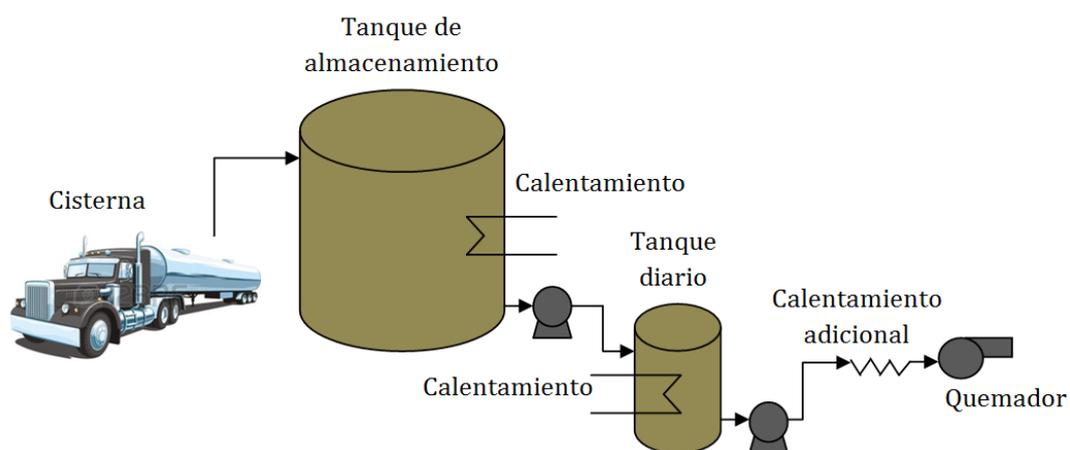


Fig. 2.2. Instalación típica del petróleo industrial 6 en una Planta industrial.

(Fuente: Elaboración propia)

El petróleo industrial 6 tiene las siguientes características:

Tabla 2.1: Composición y Propiedades del PI-6.

Composición	% en masa
Carbono	86.0
Hidrogeno	11.0
Oxigeno	1.0
Nitrógeno	0.2
Azufre	1.0
Agua	0.8
Propiedades	Parámetro
API a 60°F	15.2
Viscosidad a 100°F (cSt)	615
Punto de Inflamación (°C)	105
Residuo Carbón (%)	6.7
PCI (kcal/gal)	37907

Fuente: www.cinydesac.com/present/Beneficios-sustitucion-Residual-por-Gas-Natural.pdf.

2.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE EL GAS NATURAL.

2.2.1. GAS NATURAL.

El gas natural es un combustible gaseoso que está compuesto por una mezcla de hidrocarburos livianos, donde su principal componente es el metano (CH_4) en el orden del 80%, la fracción restante está constituido por etano, propano, butano y otros hidrocarburos más pesados tales como pentanos, hexanos y heptanos. El gas natural se encuentra en yacimientos gasíferos en el sub-suelo acompañado muchas veces de petróleo, a profundidades generalmente de entre 500 hasta 3000 metros¹ (fig. 2.3).

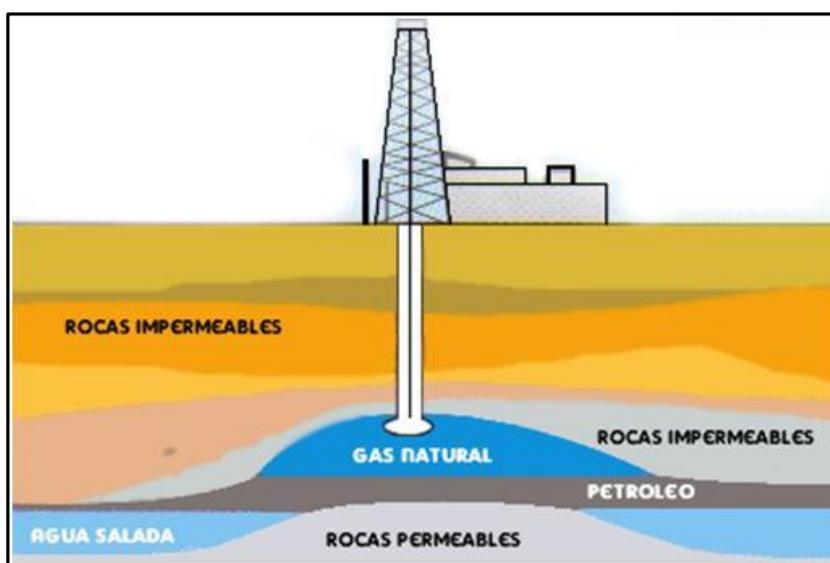


Fig. 2.3. Yacimiento de gas natural.

(Fuente <https://sites.google.com/site/nrgiatrmica/extraccion-transporte-y-procesado-del-gas-natural>)

¹ Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Hidrocarburos. (s.f.). Ventajas del uso del gas natural en la industria, de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/publicaciones/gasnatural/gasindustrial.pdf>

2.2.2. GAS NATURAL SECO.

El gas natural seco se obtiene del proceso de separación del gas natural, donde previamente se le ha extraído los condensables o líquidos del gas natural (LGN) presentes, su principal componente es el metano (CH_4) y en menor porcentaje el etano (C_2H_6), una vez obtenido el gas natural seco es transportado mediante gaseoductos a presiones mayores a 20 bares desde los centros de producción hasta los puntos denominados “city gates”, donde se le reduce la presión y se le somete a un proceso de odorización debido a que el gas natural no presenta olor, haciéndolo así detectable al olfato ante posibles fugas, para ello se utilizan las sustancias conocidas como mercaptanos; luego es distribuido a las ciudades y puntos de consumo por redes de tuberías a presiones menores a 20 bares, se emplea en el sector industrial, vehicular, comercial, residencial, de generación eléctrica, etc.

2.2.3. LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL (LGN).

Los líquidos del gas natural (LGN) son obtenidos del proceso de separación del gas natural, su composición es una mezcla de propano, butano, pentano y otros hidrocarburos más pesados, una vez obtenidos los LGN son transportados mediante poliductos hasta una planta de fraccionamiento donde se obtiene GLP y gasolinas naturales que luego son comercializados.

A continuación se muestra un diagrama del proceso de obtención del gas natural seco y los líquidos del gas natural.

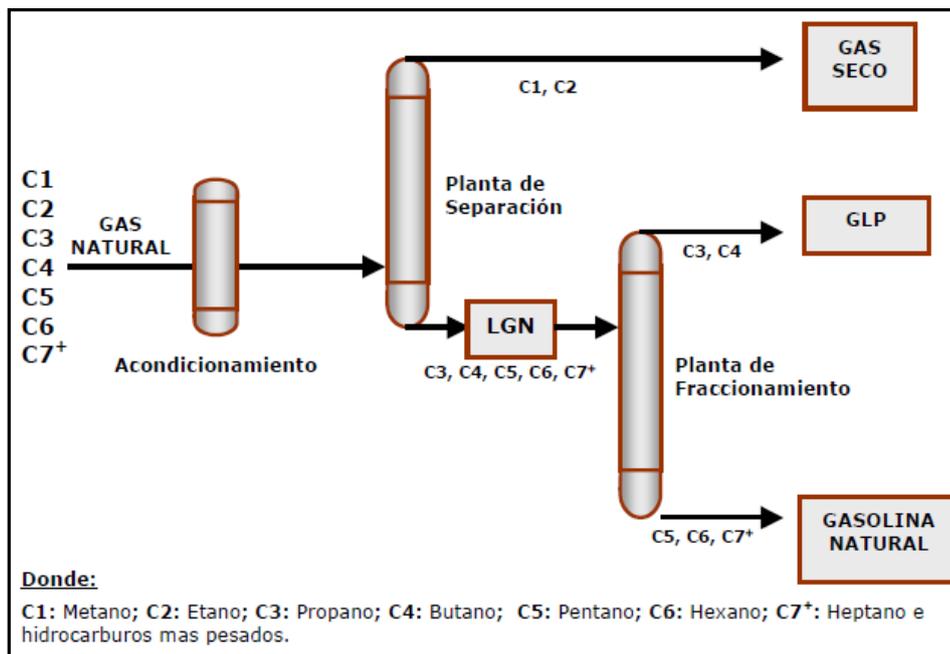


Fig. 2.4. Diagrama del proceso de obtención del gas natural seco y los líquidos del gas natural (LGN).

(Fuente: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/publicaciones/gasnatural/gasindustrial.pdf>)

2.2.4. GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC).

El GNC es gas natural seco que ha sido sometido a un proceso de compresión para almacenarlo a presiones entre 200 a 250 bares, se le emplea como combustible alternativo en el sector vehicular (conocido como gas natural vehicular - GNV, fig. 2.5) en reemplazo de las gasolinas. También se le emplea para suministrar gas natural a zonas que se encuentran alejadas del gaseoducto mediante la utilización de unidades semirremolques que transportan módulos o cilindros de GNC a 200-250 bares de presión hacia el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gaseoducto, así se promueve el consumo del gas natural, a este sistema se le conoce como suministro virtual del GNC.

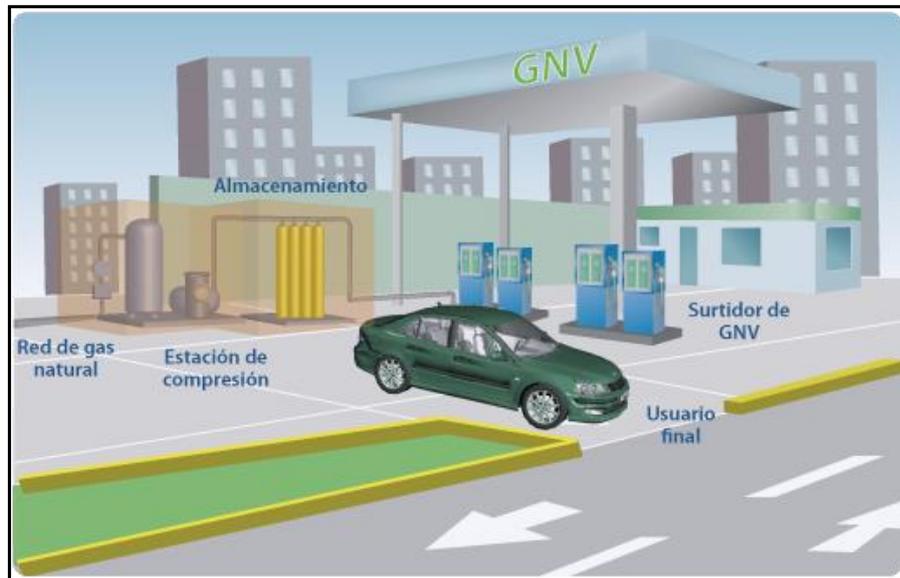


Fig. 2.5. Gas natural vehicular (GNV).

2.2.5. GAS NATURAL LICUADO (GNL).

El gas natural seco es sometido a un proceso de licuefacción para obtener GNL mediante un proceso de enfriamiento donde se le disminuye su temperatura hasta -160°C con una reducción de su volumen en aproximadamente seiscientas (600) veces, de esta forma el gas natural puede ser exportado a otros Países mediante barcos metaneros (fig. 2.6). El GNL también se emplea para abastecer gas natural a zonas que están alejadas del gaseoducto mediante el uso de cisternas, a este sistema se le conoce como suministro virtual del GNL y requiere de una planta regasificadora en el lugar de consumo.



Fig. 2.6. Barcos metaneros de GNL.

(Fuente <http://www.abc.es/economia/20140414/abci-espana-suministro-europa-ucrania-201404131629.html>)

2.3. GAS NATURAL DE CAMISEA.

Camisea es una de las más importantes reservas de gas natural en América Latina, está compuesto por dos yacimientos (San Martín y Cashiriari), ubicados en el Lote 88 y otros dos (Pagoreni y Mipaya), ubicados en el Lote 56, ambos lotes tienen un volumen de gas recuperable de 14.1 trillones de pies cúbicos (TPC). El gas natural que proviene de las operaciones de Camisea, es conducido hacia la planta de separación conocida como Malvinas, a orillas del río Urubamba, en donde se obtiene gas natural seco y líquidos del gas natural (LGN), el gas natural seco se acondiciona para ser transportado por un gasoducto hasta los departamentos de Lima e Ica para su distribución y comercialización en los sectores industrial, vehicular, residencial, etc.; los líquidos de gas natural son transportados por un poliducto hasta la planta de fraccionamiento ubicada en la ciudad de Pisco donde se obtiene propano y

butano (50%), nafta (40%) y diésel (10%) que luego son comercializados² (fig. 2.7 y 2.8).

También se cuenta con un gaseoducto de gas natural seco que va hacia la Planta de GNL Pampa Melchorita, para de esta manera exportar gas natural licuado hacia el mercado internacional mediante barcos metaneros.

A su vez se encuentra en desarrollo el Proyecto Gasoducto Sur Peruano que tiene como objetivo llevar el gas natural de Camisea a las Ciudades de Cusco, Juliaca, Arequipa, Matarani e Ilo en la zona sur de País (fig. 2.9).

A continuación se muestran las características del gas natural seco de Camisea.

Tabla 2.2: Composición y propiedades del gas natural seco de Camisea.

Composición	% en volumen
Metano (CH ₄)	88.22
Etano (C ₂ H ₆)	10.81
Propileno (C ₃ H ₆)	0.02
Nitrógeno (N ₂)	0.59
Dióxido Carbono (CO ₂)	0.36
Propiedades	Parámetro
Densidad a 15°C (kg/m ³)	0.751
PCI a 15°C (kcal/m ³)	9534

Fuente: www.cinydesac.com/present/Beneficios-sustitucion-Residual-por-Gas-Natural.pdf.

² Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. (2011). Informe quincenal de la snmpe Exportando Camisea, de <http://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/informes-quincenales/sector-hidrocarburos/1849-exportando-camisea-actualizado-octubre-de-2011.html>



Fig. 2.7. Gaseoducto y poliducto de Camisea hacia Lima y Pisco.

(Fuente: www.osinergmin.gob.pe)

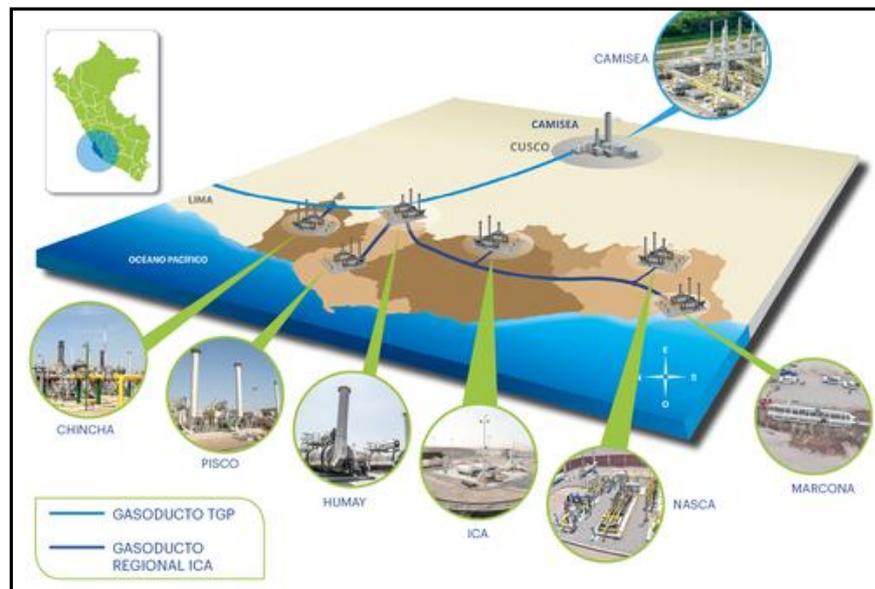


Fig. 2.8. Gaseoducto Regional en el Departamento de Ica.

(Fuente: www.contugas.com.pe)



Fig. 2.9. Proyecto Gaseoducto Sur Peruano en desarrollo.

(Fuente: www.osinergmin.gob.pe)

2.4. APLICACIONES INDUSTRIALES DEL GAS NATURAL.

El gas natural es el mejor combustible que se puede utilizar en la industria en general, por sus características reemplaza ventajosamente a otros combustibles tradicionales tales como el gas licuado de petróleo (GLP), petróleo diesel, petróleos residuales, kerosene, carbón, leña, entre otros. Se le emplea como fuente energética en hornos, calderas, secadores, etc.

A continuación se listan las diversas industrias donde se puede emplear el gas natural:

2.4.1. INDUSTRIA DEL VIDRIO.

Las propiedades físico-químicas del gas natural hacen posible la construcción de quemadores que permiten la formación de una llama con luminosidad y radiación necesarias para conseguir una óptima transmisión de la energía calórica en la masa de cristal. Así mismo es importante mencionar que con el gas natural el producto final (vidrio) sale totalmente limpio.



Fig. 2.10. Industria del vidrio.

2.4.2. INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

En la producción de alimentos, el gas natural se utiliza para los procesos de cocción y secado. El gas natural es un combustible que permite cumplir las exigencias de calidad ISO, que son requerimientos para ciertos productos de exportación.



Fig. 2.11. Industria de alimentos.

2.4.3. INDUSTRIA TEXTIL.

El gas natural permite el calentamiento directo por convección en sustitución del tradicional sistema de calentamiento mediante fluidos intermedios, consiguiendo ahorros energéticos entre 20%-30%.



Fig. 2.12. Industria textil.

2.4.4. INDUSTRIA DE CERÁMICAS.

El uso del gas natural en esta industria es muy ventajoso debido a que se consigue un ahorro económico y permite la obtención de productos de mejor calidad. Cabe indicar que los productos acabados en esta industria requieren de mucha limpieza y con el gas natural se consigue esta exigencia.



Fig. 2.13. Industria de cerámicas.

2.4.5. INDUSTRIA DEL CEMENTO.

Los hornos de las cementeras que utilizan gas natural son más eficientes y tienen mayor vida útil, no requieren de mantenimiento continuo y los gases de combustión no contaminan el ambiente como otros combustibles.



Fig. 2.14. Industria del cemento.

2.4.6. INDUSTRIA DE METALES.

El gas natural ofrece a la industria metalúrgica variadas aplicaciones, sus características lo hacen apto para todos los procesos de calentamiento de metales, tanto en la fusión como en el recalentamiento y tratamientos térmicos.



Fig. 2.15. Industria de metales.

2.4.7. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.

El gas natural es el combustible más económico para la generación de electricidad y el que produce menor impacto ambiental. Estas ventajas pueden conseguirse tanto en grandes como en pequeñas centrales termoeléctricas. La generación de electricidad con gas natural es posible mediante turbinas.

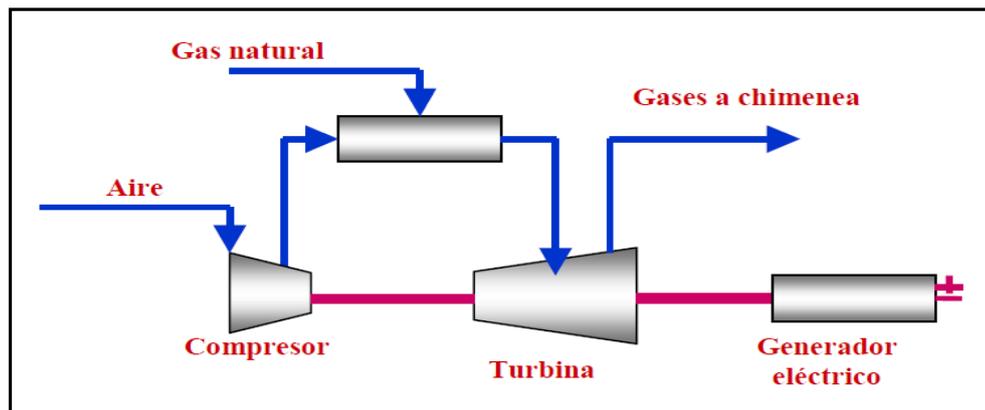


Fig. 2.16. Generación de electricidad con gas natural.

2.4.8. HIERRO ESPONJA.

El hierro esponja es el producto que se obtiene al reducir el óxido en el mineral de hierro (óxido de hierro) elevando su temperatura en estado sólido sin llegar a la fusión, utilizando para ello un elemento reductor como es el gas de síntesis, el cual es obtenido a partir del gas natural.

2.4.9. PETROQUÍMICA.

El gas natural es materia prima para la fabricación de diversos productos petroquímicos.

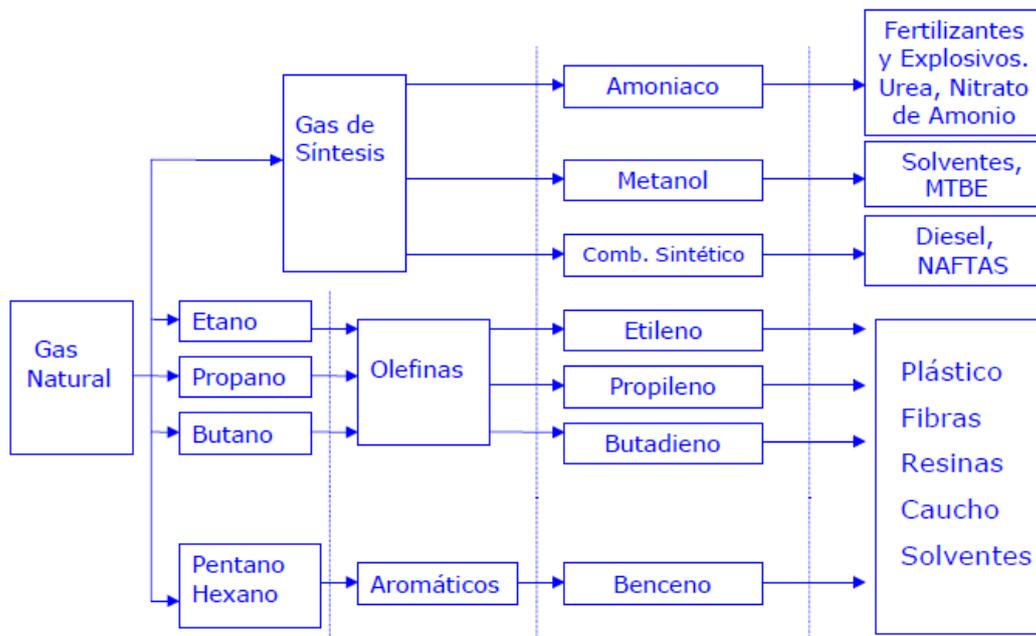


Fig. 2.17. Fabricación de diversos productos petroquímicos a partir del gas natural.

2.5. VENTAJAS DEL USO DEL GAS NATURAL EN LA INDUSTRIA.

2.5.1. VENTAJAS OPERACIONALES.

La utilización del gas natural en la industria presenta grandes ventajas operacionales, a continuación se mencionan:

- Tiene disponibilidad inmediata al no requerir precalentamiento como sucede con los combustibles líquidos residuales.
- No necesita de tanques para su almacenamiento, ni de bombas para su transporte dentro una instalación industrial.
- Los equipos a gas natural se conservan mejor en el tiempo, requiriendo por lo tanto menor mantenimiento y prolongando así sus vidas útiles.
- La regulación automática de los sistemas de combustión a gas natural es de gran precisión, pudiéndose así mantener constante la temperatura de la llama y la presión de suministro al variar la carga.

2.5.2. VENTAJAS ECONÓMICAS.

El gas natural es el combustible más económico por unidad de energía entregada, pudiéndose así obtener importantes ahorros económicos a comparación de otros combustibles tradicionales utilizados en la industria. A continuación se muestra un gráfico comparativo de costos por unidad de energía entregada para diferentes combustibles³.

³ El gráfico se elaboró en base a precios referenciales de combustibles mostrados en los Anexos A.1 y A.2.

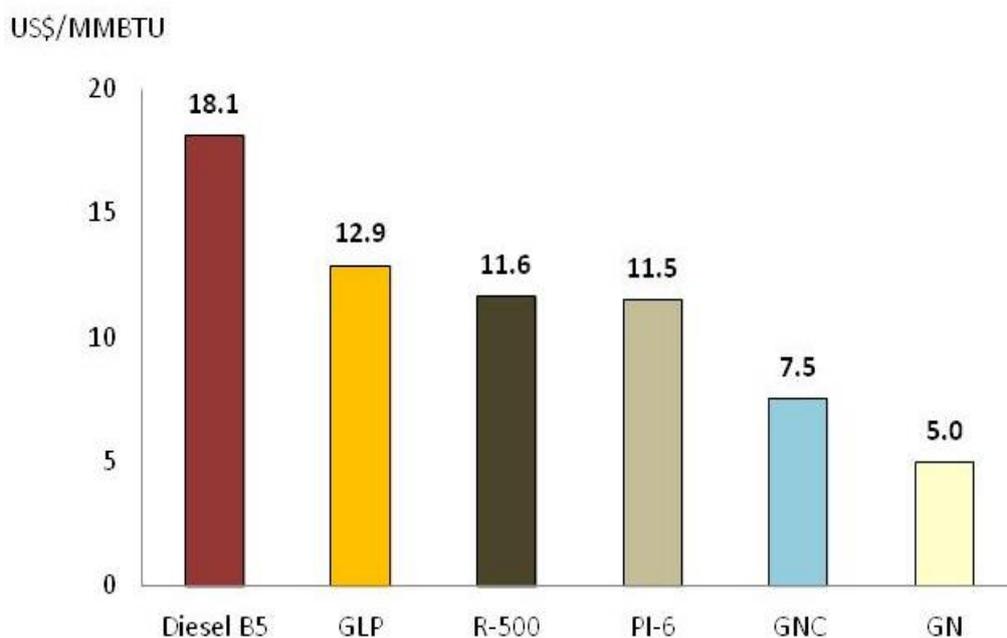


Fig. 2.18. Costos de combustibles por unidad de energía entregada.

(Fuente: Elaboración propia)

2.5.3. VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES.

El gas natural al ser un combustible con una alta eficiencia de combustión reduce la generación de emisiones gaseosas contaminantes, como son el CO₂ que es un gas invernadero, el CO que es un gas altamente tóxico para la salud y los ecosistemas, el NO_x y SO_x que son gases corrosivos generadores de lluvias ácidas, ayudando de esta forma a la preservación del medio ambiente. El gas natural es un combustible libre de azufre e impurezas, por lo que se minimiza la generación de gases corrosivos que pueden dañar los equipos de combustión y la producción de hollín que ensucia y contamina los ambientes, instalaciones industriales y las ciudades.

A continuación se muestra una tabla comparativa de emisiones producidas por la combustión del gas natural y el petróleo industrial 6 en una caldera.

Tabla 2.3: Emisiones gaseosas producidas por la combustión del gas natural y el petróleo industrial 6 en una caldera.

Parámetro	En llama baja		En llama alta	
	PI-6	GNC	PI-6	GNC
% O ₂	4.6	3.9	4.1	2.8
% CO ₂	12.4	9.5	12.8	10.1
ppm CO	10	0	17	0
ppm SO ₂	349	1	431	0
ppm NO _x	263	48	298	54

Fuente: www.unmsm.edu.pe/cedit/linked/analisis%20de%20cambio%20de%20combustible.....pdf

2.6. SUMINISTRO VIRTUAL DEL GAS NATURAL.

2.6.1. SUMINISTRO VIRTUAL DEL GNC.

El suministro virtual del GNC es una forma de abastecimiento de gas natural comprimido, en el cual se emplean unidades semirremolques para transportar módulos o cilindros de gas natural comprimido a 200-250 bares de presión hacia el lugar requerido, sin la necesidad de contar con un gaseoducto. Es rentable para cubrir pequeñas demandas en el sector industrial o vehicular, requiere de determinadas instalaciones en el lugar de consumo para su operación, para el sector industrial se requiere de una estación de descompresión y de una estación de regulación de presión y medición – ERPM (fig. 2.19), para el sector vehicular se requiere de una unidad de potencia hidráulica - HPU (fig. 2.20).



Fig. 2.19. Estación de descompresión (arriba) y estación de regulación de presión y medición – ERPM (abajo), utilizado para el sector industrial.

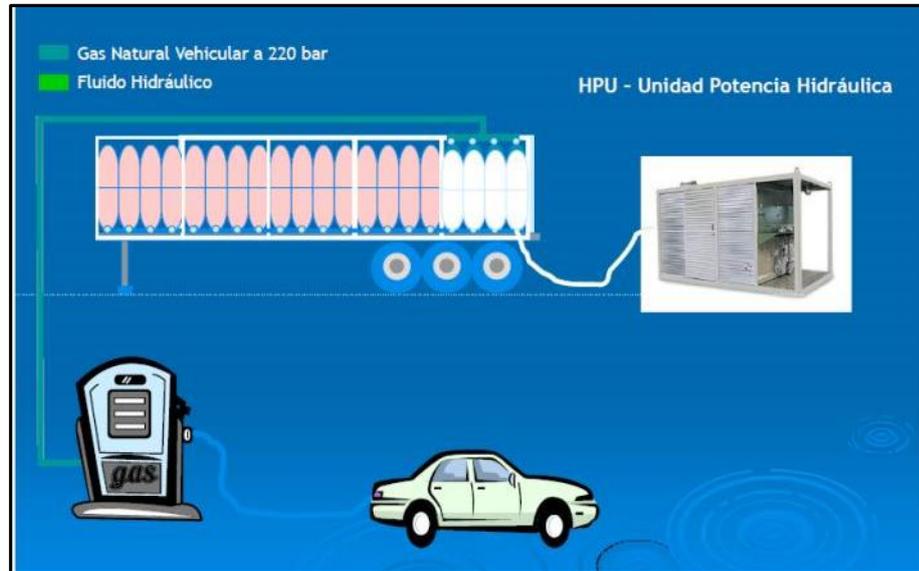


Fig. 2.20. Unidad de potencia hidráulica - HPU, utilizado para el sector vehicular.

En el siguiente esquema se muestra la cadena de operación del suministro virtual del GNC.

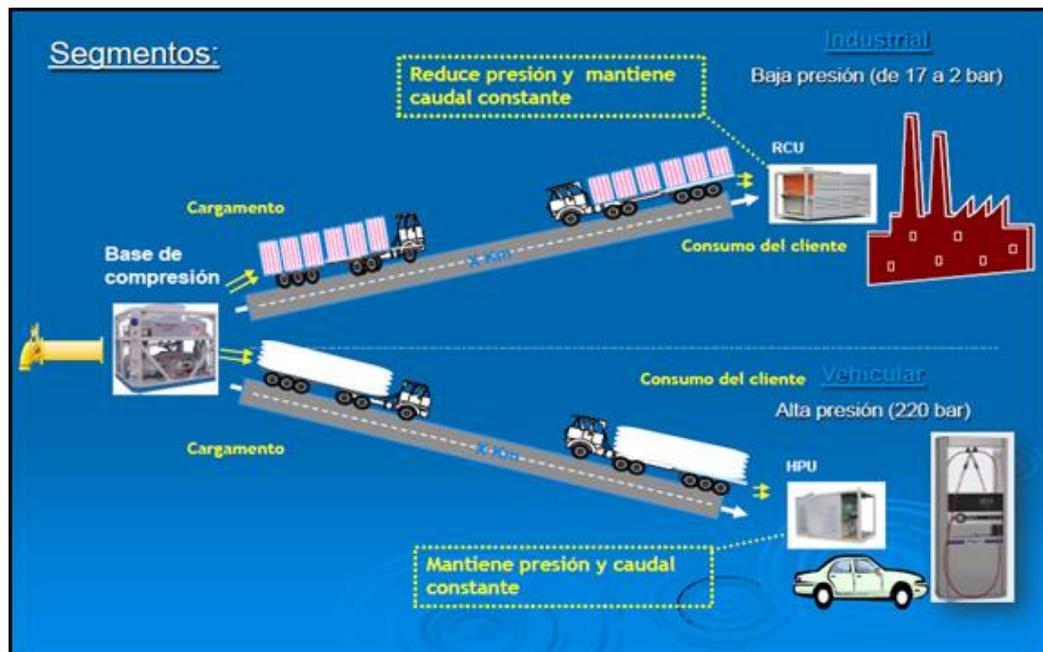


Fig. 2.21. Cadena de operación del suministro virtual del GNC.

A continuación se muestran algunos modelos de unidades semirremolques utilizados para el transporte de GNC:



Fig. 2.22. Modelos de unidades semirremolques utilizados para el transporte de GNC, del tipo cilindros (arriba), del tipo modular (abajo).

2.6.2. SUMINISTRO VIRTUAL DEL GNL.

El suministro virtual del GNL es una forma de abastecimiento de gas natural, en el cual se emplean cisternas para transportar gas natural en forma licuada hasta el lugar de demanda, sin la necesidad de contar con un gasoducto, es rentable para cubrir medianas demandas en los sectores industrial, vehicular y

residencial. Este sistema requiere de una planta regasificadora en el lugar de consumo para su operación.

A continuación se muestra la cadena de operación del suministro virtual del GNL.



Fig. 2.23. Cadena de operación del suministro virtual de GNL.

2.7. MÉTODO PARA CALCULAR LA DEMANDA DIARIA DE GNC EN LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE.

Se aplica la siguiente metodología:

El indicador de petróleo industrial 6 por tonelada de harina de pescado está dado por:

$$\text{Indicador}_{PI-6} = \frac{\text{Galones}_{PI-6}}{\text{Ton. de harina}} \quad [gal/t] \quad (2.1)$$

Así mismo, la energía entregada por el petróleo industrial 6 para la producción de una tonelada de harina de pescado será:

$$\text{Energía}_{PI-6} = \text{Indicador}_{PI-6} \times \text{PCI}_{PI-6} \quad [kcal/t] \quad (2.2)$$

Donde PCI_{PI-6} es el poder calorífico inferior del PI-6 (37907 kcal/gal)

Por otro lado, la energía necesaria del GNC para la producción de una tonelada de harina de pescado será:

$$\text{Energía}_{GNC} = \text{Indicador}_{GNC} \times \text{PCI}_{GNC} \quad [kcal/t] \quad (2.3)$$

Donde PCI_{GNC} es el poder calorífico inferior del GNC (9534 kcal/m³)

Igualando las ecuaciones (2.2) y (2.3), ya que la energía necesaria para la producción de una tonelada de harina de pescado tanto para el petróleo industrial 6 como para el GNC son equivalentes. Se obtiene:

$$\text{Indicador}_{PI-6} \times \text{PCI}_{PI-6} = \text{Indicador}_{GNC} \times \text{PCI}_{GNC}$$

Despejando Indicador_{GNC}

$$\text{Indicador}_{\text{GNC}} = \frac{\text{Indicador}_{\text{PI-6}} \times \text{PCI}_{\text{PI-6}}}{\text{PCI}_{\text{GNC}}} \quad [\text{m}^3/\text{t}] \quad (2.4)$$

Entonces la demanda diaria de GNC se calculara aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda diaria}_{\text{GNC}} = \text{Indicador}_{\text{GNC}} \times \text{Ton. de harina}_{\text{DIA}} \quad [\text{m}^3/\text{día}] \quad (2.5)$$

2.8. MÉTODO PARA CALCULAR LA POTENCIA DE UN QUEMADOR DUAL A GAS NATURAL / PETROLEO INDUSTRIAL.

Para calcular la potencia requerida de un quemador para una caldera se aplica la siguiente metodología:

Según factor de conversión, 1 BHP equivale a 15.7 kg/h de vapor⁴, entonces los kg/h de vapor que produce una caldera será:

$$\text{kg/h de vapor}_{\text{CALDERA}} = \text{BHP} \times 15.7 \quad [\text{kg/h de vapor}] \quad (2.6)$$

El calor absorbido por el vapor en una caldera será:

$$Q_{\text{CALDERA}} = \text{kg/h de vapor}_{\text{CALDERA}} \times L_V \quad [\text{kJ/h}] \quad (2.7)$$

⁴ Ver en anexo B.1.

Donde L_V es el calor latente de vaporización para el agua a 100 °C
 $= (2255 \text{ kJ/kg})^5$

Entonces la potencia requerida para un quemador considerando la eficiencia de la caldera será:

$$P_{\text{QUEMADOR_CALDERA}} = \frac{Q_{\text{CALDERA}}}{\eta_{\text{CALDERA}}} \quad [\text{kJ/h}] \quad (2.8)$$

Para calcular la potencia requerida de un quemador para un secador SRI se aplica la siguiente metodología:

El calor absorbido por un secador SRI será:

$$Q_{\text{SECADOR}} = \text{kg/h de agua evap}_{\text{SECADOR}} \times L_V \quad [\text{kJ/h}] \quad (2.9)$$

Donde L_V es el calor latente de vaporización para el agua a 100 °C
 $= (2255 \text{ kJ/kg})$

Entonces la potencia requerida para un quemador considerando la eficiencia del secador SRI será:

$$P_{\text{QUEMADOR_SECADOR}} = \frac{Q_{\text{SECADOR}}}{\eta_{\text{SECADOR}}} \quad [\text{kJ/h}] \quad (2.10)$$

⁵ Ver en anexo B.2.

2.9. MÉTODO PARA CALCULAR EL PODER FUMIGENO DE UN COMBUSTIBLE.

El poder fumígeno de un combustible es el volumen de gases (en Nm³) que se producen por la combustión de una unidad (en kg o Nm³) de un determinado combustible. En función de considerar o no al vapor de agua en los productos de la combustión, se considera poder fumígeno húmedo o seco respectivamente.

2.9.1. MÉTODO PARA CALCULAR EL PODER FUMIGENO SECO DE UN COMBUSTIBLE LÍQUIDO O SÓLIDO.

El volumen de aire teórico ($V_{at_{l,s}}$) para la combustión estequiométrica de 1 kg de un combustible líquido o sólido que tiene C kg de carbono, H kg de hidrógeno y S kg de azufre se puede determinar aplicando la siguiente ecuación⁶:

$$V_{at_{l,s}} = \frac{100}{21} \times 22.4 \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) \quad [m^3/kg] \quad (2.11)$$

En la práctica una combustión real requiere de más aire que el teórico para asegurar que todo el combustible se quemara, por lo tanto la relación entre el aire real y el aire teórico se define como el coeficiente de exceso de aire (λ) de la forma:

$$\lambda = \frac{\text{Aire real}}{\text{Aire teórico}} \quad (2.12)$$

⁶ Fernández Diez Pedro, Termodinámica Técnica (p. 483), Universidad de Cantabria, España.

Valores prácticos para λ :

Para combustibles sólidos	de 1,5 a 2,0
Para combustibles líquidos	de 1,1 a 1,2
Para combustibles gaseosos	hasta 1,1

El porcentaje de exceso de aire (%e) se define como:

$$\%e = \left(\frac{\text{Aire real} - \text{Aire teórico}}{\text{Aire teórico}} \right) \times 100 \quad (2.13)$$

Valores prácticos para %e:

Para combustibles sólidos	de 50% a 100%
Para combustibles líquidos	de 10% a 20%
Para combustibles gaseosos	hasta 10%

Entonces el volumen de exceso de aire será:

$$V_{\text{exceso de aire}} = \frac{\%e}{100} \times V_{\text{at } l,s} \quad [m^3/kg] \quad (2.14)$$

El poder fumígeno seco de la combustión estequiométrica de 1 kg de un combustible líquido o sólido que tiene C kg de carbono, H kg de hidrógeno y S kg de azufre se puede determinar aplicando la siguiente ecuación⁷:

$$\begin{aligned} V_{\text{gases secos } l,s} &= \frac{79}{21} \times 22.4 \left[\frac{C}{12} + \frac{S}{32} + \frac{1}{4} \left(H - \frac{O}{8} \right) \right] + 22.4 \left(\frac{C}{12} + \frac{S}{32} \right) \\ &= 22.4 \left[\frac{100}{21} \left(\frac{C}{12} + \frac{S}{32} \right) + \frac{79}{21} \left(\frac{8H-O}{32} \right) \right] \quad [m^3/kg] \quad (2.15) \end{aligned}$$

⁷ Fernández Diez Pedro, Termodinámica Técnica (p. 485), Universidad de Cantabria, España.

El poder fumígeno seco de una combustión real con exceso de aire para 1 kg del mismo combustible será:

$$V'_{\text{gases secos } l,s} = V_{\text{gases secos } l,s} + V_{\text{exceso de aire}}$$

Reemplazado la ecuación (2.14) en la anterior, se obtiene

$$V'_{\text{gases secos } l,s} = V_{\text{gases secos } l,s} + \left(\frac{\%e}{100} \times V_{\text{at } l,s} \right) \quad [m^3/kg] \quad (2.16)$$

2.9.2. MÉTODO PARA CALCULAR EL PODER FUMIGENO SECO DE UN COMBUSTIBLE GASEOSO (COMO MEZCLA).

El volumen de aire teórico ($V_{\text{at } g}$) para la combustión estequiometrica de 1 m³ de un combustible gaseoso del tipo C_xH_y se puede determinar aplicando la siguiente ecuación⁸:

$$V_{\text{at } g} = (4.76) \left(x + \frac{y}{4} \right) \quad [m^3 \text{ aire} / m^3 \text{ comb.}] \quad (2.17)$$

El volumen de aire teórico para la combustión estequiometrica de 1 m³ de una mezcla de combustibles gaseosos ($V_{\text{at } mg}$) del tipo C_xH_y se puede determinar aplicando la siguiente ecuación⁹:

^{8, 9} Las ecuaciones son resultado de balances estequiométricos para procesos de combustión de combustibles gaseosos.

$$V_{at_{mg}} = \sum_{i=1}^n X_i V_{at_{g_i}} - (4.76) X_{O_2} \quad [m^3 \text{ aire} / m^3 \text{ comb.}] \quad (2.18)$$

Donde:

X_i : Fracción volumétrica de cada gas combustible en la mezcla.

$V_{at_{g_i}}$: Volumen de aire teórico para cada gas combustible en la mezcla.

X_{O_2} : Fracción volumétrica de O_2 en la mezcla de gases combustibles.

El poder fumígeno seco de la combustión estequiométrica de 1 m^3 de un combustible gaseoso del tipo C_xH_y se puede determinar aplicando la siguiente ecuación¹⁰:

$$V_{\text{gases secos}_g} = x + 0.79 V_{at_g} \quad [m^3 \text{ gases} / m^3 \text{ comb.}] \quad (2.19)$$

Reemplazando la ecuación (2.17) en la ecuación (2.19) se obtiene:

$$V_{\text{gases secos}_g} = x + 0.79 (4.76) \left(x + \frac{y}{4} \right) \quad [m^3 \text{ gases} / m^3 \text{ comb.}] \quad (2.20)$$

El poder fumígeno seco de 1 m^3 de una mezcla de combustibles gaseosos del tipo C_xH_y se puede calcular aplicando la siguiente ecuación¹¹:

^{10, 11} Las ecuaciones son resultado de balances estequiométricos para procesos de combustión de combustibles gaseosos.

$$V_{\text{gases secos}_{mg}} = \sum_{i=1}^n X_i V_{\text{gases secos}_{g_i}} + X_{N_2} + X_{CO_2}$$

[m³ gases / m³ comb.] (2.21)

Donde:

X_i : Fracción volumétrica de cada gas combustible en la mezcla.

$V_{\text{gases secos}_{g_i}}$: Poder fumígeno de cada gas combustible de la mezcla.

X_{N_2} : Fracción volumétrica de N₂ en la mezcla de gases combustibles.

X_{CO_2} : Fracción volumétrica de CO₂ en la mezcla de gases combustibles.

El poder fumígeno seco de 1 m³ de una mezcla de combustibles gaseosos del tipo C_xH_y con exceso de aire será:

$$V'_{\text{gases secos}_{mg}} = V_{\text{gases secos}_{mg}} + \left(\frac{\%e}{100} \times V_{at_{mg}} \right)$$

[m³ gases / m³ comb.] (2.22)

Donde %e es el porcentaje de exceso de aire (para combustibles gaseosos se considera de 0% a 10%)

2.10. NORMATIVA LEGAL PARA LAS EMISIONES GASEOSAS EN LA INDUSTRIA DE LA HARINA DE PESCADO.

Según el DECRETO SUPREMO N° 011-2009-MINAM¹² que aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para las emisiones de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos, en su artículo N°5 se menciona lo siguiente:

Artículo 5°.- Emisiones de calderos y motores

“Las emisiones atmosféricas liberadas por los procesos de combustión en calderos y motores se regulan por sus propias normas”.

Según se interpreta dicho artículo, no hay LMP para las emisiones gaseosas de procesos de combustión de calderos (o procesos de combustión en secadores) en la industria de la harina de pescado, por lo que en la actualidad queda como un compromiso medioambiental por parte de cada empresa el control y manejo adecuado de las emisiones gaseosas generadas por sus procesos de combustión.

2.11. INDICADORES ECONÓMICOS PARA UNA INVERSIÓN.

2.11.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN).

El Valor Actual Neto es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actual de los cobros y de los pagos generados por una inversión. Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir expresa la diferencia entre el valor actual de las unidades monetarias cobradas y pagadas.

¹² Ver decreto completo en Anexo A.3.

Analíticamente se expresa como la diferencia entre el desembolso inicial (que no se actualiza ya que se genera en el momento actual) y el valor actualizado, al mismo momento, de los cobros y pagos futuros, a los que se denomina flujos de caja.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

$$VAN = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i} \quad (2.23)$$

Donde

k : Tipo de descuento.

n : Número de años, vida de la inversión.

A : Desembolso inicial.

Q1, Q2.....Qn : Flujos netos de caja de cada período.

En el caso de que los flujos de caja sean constantes, es decir (Q1=Q2=.....=Qn=Q), el VAN se calcula de mediante la siguiente expresión:

$$VAN = -A + \frac{Q[1-(1+k)^{-n}]}{k} \quad (2.24)$$

Interpretación:

El VAN sirve para tomar dos tipos de decisiones: La efectividad y la jerarquización.

- Efectividad: Son efectivas, es decir interesa realizar, aquellas inversiones que tengan un VAN positivo, ya que en estos casos generan más cobros que pagos (VAN>0).

- Jerarquización: Entre las inversiones efectuables son preferibles las tengan un VAN más elevado.

2.11.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

La Tasa Interna de Retorno o de Rentabilidad es un método de valoración de inversiones que mide la rentabilidad de los cobros y los pagos actualizados, generados por una inversión en términos relativos, es decir en porcentaje.

Analíticamente se calcula despejando el tipo de descuento (r) que iguala el VAN a cero.

$$-A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (2.25)$$

Donde

r : Tasa de retorno o TIR que en este caso es la incógnita.

A : Desembolso inicial.

Q_1, Q_2, \dots, Q_n : Flujos netos de caja de cada período.

En el caso que la inversión tenga flujos de caja constantes ($Q_1=Q_2=\dots=Q_n=Q$) y duración ilimitada, se llega a la siguiente expresión tras aplicar el límite cuando "n" tiende a infinito:

$$0 = -A + \frac{Q}{(1+r)} + \frac{Q}{(1+r)^2} + \dots \rightarrow -A + \frac{Q}{r} = 0 \rightarrow r = \frac{Q}{A} \quad (2.26)$$

En este caso se produce una relación con el plazo de recuperación cuyo cálculo, si los flujos de caja son constantes, es:

$$P = \frac{A}{Q} \quad (2.27)$$

Por tanto, si se cumplen las condiciones citadas, la TIR es el inverso del plazo de recuperación:

$$P = \frac{A}{Q} \quad \leftrightarrow \quad r = \frac{Q}{A} \quad \rightarrow \quad r = \frac{1}{P} \quad (2.28)$$

Interpretación:

La TIR permite determinar si una inversión es efectuable, así como realizar la jerarquización entre varios proyectos.

- Efectuabilidad: Son efectuales aquellas inversiones que tengan una TIR superior a la rentabilidad que se exige a la inversión "k" ($r > k$). Esta rentabilidad puede calcularse de distintas formas.
- Jerarquización: Entre las inversiones efectuales es preferible la que tenga una TIR más elevada.

2.11.3. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PAY BACK).

Este indicador proporciona el tiempo en el que se recupera la inversión inicial de un proyecto, es un indicador muy útil cuando realizamos inversiones en situaciones de elevada incertidumbre o no tenemos claro el tiempo que vamos a poder explotar nuestra inversión. Así nos proporciona información sobre el tiempo mínimo necesario para recuperar la inversión.

Para calcular el PAY BACK se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{PAY BACK} = \left[\begin{array}{l} \text{Periodo ultimo con} \\ \text{flujo acum. negativo} \end{array} \right] + \frac{\left[\begin{array}{l} \text{Valor absoluto del ultimo} \\ \text{flujo acumulado negativo} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \text{Valor del flujo de} \\ \text{caja en el sgte.periodo} \end{array} \right]} \quad (2.29)$$

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODO

CAPÍTULO III MATERIAL Y MÉTODO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO.

- **TIPO DE ESTUDIO:** Aplicado.
- **DISEÑO DE ESTUDIO:** Analítico.

3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

La población de estudio fue las áreas de calderas y de secado de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote, las cuales cuentan con 04 calderas pirotubulares y 01 secador SRI respectivamente.

Tabla 3.1: Calderas Pirotubulares de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

Caldera N°	Marca	Modelo	Potencia (BHP)	Número de pasos	Tipo de Combustible
1	Johnston Boiler	PFTA-1200-4LG-150S	1200	4	Petróleo pesado
2	Johnston Boiler	PFTA-1200-4LG-150S	1200	4	Petróleo pesado
3	Johnston Boiler	PFTA-1500-4LG-150S	1500	4	Petróleo pesado
4	Johnston Boiler	PFTA-1800-4LG-150S	1800	4	Petróleo pesado

Fuente: Área de Producción de la Planta Copeinca Chimbote

Tabla 3.2: Secador SRI de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

Secador N°	Marca	Tipo	Capacidad de secado (Kg agua/h)	Tipo de Combustible
1	Enercon	SRI	9000	Petróleo pesado

Fuente: Área de Producción de la Planta Copeinca Chimbote.

3.3. MATERIALES.

Los materiales utilizados para el estudio fueron los siguientes:

- 01 PC.
- 01 analizador de gases: Marca TESTO Modelo 327-1.
- 01 calculadora.

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos para el estudio se realizó de la siguiente manera:

- Obtención de los precios de combustibles: De la lista de precios de combustibles de PETROPERU (LISTA COMBUS-04-2017) publicada en la página web de dicha empresa, e información proporcionada por el Área de Producción de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote (Ver anexos A.1 y A.2).
- Para la medición de los gases de combustión de las calderas y el secador SRI se tuvo que hacer mediciones en plena producción,

con la ayuda del equipo analizador de gases Marca TESTO Modelo 327-1.

- Los datos para el estudio se obtuvieron del Área de Producción y de la Gerencia de Proyectos de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS

CAPÍTULO IV CÁLCULOS

4.1. DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONSUMO DE PI-6 EN LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE.

Se elaboró la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 4.1: Producción de harina de pescado y consumo de PI-6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.
Periodo 2014 – 2016.

Año	Mes	Producción de Harina (t)	Consumo de PI-6 (gal)	Indicador PI-6 (gal/t) ¹³
2014	May	3196.180	118486	37.07
	Jun	5390.313	193696	35.93
	Jul	2078.900	75584	36.36
2015	Abr	17487.908	609911	34.88
	May	3215.190	121564	37.81
	Nov	2999.710	108967	36.33
	Dic	4769.210	175055	36.71
2016	Jun	5800.075	205412	35.42
	Jul	3942.870	143954	36.51
	Nov	4528.020	169820	37.50
	Dic	12466.363	435870	34.96
Total		65874.739	2358319	35.80

Fuente: Reportes de Producción de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote, Periodo 2014-2016.

¹³ El indicador de PI-6 se calculó aplicando la ecuación (2.1).

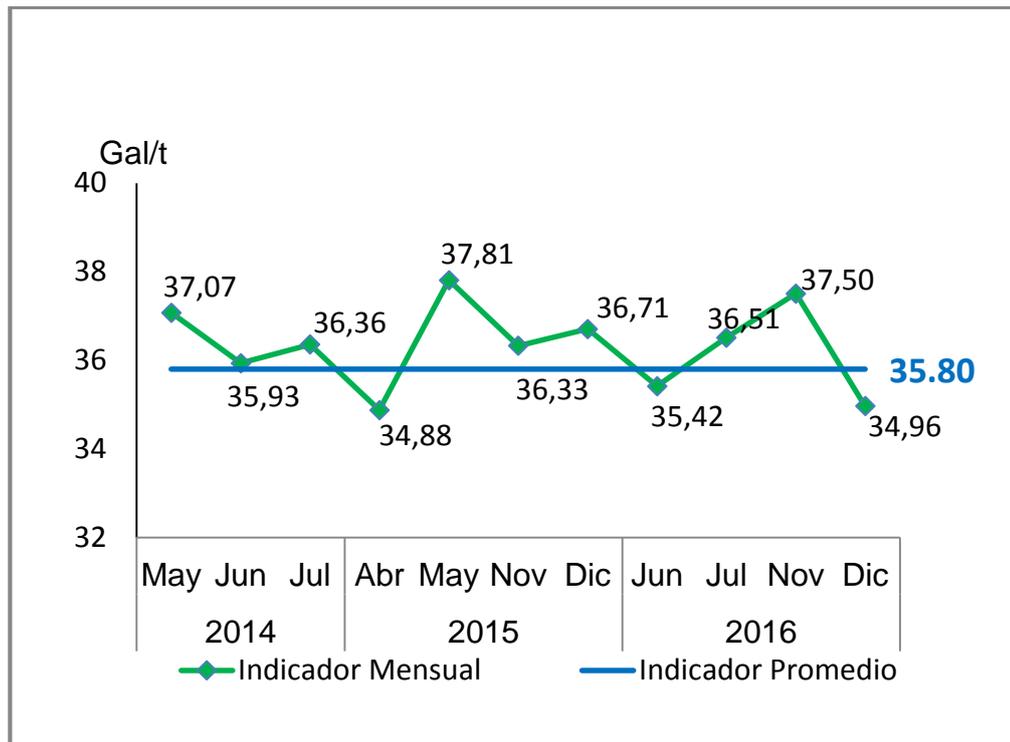


Fig. 4.1. Indicador de PI-6 en la Planta de Harina de Pescado Copeinca Chimbote (Periodo 2014 – 2016).

De la tabla 4.1. se determina que el indicador promedio de PI-6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote es **35.80 gal/t**.

4.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE GNC EN LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE.

El indicador de GNC se calcula aplicando la ecuación (2.4):

$$\text{Indicador}_{\text{GNC}} = \frac{\text{Indicador}_{\text{PI-6}} \times \text{PCI}_{\text{PI-6}}}{\text{PCI}_{\text{GNC}}}$$

Reemplazando datos

$$\text{Indicador}_{\text{GNC}} = \frac{35.80 \text{ gal/t} \times 37907 \text{ kcal/gal}}{9534 \text{ kcal/m}^3}$$

$$\text{Indicador}_{\text{GNC}} = \mathbf{142.34 \text{ m}^3/\text{t}}$$

Por lo tanto se requieren 142.34 m³ de GNC para producir 1 tonelada de harina de pescado en la Planta de harina de Pescado Copeinca Chimbote.

La demanda diaria de GNC se calcula aplicando la ecuación (2.5).

$$\text{Demanda diaria}_{\text{GNC}} = \text{Indicador}_{\text{GNC}} \times \text{Ton. de harina}_{\text{DIA}}$$

Donde Ton. de harina_{DIA} son las toneladas de harina de pescado que se pueden producir por día en la Planta Copeinca Chimbote, se determinan de la siguiente manera:

Datos:

- Velocidad de planta: 150 t/h
- Relación pescado/harina (P/H): 4.2
- Horas de producción x día: 18 horas/día

Las toneladas de harina de pescado por día serán:

$$\text{Ton. de harina}_{\text{DIA}} = \frac{150 \times 18}{4.2} = \mathbf{642.86 \text{ t/día}}$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación (2.5), se determina que la demanda diaria de GNC en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote es:

$$\text{Demanda diaria}_{\text{GNC}} = 142.34 \text{ m}^3/\text{t} \times 642.86 \text{ t/ día}$$

$$\text{Demanda diaria}_{\text{GNC}} = 91504.69 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.3. DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS SUMINISTRADORAS DEL GNC VIRTUAL.

Para el estudio se identificaron a tres empresas que suministran el GNC virtual, a continuación se mencionan:

4.3.1. NEOGAS PERÚ S.A.

Neogas Perú S.A. inició sus operaciones en el País en el año 2009, se especializa en suministrar gas natural a industrias y estaciones de servicio que no están conectadas al gasoducto, ya sea porque todavía no hay conexión o porque están ubicados en lugares alejados donde no llega el ducto. Su proceso se basa en comprimir el gas natural del gasoducto del concesionario, en la red de plantas de compresión (Lurín, Callao, Centro de Lima), para luego almacenarlo en semirremolques especializados, transportarlo vía terrestre y finalmente descomprimido en el lugar de consumo para su utilización, a este sistema se le conoce como suministro virtual del GNC. A continuación se muestra información sobre la empresa Neogas Perú S.A.:

Tabla 4.2: Datos de la Empresa Neogas Perú S.A.

Razón social	Neogas Perú S.A.
RUC	20516556561
Domicilio Legal	Av. Camino Real N° 348 Int. 1702 San Isidro, Lima
Inicio de operaciones	2009
Actividad principal	Venta de combustibles al por mayor y menor
Plantas de compresión de gas natural	
Planta N°1	Av. Sancho de Rivera Bravo N° S/N Lima, Lima
Planta N°2	Mz. F Lt. 9 AC Huertos de Santa Genoveva Lurín, Lima
Planta N°3	Av. Elmer Faucett N° 6000 Callao

Fuente: www.neogas.com.pe

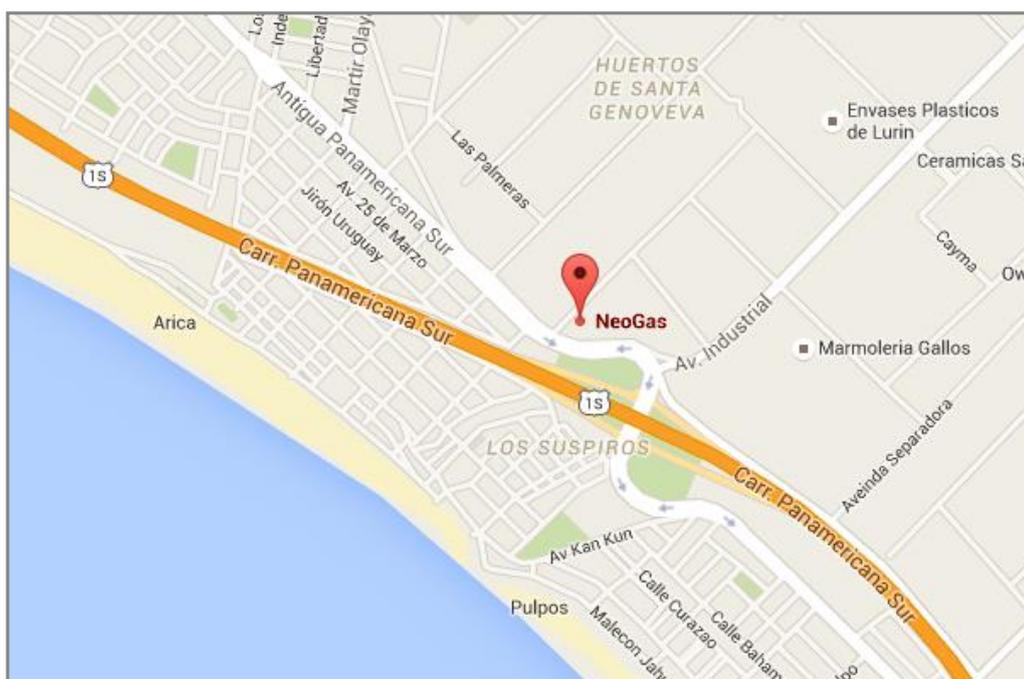


Fig. 4.2. Ubicación de la Planta de compresión Neogas Perú S.A. en Lurín-Lima.

(Fuente <https://www.google.com.pe/maps/place/NeoGas>)



Fig. 4.3. Unidad Semirremolque de GNC de Neogas Perú S.A.

(Fuente: www.neogas.com.pe.)

A continuación se muestran los modelos de unidades semirremolques de GNC de Neogas Perú S.A.:

Tabla 4.3: Modelos de unidades semirremolques de GNC - Neogas Perú S.A

Modelo	Volumen GNC (m ³)	Dimensiones (mm)	Peso carga (kg)	Peso carga + semirremolque (kg)	Peso total ¹⁴ (kg)
SRI 92	3680	8002x2446x3600	2760	16770	23330
SRI 154	6080	10266x2446x3600	4620	26300	35900
XP 30	8750	9200x2438x4343	6390	16000	27090
XP 40	11835	12116x2438x4346	8640	17200	31440
XP 45	13400	13716x2438x4343	9782	24000	40282

Fuente: www.neogas.com.pe.

¹⁴ Incluye peso del tracto

4.3.2. GNC ENERGÍA PERÚ S.A.

GNC ENERGÍA PERÚ S.A. es una empresa dedicada a la actividad de distribución de gas natural comprimido (GNC) a través de la tecnología de gaseoducto virtual, el cual permite a los clientes utilizar el gas en lugares que no cuentan con el ducto de gas natural físico o que se encuentran alejados del mismo.

Actualmente GNC ENERGÍA PERU está orientada al rubro industrial y al gas natural vehicular en estaciones de servicio (GNV) con la garantía de brindar un combustible limpio y seguro (gas de Camisea). Los promotores de este proyecto son el GRUPO SOCMA de Argentina y PETROPERU.

La tecnología de gaseoducto virtual se basa en un sistema modular de transporte (MAT's), en el cual se transporta el gas natural de manera segura, económica y sencilla, totalmente escalable en función del crecimiento de la demanda.

A continuación se muestra un esquema de funcionamiento del gaseoducto virtual de GNC ENERGÍA PERU.

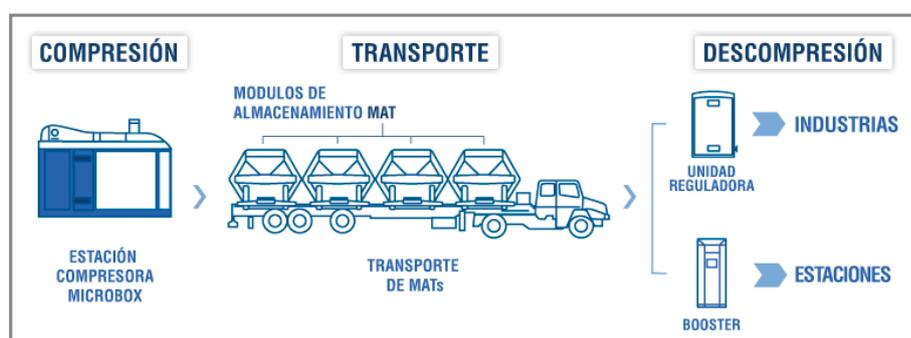


Fig. 4.4. Esquema de funcionamiento del gaseoducto virtual de GNC ENERGÍA PERU.

(Fuente www.gncenergiaperu.com)



Fig. 4.5. Unidades semirremolques para transporte de MAT's de 1500 m³ de GNC cada uno - GNC ENERGÍA PERU.

(Fuente www.gncenergiaperu.com)



Fig. 4.6. Ubicación de la planta de compresión de GNC ENERGÍA PERU S.A. en Lurín-Lima.

(Fuente <https://www.google.com.pe/maps/place/Gnc+Energia+Per>)

4.3.3. Especialistas en Gas del Perú S.A.C.

EGP - Especialistas en Gas del Perú S.A.C¹⁵ es una empresa especializada en la promoción, desarrollo y comercialización de gas natural y otras energías limpias para ponerlas al alcance de aquellos clientes que no tienen acceso al gas natural por ductos.

EGP es una empresa líder, que ha desarrollado y continúa desarrollando el mercado de gas natural llevando el mismo a distancias superiores a 430 kilómetros desde Lima. Su Plan de desarrollo comprende no solo Lima sino también el norte y sur del Perú.

Tecnología para el transporte de GNC:

➤ **Tecnología tipo I**

Tanques hechos de acero

Cargan hasta 8300 m³ de gas natural

Permite atender a clientes pequeños



Fig. 4.7. Tecnología tipo I.

¹⁵ Referencia: www.cleanegpperu.com

➤ **Tecnología tipo II**

Tanques hechos de acero y fibra de vidrio

Más ligeros y de mayor capacidad

Cargan hasta 10760 m³ de gas natural

Menos viajes, más autonomía



Fig. 4.8. Tecnología tipo II.

➤ **Tecnología tipo III**

Tecnología de punta alemana

Tanques diseñados en fibra de carbón, polietileno de alta densidad y fibra de vidrio

Más ligeros, alta capacidad

Cargan hasta 14300 m³ de gas natural

Menos viajes, mayor autonomía de la empresa cliente



Fig. 4.9. Tecnología tipo III.

➤ **Tecnología tipo IV**

Tecnología de punta USA

Tanques diseñados solo en fibra de carbón y polietileno de alta densidad

Súper ligeros, alta capacidad

Cargan hasta 17000 m³ de gas natural

Menos viajes, mayor autonomía de la empresa cliente

4.4. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE UNIDADES SEMIRREMOLQUES DE GNC PARA ABASTECER A LA PLANTA DE HARINA DE PESCADO COPEINCA CHIMBOTE.

Para determinar la cantidad de unidades semirremolques de GNC requeridos por día en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote, se considera como base las unidades semirremolques con una capacidad de 17000 m³ de GNC cada una:

$$\begin{aligned}
 \text{N}^\circ \text{ de Semirremolques}_{\text{GNC}} &= \frac{\text{Demanda diaria}_{\text{GNC}}}{\text{Volumen}_{\text{GNC}} \times \text{semirremolque}} \\
 &= \frac{91504.69 \text{ m}^3/\text{día}}{17000 \text{ m}^3/\text{semirremolque}_{\text{GNC}}} \\
 &= 5.38 \sim 6 \text{ semirremolques}_{\text{GNC}} / \text{día}
 \end{aligned}$$

4.5. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN Y LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN DE PRESIÓN Y MEDICIÓN (ERPM) PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA GNC VIRTUAL.

4.5.1. ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN.

Las unidades semirremolques de GNC que arriban a la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se conectan a la Estación de Descompresión para iniciar el proceso de descarga y descompresión del gas natural, el cual se realiza en dos etapas para evitar cambios bruscos de presión, inicialmente la presión se reduce de 250 bares hasta 90 bares, luego en la segunda etapa de 90 bares hasta 7 bares. La estación de descompresión cuenta con un sistema de calentamiento para evitar el congelamiento de las tuberías del gas natural por efecto de la caída de presión. A continuación se muestra un diagrama de operación de la Estación de Descompresión.

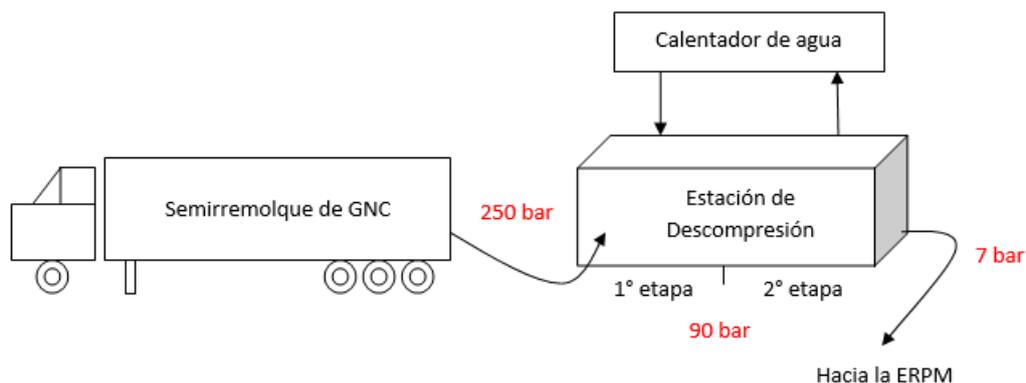


Fig. 4.10. Diagrama de operación de la Estación de Descompresión.

(Fuente: Elaboración Propia)

En las siguientes imágenes se pueden ver detalles de una estación de descompresión.



Fig. 4.11. Interior de la Estación de descompresión.
(Fuente: Archivos del Área de Producción de Copeinca Chimbote)



Fig. 4.12. Unidad semirremolques de GNC en la estación de descompresión
para iniciar la descarga del gas natural.
(Fuente: Archivos del Área de Producción de Copeinca Chimbote)

Fig. 4.13. Conexión de la unidad semirremolque de GNC hacia la estación de descompresión.

(Fuente: Archivos del Área de Producción de Copeinca Chimbote)



4.5.2. ESTACIÓN DE REGULACIÓN DE PRESIÓN Y MEDICIÓN (ERPM).

El gas natural proveniente de la estación de descompresión a una presión de 7 bares ingresa a la Estación de Regulación de Presión y Medición (ERPM) donde se regula la presión de salida del gas natural a 3 bares para luego enviarlo hacia los equipos de consumo (calderas y secador SRI), en los quemadores de estos equipos la presión del gas natural finalmente se regula a 300 milibares (presión de operación). En la ERPM también se realizan mediciones del consumo de gas natural ya que viene provista de medidores de flujo, adicionalmente cuenta con otros dispositivos para control y seguridad como filtros de partículas, válvulas de bloqueo, válvulas de seguridad, manómetros.

Los principales componentes de una ERPM son los sgtes:

- Manómetros.
- Válvulas de bloqueo.
- Filtros de partículas de gas.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Medidores de flujo de gas.
- Válvulas de seguridad.

A continuación se muestra un diagrama y una imagen de la ERPM:

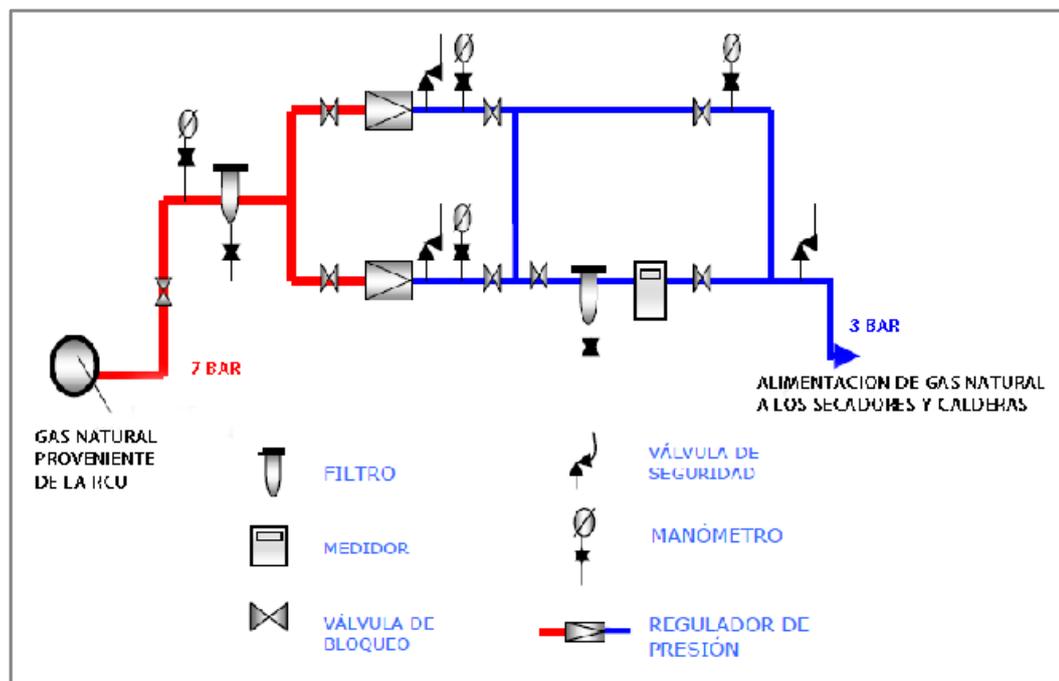


Fig. 4.14. Diagrama de la ERPM.

(Fuente: www.minem.gob.pe)



Fig. 4.15. Vista panorámica de una ERPM.

(Fuente <http://www.corporacionsolivian.com.pe/V/imagenes/paginas/i1020150403215401.jpg>)

4.6. QUEMADORES DUALES A GAS NATURAL / PETRÓLEO INDUSTRIAL PARA LA CONVERSIÓN DE LAS CALDERAS Y EL SECADOR SRI.

La potencia de los quemadores duales para las calderas y el secador SRI de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se calculan aplicando las ecuaciones (2.8) y (2.10) con los siguientes datos:

Datos de calderas:

- BHP de caldera N°1 = 1200
- BHP de caldera N°2 = 1200
- BHP de caldera N°3 = 1500
- BHP de caldera N°4 = 1800
- Eficiencia de calderas = 0.87

Datos del secador SRI

- Capacidad de evaporación del secador = 9000 kg/h agua evap.
- Eficiencia del secador = 0.75
- Factor de conversión de 1 kJ/h = 0.000278 kW

Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.4: Potencias requeridas para los quemadores duales de las calderas en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

Caldera N°	BHP	kg/h de vapor	Calor requerido (kJ/h)	Potencia requerida – quemador (kW)
1	1200	18840	42484200	13575.41
2	1200	18840	42484200	13575.41
3	1500	23550	53105250	16969.26
4	1800	28260	63726300	20363.12

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4.5: Potencia requerida para el quemador dual del secador SRI en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

Secador SRI N°	kg/h de agua evap.	Calor requerido (kJ/h)	Potencia requerida – quemador (kW)
1	9000	20295000	7522.68

(Fuente: Elaboración propia)

En la marca de quemadores duales OILON se tienen los siguientes modelos:

Tabla 4.6: Modelos de quemadores duales a gas natural / petróleo industrial en la marca OILON.

QUEMADOR	GRP-400 ME	GRP-600 ME	GRP-800 ME	GRP-1000 ME	GRP-1200 ME	GRP-1600 ME	GRP-2000 ME	GRP-2500 ME
Capacidad - gas MW - petróleo MW kg/h	1,2 - 5,0 1,2 - 4,7 106 - 417	1,7 - 6,8 1,7 - 6,8 150 - 600	1,9 - 9,5 2,2 - 9,0 200 - 800	2,0 - 12,0 2,8 - 11,0 250 - 1000	2,8 - 14,0 3,4 - 13,0 300 - 1200	3,3 - 16,5 3,9 - 15,5 350 - 1400	4,5 - 22,5 5,3 - 21,0 470 - 1900	5,9 - 29,5 8,0 - 28,0 710 - 2530
Conexiones - gas - petróleo	DN50 - 100 2 x Ø 22	DN50 - 100 2 x Ø 22	DN65 - 125 2 x Ø 22	DN65 - 125 2 x Ø 22	DN80 - 125 2 x Ø 22	DN100 - 125 2 x Ø 22	DN100 - 125 2 x Ø 22	DN125 Ø 22/28
Quemador piloto - combustible - conexión	gas natural / gas licuado Ø 18	gas natural / gas licuado Ø 18	petróleo liviano (GLP) Ø 22 (Ø 8)					

(Fuente https://filebrowser.oilon.com/www/uploadedfiles/Oilon/Materials/Oilon5_SP%20baixa.pdf)

Según los resultados obtenidos, los modelos de quemados OILON seleccionados serian:

- Quemador **GRP-1200 ME** de **14 MW** para la caldera N°1
- Quemador **GRP-1200 ME** de **14 MW** para la caldera N°2
- Quemador **GRP-2000 ME** de **22.5 MW** para la caldera N°3
- Quemador **GRP-2000 ME** de **22.5 MW** para la caldera N°4
- Quemador **GRP-800 ME** de **9.5 MW** para el secador SRI



Fig. 4.16. Quemador dual Oilon serie ME

(Fuente https://filebrowser.oilon.com/www/uploadedfiles/Oilon/Materials/Oilon_5_PT.pdf)

También hay otras marcas de quemadores duales a gas natural / petróleo industrial en el mercado, como la que se muestra a continuación:



Fig. 4.17. Quemador dual marca Saacke.

(Fuente <http://vapormat-saacke.com/vapormat/wp-content/uploads/2011/09/skvga1.jpg>)

A continuación se muestran imágenes de calderas trabajando con quemadores duales a gas natural / petróleo industrial.



Fig. 4.18. Instalación de un quemador dual Oilon en una caldera de 500 BHP.

(Fuente <http://www.corporacionsolivian.com.pe/?p=inicio&opcion=servicios&idpagina=30>)



Fig. 4.19. Calderas con quemadores duales OILON.

(Fuente <https://www.oilon.com/industry/industrial-burners/>)

Los quemadores duales trabajan con una presión del gas natural de 300 milibares, la cual se regula en estos dispositivos ya que la presión con la que llega el gas natural desde la ERPM es de 3 bares.

4.7. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN POR LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Datos:

- Indicador de PI-6: **35.80 gal/t**
- Costo del galón de PI-6¹⁶ (sin IGV): **1.52 US\$/gal**

- Indicador de GNC: **142.34 m³/t**
- Costo del MMBTU de GNC¹⁷ (sin IGV): **7.5 US\$/MMBTU**
- 1 MMBTU equivale a 0.00000397 kcal
- Poder calorífico inferior del GNC **9534 kcal/m³**

¹⁶ Costo referencial en Anexo A.1, considerando un tipo de cambio del dólar de 3.3 Soles.

¹⁷ Costo referencial en Anexo A.2.

El costo para la producción de una tonelada de harina de pescado utilizando PI-6 será:

$$35.80 \text{ gal/t} \times 1.52 \text{ US\$/gal} = \mathbf{54.416 \text{ US\$/t}}$$

El costo para la producción de una tonelada de harina de pescado utilizando GNC será:

$$142.34 \text{ m}^3/\text{t} \times 7.5 \text{ US\$/MMBTU} \times 0.00000397 \times 9534 = \mathbf{40.407 \text{ US\$/t}}$$

Por lo tanto el ahorro generado en la producción de una tonelada de harina de pescado al utilizar GNC por PI-6 será:

$$54.416 \text{ \$/t} - 40.407 \text{ US\$/t} = \mathbf{14.009 \text{ US\$ por tonelada de harina}}$$

4.8. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES GASEOSAS POR LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Para calcular la reducción de las emisiones gaseosas se realizó un análisis de los gases de combustión de las calderas y el secador SRI en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote, para ello se utilizó un equipo analizador de gases marca TESTO 327-1, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4.7. Resultados del análisis de los gases de combustión de las calderas y el secador SRI en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

Fechas de análisis: 23/04/15 y 24/04/15

Combustible: PI-6

Condición: en llama alta

Parámetro	Caldera N°1 (1200 BHP)	Caldera N°2 (1200 BHP)	Caldera N°3 (1500BHP)	Caldera N°4 (1800BHP)	Secador SRI	Promedio
T _{gases} (°C)	173.1	173.5	170.8	194.8	178.3	
CO₂ (%)	13.11	13.91	12.71	12.63	13.35	13.14
Eficiencia comb. (%)	89.3	89.5	89.1	87.9	89.0	
Exceso de aire (%)	25.9	19.0	29.6	30.4	23.7	25.72
O ₂ (%)	4.5	3.5	5.0	5.1	4.2	
CO (ppm)	15	15	13	21	11	15

(Fuente: Anexos A.4 y A.5)

Para calcular el poder fumígeno seco del petróleo industrial 6 se aplica la ecuación (2.16), considerando los siguientes datos:

➤ Fracción másica del petróleo industrial 6

C: 0.86

H: 0.11

S: 0.01

O: 0.01

➤ Datos

Porcentaje de exceso de aire (%e): 25.72% (de tabla 4.7)

Densidad del PI-6¹⁸: 0.96 kg/l

1 galón = 3.78 litros

Reemplazando datos en la ecuación (2.16) se obtiene que el poder fumígeno seco del PI-6 es:

$$\begin{aligned} V'_{\text{gases secos PI-6}} &= 12.69 \text{ m}^3/\text{kg} \\ &= 12.69 \text{ m}^3/\text{kg} \times 0.96 \text{ kg/l} \times 3.78 \text{ l/gal} \\ &= 46.05 \text{ m}^3 \text{ gases} / \text{gal combustible} \end{aligned}$$

El volumen de gases generados por la combustión del PI-6 en una tonelada de harina considerando el indicador de PI-6 (de la tabla 4.1), será:

$$46.05 \text{ m}^3/\text{gal} \times 35.80 \text{ gal/t} = 1648.59 \text{ m}^3 \text{ gases} / \text{tonelada de harina}$$

Por lo tanto el volumen de CO₂ generado por la combustión del PI-6 en una tonelada de harina será:

$$1648.59 \text{ m}^3/\text{t} \times 0.1314 = \mathbf{216.62 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 / \text{tonelada de harina}}$$

El volumen de CO generado por la combustión del PI-6 en una tonelada de harina será:

$$1648.59 \text{ m}^3/\text{t} \times 0.0015 = \mathbf{2.47 \text{ m}^3 \text{ CO} / \text{tonelada de harina}}$$

Para calcular el poder fumígeno del GNC se aplica la ecuación (2.22), considerando los siguientes datos:

¹⁸ Ver en anexo B.3.

➤ Fracción volumétrica del gas natural

CH₄ : 0.8822

C₂H₆ : 0.1081

N₂ : 0.0059

CO₂ : 0.0036

➤ Datos

Porcentaje de exceso de aire (%e) para el gas natural: 10%

Reemplazando datos en la ecuación (2.22) se obtiene que el poder fumígeno del GNC es:

$$V'_{\text{gases secos}_{GNC}} = 10.19 \text{ m}^3 \text{ gases} / \text{m}^3 \text{ combustible}$$

El volumen de gases generados por la combustión del GNC en una tonelada de harina considerando el indicador de GNC (determinado anteriormente, subcapítulo 4.2) será:

$$\begin{aligned} & 10.19 \text{ m}^3 \text{ gases/m}^3 \text{ combus.} \times 142.34 \text{ m}^3/\text{t} \\ & = 1450.44 \text{ m}^3 \text{ gases} / \text{tonelada de harina} \end{aligned}$$

Para el estudio se consideran en los gases de combustión del GNC, un porcentaje de CO₂ igual a 10.1% y una concentración de CO igual a 0 ppm (ver Tabla N° 2.3).

Entonces el volumen de CO₂ generado por la combustión del GNC en una tonelada de harina será:

$$1450.44 \text{ m}^3/\text{t} \times 0.101 = \mathbf{146.49 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 / \text{tonelada de harina}}$$

El volumen de CO generado por la combustión del GNC en una tonelada de harina será:

$$1450.44 \text{ m}^3/\text{t} \times 0 = \mathbf{0 \text{ m}^3 \text{ CO} / \text{tonelada de harina}}$$

Por lo tanto la reducción de CO₂ por la sustitución de combustible será:

$$216.62 \text{ m}^3/\text{t} - 146.49 \text{ m}^3/\text{t} = \mathbf{70.13 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 / \text{tonelada de harina}}$$

Por lo tanto la reducción de CO por la sustitución de combustible será:

$$2.47 \text{ m}^3/\text{t} - 0 \text{ m}^3/\text{t} = \mathbf{2.47 \text{ m}^3 \text{ CO} / \text{tonelada de harina}}$$

4.9. DETERMINACIÓN DEL COSTO INICIAL DE INVERSIÓN PARA LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Tabla 4.8. Costo inicial de inversión para la conversión al sistema GNC en la Planta Copeinca Chimbote.

	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$)
1	Estación de descompresión	1	250,000	250,000
2	Estación de regulación de presión y medición (ERPM) e interconexiones	1	450,000	450,000
3	Conversión de 4 calderas al sistema dual gas natural / petróleo industrial	4	80,000	320,000
4	Conversión de un secador SRI al sistema dual gas natural / petróleo industrial	1	80,000	80,000
INVERSION TOTAL				1'100,000

(Fuente: Gerencia de Proyectos - Copeinca SAC.)

4.10. DETERMINACIÓN DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN).

El beneficio anual por la sustitución de combustible en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote será:

Datos:

- Cuota anual de captura de anchoveta zona centro-norte: 5'000,000 t
- Cuota de participación de pesca de Copeinca S.A.C. (10.46%):

$$5'000,000 \times 0.1046 \text{ t} = 523,000 \text{ toneladas de pescado}$$

- Porcentaje de pesca asignada a la Planta Copeinca Chimbote (40%):

$$523,000 \text{ t} \times 0.4 = 209,200 \text{ toneladas de pescado}$$

- Relación pescado/harina (P/H): 4.2
- Las toneladas de harina proyectadas al año para la Planta Copeinca Chimbote será:

$$\frac{209,200 \text{ ton. pescado}}{4.2} = 49,809.52 \text{ ton. de harina/año}$$

- El ahorro generado por la sustitución de combustible es 14.009 US\$/t

Por lo tanto el beneficio anual será:

$$14.009 \text{ US$/t} \times 49,809.52 \text{ t/año} = \mathbf{697,781.57 \text{ US$/año}}$$

El valor actual neto se calcula aplicando la ecuación (2.23):

Datos:

- Inversión total (inicial): 1'100,000 US\$
- Flujo neto de caja: 697,781.57 US\$/año
- Tasa de descuento: 8%
- Años de vida de la inversión: 10 años
- Valor de rescate: 250,000 US\$

$$\text{VAN} = -1'100,000 + \frac{697,782}{(1+0.08)} + \frac{697,782}{(1+0.08)^2} + \frac{697,782}{(1+0.08)^3} + \frac{697,782}{(1+0.08)^4} +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{697,782}{(1+0.08)^5} + \frac{697,782}{(1+0.08)^6} + \frac{697,782}{(1+0.08)^7} + \frac{697,782}{(1+0.08)^8} + \frac{697,782}{(1+0.08)^9} \\
& + \frac{(697,782 + 250,000)}{(1+0.08)^{10}}
\end{aligned}$$

$$\text{VAN} = 3'697,972.39 \text{ US\$}$$

4.11. DETERMINACIÓN DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

La tasa interna de retorno (TIR) se da cuando el VAN es igual a cero, aplicando la ecuación (2.25):

$$\begin{aligned}
& - 1'100,000 + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^2} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^3} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^4} + \\
& + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^5} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^6} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^7} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^8} + \frac{697,782}{(1+\text{TIR})^9} \\
& + \frac{(697,782 + 250,000)}{(1+\text{TIR})^{10}} = \text{VAN} = 0
\end{aligned}$$

Considerando un TIR de 63%, se obtiene un VAN= 1,113.03 US\$

Considerando un TIR de 64%, se obtiene un VAN= - 15,685.81 US\$

Interpolando la TIR para un VAN = 0:

63%	→	1,113.03 US\$
TIR	→	0
64%	→	- 15,685.81 US\$

$$\frac{(TIR - 63\%)}{(64\% - 63\%)} = \frac{(0 - 1,113.03)}{(-15,685.81 - 1,113.03)}$$

Por lo tanto la tasa interna de retorno TIR será:

$$TIR = 63.08 \%$$

4.12. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PAY BACK).

Se elabora la siguiente tabla de flujos de caja:

Tabla 4.9. Flujos de caja para el estudio de sustitución de combustible.

AÑO (n)	GASTOS (G) US\$	INGRESOS (I) US\$	FLUJO DE CAJA NETO (Q=I-G) US\$	TASA DE DESCUENTO (K)	VALOR ACTUAIZADO $Q/(1+k)^n$ US\$	SALDO US\$
0	1'100,000		-1'100,000			-1'100,000
1		697,782	697,782	0.08	646,094	-453,906
2		697,782	697,782	0.08	598,236	144,330
3		697,782	697,782	0.08	553,922	698,252
4		697,782	697,782	0.08	512,891	1'211,142
5		697,782	697,782	0.08	474,899	1'686,041
6		697,782	697,782	0.08	439,721	2'125,762
7		697,782	697,782	0.08	407,149	2'532,911
8		697,782	697,782	0.08	376,990	2'909,901
9		697,782	697,782	0.08	349,065	3'258,966
10		947,782	947,782	0.08	439,006	3'697,972

Para calcular el PAY BACK se aplica la ecuación (2.29)

$$\text{PAY BACK} = \frac{\text{Ultimo año con} + \text{Valor absoluto del último saldo negativo}}{\text{saldo negativo} \quad \text{Valor actualizado en el siguiente año}}$$

$$\text{PAY BACK} = 1 + \frac{453,906}{598,236}$$

$$\text{PAY BACK} = 1.76 \text{ años}$$

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. SUMINISTRO DE LAS UNIDADES SEMIRREMOLQUES DE GNC.

Según los cálculos se determinó que se requieren de 6 unidades semirremolques de GNC de 17000 m³ cada una por día, para cubrir la demanda de gas natural en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote, estas unidades tendrían que arribar diariamente desde la ciudad de Lima a una distancia y tiempo de viaje aproximado de 428 km y 6.5 horas respectivamente, por lo que es necesario si se opta por la sustitución de combustible, la implementación de un plan de logística eficiente para asegurar el suministro adecuado de las unidades semirremolques de GNC por día, evitando de esta manera posibles desabastecimientos de gas natural debido a los arribos.

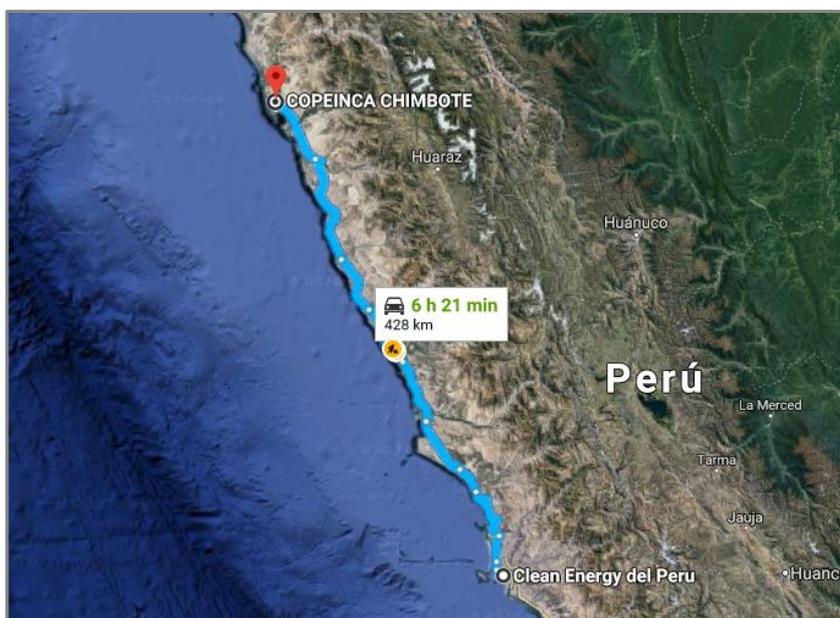


Fig. 5.1. Distancia y tiempo de viaje aproximado de las unidades semirremolques de GNC desde Lima para abastecer a la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

(<https://www.google.com.pe/maps/dir/NeoGas>)

5.2. INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN Y LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN DE PRESIÓN Y MEDICIÓN (ERPM).

La estación de descompresión y la estación de regulación y control de presión (ERPM) se dimensionan e instalan de acuerdo a la necesidad de cada cliente consumidor de gas natural, esto normalmente lo realiza la empresa suministradora del GNC virtual.

5.3. OTRAS ALTERNATIVAS DE QUEMADORES DUALES A GAS NATURAL / PETRÓLEO INDUSTRIAL.

En el estudio se hace referencia a los quemadores duales a gas natural / petróleo industrial de la marca OILON como propuesta para convertir las calderas y el secador SRI de la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote al sistema a gas natural, pero también existen otras marcas alternativas de quemadores duales en el mercado, tales como SAACKE, CLEAVER BROOKS, KROLL ENERGY, entre otras.

5.4. ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y LAS EMISIONES GASEOSAS.

La reducción de los costos de producción por la sustitución de combustible se estimó en **14.009 US\$ por tonelada de harina (-25.74%)** y en cuanto a la reducción de las emisiones gaseosas al medio ambiente por la sustitución de combustible se estimó en **70.13 m³ por tonelada de harina para el CO₂ (-32.37%)** y en **2.47 m³ por tonelada de harina para el CO (-100%)**, los cuales resultan muy atractivos desde un punto de vista económico-medioambiental. Con estos resultados queda validada la hipótesis planteada para el estudio que propone la reducción del 20% en los costos de producción y las emisiones

gaseosas al sustituir el petróleo industrial 6 por GNC en la Planta de harina de pescado Copeinca Chinbote.

5.5. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS DEL ESTUDIO.

Los indicadores económicos determinados para el estudio de sustitución de combustible en la Planta de harina de pescado Copeinca Chinbote se muestran muy atractivos, con un **VAN de 3,697,972.39 US\$** para una inversión inicial de 1,100,000.00 US\$, una tasa interna de retorno elevada **TIR de 63.08%** muy por encima de la tasa de descuento (8%) y un tiempo de recuperación de la inversión **PAY BACK de 1.76 años**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado logra demostrar que al sustituir el petróleo industrial 6 por GNC en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se pueden reducir los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente, por lo que resulta ser una propuesta muy atractiva el optar por dicha fuente energética con el objetivo de generar un ahorro económico y ocasionar menor impacto ambiental en dicha empresa.
2. Se determinó que el indicador real de PI-6 en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote es de 35.80 galones por tonelada de harina y su equivalente en gas natural comprimido de 142.34 m³ por tonelada de harina, la demanda diaria de GNC se determinó en 91504.69 m³/día.
3. Las empresas suministradoras del GNC virtual mostradas en el estudio son las siguientes: NEOGAS PERÚ S.A., GNC ENERGIA PERÚ S.A. y EGP – Especialistas en Gas del Perú S.A.C. Dichas empresas cuentan con estaciones de compresión de GNC principalmente en Lima.
4. Se determinó que en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote se requieren de 6 unidades semirremolques de GNC diariamente de 17000 m³ cada una para cubrir la demanda de gas natural comprimido. Es aconsejable si se opta por la sustitución de combustible, el implementar un plan de logística para asegurar el arribo correcto de las unidades semirremolques de GNC sin contratiempos y también dejar las instalaciones del petróleo industrial 6 como respaldo para cualquier contingencia o desabastecimiento del gas natural.
5. La función principal de la estación de descompresión es descargar y descomprimir el gas natural de las unidades semirremolques de GNC en dos etapas, desde 250 bares hasta 90 bares y de 90 bares hasta 7 bares,

cuenta con un sistema de calentamiento para evitar el congelamiento de las tuberías de gas natural debido a las caídas de presión. En cuanto a la estación de regulación de presión y medición ERPM su función principal es regular la presión del gas natural desde 7 bares hasta 3 bares para luego suministrar a las calderas y el secador SRI, en esta estación también se realizan mediciones de flujo del gas natural y cuenta con dispositivos de control y seguridad como filtros de partículas, válvulas de bloqueo, válvulas de seguridad, manómetros.

6. Se determinó que las potencias requeridas de los quemadores duales a gas natural / petróleo industrial para las calderas y el secador SRI son las siguientes (Según la Marca OILON):

- Potencia del quemador dual - caldera N°1 = 13.6 MW
- Potencia del quemador dual - caldera N°2 = 13.6 MW
- Potencia del quemador dual - caldera N°3 = 17.0 MW
- Potencia del quemador dual - caldera N°4 = 20.4 MW
- Potencia del quemador dual - secador SRI = 7.5 MW

También hay otras marcas de quemadores duales a gas natural / petróleo industrial que se mencionan en el estudio: Saacke, Cleaver Brooks, Kroll Energy.

Los quemadores duales trabajan con una presión del gas natural de 300 milibares, la cual se regula en estos dispositivos ya que la presión con la que llega el gas natural desde la ERPM es de 3 bares.

7. Se determinó que la reducción de los costos de producción por la sustitución de combustible es de **14.009 US\$ por tonelada de harina (-25.74%)** y la reducción de las emisiones gaseosas de **70.13 m³ por tonelada de harina para el CO₂ (-32.37%)** y en **2.47 m³ por tonelada de**

harina para el CO (-100%), con estos resultados queda validada la hipótesis planteada para el estudio.

8. El estudio presenta unos indicadores económicos muy atractivos, con un VAN de 3,697,972,39 US\$, una TIR elevada de 63.08% y un PAY BACK de 1.76 años, por lo que resulta muy ventajoso desde el punto de vista económico si se opta por la sustitución del petróleo industrial 6 por GNC en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda que las empresas de la industria de la harina de pescado que utilicen combustibles tradicionales tales como el petróleo industrial 6, petróleo residual 500, diésel, entre otros y se encuentren alejados del gaseoducto de gas natural, realicen estudios sobre una posible sustitución de combustible en sus plantas de proceso hacia GNC virtual, ya que el estudio demuestra que con el suministro virtual del GNC se pueden reducir significativamente los costos de producción y las emisiones gaseosas al medio ambiente en una Planta de harina de pescado de la ciudad de Chimbote, generando de esta manera un beneficio económico y medio ambiental. Otra recomendación si se opta por la sustitución de combustible hacia GNC virtual, es dejar las instalaciones del combustible a sustituir ya que servirán como respaldo ante cualquier contingencia o desabastecimiento en el suministro del gas natural virtual.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Blank y Tarkin, Ingeniería Económica, Sexta Edición, México D.F., Mc Graw Hill, 2006.
2. Baca Urbina, Gabriel. Fundamentos de Ingeniería Económica, Ed. Mc Graw Hill, 2001.
3. Castillo Neira, Percy. Combustión Industrial de Gas Natural, Curso Práctico, Petroperú, (s.f.).
4. Donald Q. Kern, Procesos de Transferencia de Calor, Ed. McGraw Hill Book Company INC, New York, 1986.
5. Frank Kreith, Mark S. Bohn, Principios de Transferencia de Calor, Sexta Edición, Ed. Paraninfo. S.A., España, 2002.
6. Fernandez Diez, Pedro. Termodinámica Técnica, Universidad de Cantabria, España, (s.f.).
7. Incropera, Frank P.; DeWitt, David P. Fundamentos de Transferencia de Calor, 4a. ed., México: Pearson Educación, 1999.
8. J. P. Holman, Transferencia de Calor, Octava Edición, Ed. McGraw Hill / Interamericana de España, 1998.

ANEXOS

ANEXO A

LISTA DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES Y DOCUMENTOS

Anexo A.1: Lista de Precios de Combustibles.

LISTA DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES

LISTA COMB-04-2017
VIGENCIA A PARTIR DEL 25.01.2017

PRECIOS NETOS PETROPERÚ

	PLANTAS	G.L.P.-E SOLES/KG	G.L.P.-G SOLES/KG	GASOLINA SUPER 90 SP	GASOLINA 84 SP	DIASEL B5 UV	DIASEL B5	PETROPERU INDUSTRIAL N° 6	SOLES/GLN PETROPERU INDUSTRIAL 500
12	TALARA	1.5100	1.8200	6.6400	6.1800	6.2900	6.3600	4.6800	4.6100
13	PIURA			6.8900	6.5000	6.6000	6.6700		
14	ETEN			7.0100	6.6200	6.6200	6.6900		
18	SALAVERRY			7.0600	6.6700	6.6600	6.7300	5.0050	
19	CHIMBOTE			7.0500	0.0000	6.7100	6.7800	5.0150	4.9550
25	SUPE			7.0500	6.6600	6.5200	6.5900		4.8950
20	CALLAO	1.5100	1.8200	6.4600	6.0400				
26	CONCHAN			6.4500	6.0300			4.4700	4.3900
35	C. DE PASCO			7.2800	6.8950	6.9400	7.0100		
31	PISCO			6.8900	6.4600	6.5400	6.6100		4.9850
41	MOLLENDO			7.0800	6.6900			4.9850	4.9150
47	JULIACA				7.0000				
49	CUSCO				7.1200				
45	ILO					6.8000	6.8700		4.9950
77	EL MILAGRO			7.0800	6.6200	6.6700	6.7400		5.3000
67	TARAPOTO			7.2900	6.7700	6.8950	6.9650		

IMPUESTOS APLICABLES A ESTAS PLANTAS

RODAJE % (*)		8	8						
ISC (Sobre/Galón) (**)		1.0500	0.9300	1.4000	1.4000	1.4000	1.4000	0.6800	0.6300
IGV %	18	18	18	18	18	18	18	18	18

LEY DE PROMOCION DE LA INVERSION EN LA AMAZONIA - N° 27037

	PLANTAS	GASOLINA SUPER 90 SP	GASOLINA 84 SP	DIASEL B5 UV	DIASEL B5	PETROPERU INDUSTRIAL N° 6
60	YURIMAGUAS		6.9900	7.8450	7.9150	5.4500
63	QUITOS	7.4300	6.6750	6.8200	6.8900	5.6700
64	PUCALLPA	7.2500	6.8450	7.1530	7.2230	
61	PTO. MALDONADO		7.8400			

IMPUESTOS APLICABLES A ESTAS PLANTAS

RODAJE % (*)		8	8			
--------------	--	---	---	--	--	--

GERENCIA COMERCIAL

REEMPLAZA LISTA COMB-03-2017
DE FECHA : 18.01.2017

(*) El Impuesto del rodaje se aplica sobre el valor de venta de las gasolinas sin incluir el ISC y el IGV.

(**) Impuesto Selectivo al Consumo en aplicación del D.S. N° 316-2014-EF del 21.11.2014.

Impuesto Selectivo al Consumo del Diesel BX en aplicación del D.S. N° 308-2016-EF del 11.11.2016.

A los precios de lista de los combustibles después de impuestos se le adiciona el FISE en aplicación de la Ley N° 26882, modificada con Ley N° 30114 del 02 de diciembre del 2013 "LEY DE PRESUPUESTO DEL SECTOR PÚBLICO PARA EL AÑO FISCAL 2014".
A partir del 01 de mayo del 2016, se aplica a los precios de lista de los combustibles después de impuestos y en adición al FISE, la Tarifa Regulada de Seguridad "SISE" de 0.3479 US\$/BL, aprobada con Resolución de Consejo Directivo OSINEROMIN N° 070-2016-OS-CD del 12 de abril de 2016".

Anexo A.2: Precio del GNC Virtual.



NEOGÁS PERÚ S.A.

Calle 3 Mza. C Lt. 4 Urb. Las Praderas de Lurín

Lurín - Lima - Lima - Perú

Tlf. (51)(1) 640-8888

www.neogas.com.pe

R.U.C. 20516556561

FACTURA

0002

0002474

002 - Nº 002474

FECHA DE EMISIÓN:			CONDICIONES DE PAGO:		GUÍA DE REMISIÓN:	
DÍA	MES	AÑO				
27	06	2016	21 Días desde su emisión			
CLIENTE: APELLIDOS Y NOMBRES / DENOMINACIÓN / RAZÓN SOCIAL						
CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C.						
RUC Nº 20224748711						
DIRECCIÓN: (Jr./Ca./Av./Distrito / Departamento)						
CAL. LOS FRESNOS MZA. PL LOTE. 16 URB. MIRAFLORES IETAPA - PIURA - CASTILLA						
REFERENCIA			UNIDAD	IMPORTE	PERIODO DE LECTURA:	FECHA:
Volúmen Corredor				78,200.000	Lectura Actual	27/06/2016
Conv. m3 a MISTU			0.027816428	2,957.24	Lectura Anterior	5,003,797.000
					Volúmen consumido	78,200.000
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN			PRECIO UNITARIO	VALOR DE VENTA
2,957.24		MISTU VENTA DE GNC - DEL 23 AL 27 DE JUNIO 2016			7.50	22,179.30
SON: VEINTE Y SEIS MIL CIENTOS SETENTA Y UNO 57/100 DOLARES AMEF					SUBTOTAL	US\$ 22,179.30
					CANCELADO	I.G.V.
					FECHA: / /	US\$ 3,992.27
					TOTAL	US\$ 26,171.57

DESIGNADOS AGENTES DE RETENCIÓN DE IGV
DESDE EL 01-11-2012
SEGUN RESOLUCION 228-2012/SUNAT
NO EFECTUAR RETENCIÓN DE IGV

Anexo A.3: Decreto Supremo N° 011-2009-MINAM.

395976


NORMAS LEGALES

 El Peruano
 Lima, oficio 10 de mayo de 2009

Aprueba Límites Máximos Permisibles para las emisiones de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos

 DECRETO SUPLENTO
 N° 011-2009-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, dicta y aplica, entre otras, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 33° de la Ley General del Ambiente – Ley N° 28611, modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, define al Límite Máximo Permisible – LMP, establece que la determinación de los LMP corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por éste y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, asimismo, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley General del Ambiente en mención, dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el artículo 78° del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE, establece que los titulares de las actividades pesqueras y acuícolas son responsables de los afluentes, emisiones, ruido y deposición de desechos que generan o que se produzcan como resultado de los procesos efectuados en sus instalaciones, de los daños a la salud o seguridad de las personas, de efectos adversos sobre los ecosistemas o sobre la cantidad o calidad de los recursos naturales en general y de los recursos hidrobiológicos en particular, así como de los efectos o impactos resultantes de sus actividades;

Que, el literal c) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente – MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los Estándares de Calidad Ambiental – ECA y LMP, los que deberán contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de la Producción, Sub Sector Pesquería, ha elaborado la propuesta de LMP para emisiones de la fuente puntual del proceso de secado de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos, la cual fue sometida a consulta pública mediante publicación efectuada en el Diario Oficial El Peruano el día 24 de diciembre del 2008, habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Ámbito de Aplicación

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y de Harina de Residuos Hidrobiológicos.

Artículo 2°.- Definiciones

Para efectos de la presente norma, se considera:

2.1 Autoridad Competente.- Autoridad que ejerce las funciones de supervisión, evaluación y aprobación

de los Instrumentos de gestión ambiental de la actividad pesquera (al Ministerio de la Producción – PRODUCE).

2.2 Cuerpo receptor.- La atmósfera, el agua y los suelos, cuyas calidades se comparan con los Estándares de Calidad Ambiental respectivos.

2.3 Emisiones fugitivas.- Son todas aquellas fugas o escapes que se producen o emiten directa o indirectamente a la atmósfera, procedentes de las operaciones y procesos de una planta pesquera. Su impacto se puede medir por la alteración de la calidad del aire en los límites del establecimiento.

2.4 Ente Fiscalizador.- Dirección General de Seguimiento, Control y Vigilancia de PRODUCE, que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad pesquera industrial de acuerdo a la normalidad vigente.

2.5 Estándar de Calidad Ambiental (ECA).- Medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire como cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

2.6 Estudio de Impacto Ambiental (EIA).- Instrumento de gestión que contiene una descripción de la actividad propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben incluir las medidas de mitigación o incluye un breve resumen para su difusión.

2.7 Fuente puntual.- Fuente de emisión de contaminantes atmosféricos cuya ubicación pueda ser definida de manera precisa mediante las coordenadas UTM de un único punto en el espacio. La fuente puntual puede ser estacionaria, si sus coordenadas no varían en el tiempo, o móvil en caso contrario. Las fuentes puntuales pueden ser monitoreadas en términos de flujo y concentración o valor del parámetro.

2.8 Instalaciones existentes.- Son aquellas que han sido construidas, aprobadas o iniciado su operación con anterioridad a la vigencia del presente Decreto Supremo.

2.9 Instalaciones nuevas o las que se reubiquen.- Son aquellas a construir, reinstalar, reubicar o a comenzar su operación con posterioridad a la vigencia del presente Decreto Supremo.

2.10 Límite Máximo Permisible (LMP).- Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser absorbida causará o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

2.11 Mejores Técnicas Disponibles.- Son aquellas técnicamente relevantes por su eficacia, comercialmente disponibles y que se puedan encontrar tanto en instalaciones existentes como futuras, caracterizadas por: generar pocos residuos, usar sustancias menos peligrosas, fomentar la recuperación, reducir el uso de materias primas, aumentar la eficiencia del consumo de energía, prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones y los riesgos para el ambiente, disminuir el riesgo de accidentes o reducir sus consecuencias para el ambiente.

2.12 Mejores Prácticas Ambientales.- Es la aplicación de la combinación más adecuada de medidas, estrategias, métodos, que han sido determinados como los más efectivos, medidos prácticos para prevenir o reducir la contaminación de fuentes no puntuales.

2.13 Programa de Monitoreo.- Documento de cumplimiento obligatorio por el Titular de la licencia de operación de la planta de procesamiento pesquero industrial para harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos, que contiene la ubicación de los puntos de control, los parámetros y frecuencias de monitoreo de cada punto para una determinada instalación industrial. El programa prevé el muestreo sistemático y permanente destinado a evaluar la presencia y concentración de contaminantes emitidos o vertidos en el ambiente, mediante la utilización de métodos y técnicas adecuadas.

2.14 Protocolo de Monitoreo.- Procedimientos y metodologías establecidas por la Autoridad Competente y

que deberán cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3º.- Aprobación de los Límites Máximos Permisibles

Aprobados los Límites Máximos Permisibles – LMP para las Emisiones de la fuente puntual del proceso de secado de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos, de acuerdo a los valores que se indican en el Anexo que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

El MINAM en coordinación con la autoridad competente, cuando el caso lo amerite deberá revisar los LMP, en un plazo que no excederá los cinco (5) años, con la finalidad de evaluar su eficacia y actualización de ser el caso, así como la inclusión de otros parámetros.

De manera excepcional, PRODUCE, en coordinación con el MINAM podrá exigir el cumplimiento de límites de emisiones más rigurosos a los establecidos en el Anexo de la presente norma, cuando de la evaluación del respectivo estudio ambiental se concluya que la implementación de la actividad implicaría la superación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) correspondientes.

Artículo 4º.- Emisiones Fugitivas

El titular de la licencia de operación de la planta de procesamiento de harina y aceite de pescado y/o harina de residuos hidrobiológicos está obligado a controlar las emisiones fugitivas de sus procesos para que sean concordantes con los ECA para Aire, los que deberán ser medidos en la periferia del área de cada planta.

Artículo 5º.- Emisiones de calderas y motores

Las emisiones atmosféricas liberadas por los procesos de combustión en calderas y motores se regulan por sus propias normas.

Artículo 6.- Obligatoriedad de los Límites Máximos Permisibles

6.1 Los LMP de emisiones que se establecen en la presente norma son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano, para las plantas de procesamiento de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos nuevas o que se reubiquen. Ninguna planta nueva o que se reubique podrá operar si no cumple con los LMP aprobados.

6.2 Para cumplir con los valores establecidos en el Anexo del presente dispositivo, las plantas de procesamiento de harina y aceite de pescado y de residuos hidrobiológicos deben contar con adecuados sistemas de tratamiento de las emisiones, implementar las mejores tecnologías de control disponibles y mejores prácticas ambientales en todos sus procesos.

Artículo 7º.- Programa de Monitoreo

7.1 Los titulares de las licencias de operación de las plantas de procesamiento pesquero industrial de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos están obligados a realizar el monitoreo de sus emisiones, de conformidad con el Programa de Monitoreo correspondiente. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

7.2 El Programa de Monitoreo podrá ser modificado mediante Resolución de la Autoridad Competente, de oficio, por recomendación del ente fiscalizador o a pedido del titular, a efectos de eliminar, agregar o modificar puntos de control, parámetros o frecuencia, siempre que exista el sustento técnico correspondiente.

7.3 La Autoridad Competente podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

7.4 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al protocolo de monitoreo establecido por la Autoridad Competente, realizado por Laboratorios acreditados ante el

Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual – INDECOPI y registrados en PRODUCE, en tanto el MINAM habilite el respectivo Registro.

Artículo 8º.- Reporte de los resultados del monitoreo

8.1 PRODUCE es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de emisiones de las Industrias de harina y aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos. Los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo realizado, de conformidad con los procedimientos establecidos por la Autoridad Competente en el Protocolo de Monitoreo.

8.2 PRODUCE deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros sesenta (60) días calendario de cada año, un Informe estadístico a partir de los datos de monitoreo reportados, los avances en la implementación de los LMP por los titulares durante el año anterior, el cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 9º.- Vigilancia y la Fiscalización

9.1 Para vigilar el cumplimiento de los LMP, la Autoridad Competente en coordinación con el MINAM, elaborará, aprobará y aplicará el Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas y de los Niveles de Concentración de Emisiones en la periferia del área de la planta.

9.2 La fiscalización del cumplimiento de los LMP deberá realizarse bajo el marco legal vigente.

Artículo 10º.- Sanciones

El titular de la actividad será pasible de sanción si incumple lo establecido en la presente norma, de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento de Inspecciones y Sanciones Pesqueras y Acuícolas (RISPAC), aprobado por el Decreto Supremo N° 018-2007-PRODUCE, sus normas modificatorias, ampliatorias complementarias y conexas.

Artículo 11º.- Coordinación Interinstitucional

Si en el ejercicio de su función de fiscalización, supervisión y/o vigilancia alguna autoridad toma conocimiento de la existencia de alguna infracción ambiental relacionada al incumplimiento de los LMP aprobados por el presente dispositivo, y cuya sanción no es de su competencia, deberá informar a la Autoridad Competente, o al ente fiscalizador, adjuntando los medios probatorios respectivos.

Artículo 12º.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por la Ministra de la Producción.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental

1. Las actividades comprendidas en el presente Decreto Supremo que a la fecha de su vigencia tengan estudios aprobados o se encuentren ejecutando un instrumento de gestión ambiental, y de acuerdo al resultado de su monitoreo, sus emisiones se encuentren por encima de los LMP aprobados, deberán adecuarlos a dichos valores.

2. PRODUCE aprobará en un plazo no mayor de tres (03) meses desde la vigencia del presente dispositivo, la "Guía del Plan de Manejo Ambiental para alcanzar los LMP", en concordancia con los Estudios de Impacto Ambiental o Planes de Manejo Ambiental aprobados.

3. Aprobada la guía antes referida, los titulares de actividad contarán con un plazo de dos (02) meses para presentar la adecuación del Plan de Manejo Ambiental para alcanzar los LMP, el que contendrá la propuesta de Programa de Monitoreo, las medidas de adecuación complementarias, el cronograma de implementación, los objetivos de desempeño ambiental y metas, así como las medidas de prevención, control y mitigación de posibles impactos negativos, debiendo considerarse el

establecimiento de Garantías de Fiel Cumplimiento; el monto, modalidad y demás características de la garantía será establecido por la Autoridad Competente. La propuesta de Plan de Manejo Ambiental para alcanzar los LMP, será evaluada por la Autoridad Competente en un plazo no mayor de cinco (05) meses.

4. La adecuación del Plan de Manejo antes señalado y el cronograma de implementación de las medidas complementarias deberán ser suscritas por el titular de la actividad y por una consultora debidamente registrada ante PRODUCE, en tanto el MINAM habilite el respectivo registro.

5. La actualización del Plan de Manejo Ambiental contemplará un período de adecuación para cumplir los LMP en un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la aprobación de la actualización del Plan de Manejo Ambiental, independientemente de los plazos establecidos para la innovación tecnológica aprobado mediante Resolución Ministerial N° 621-2008-PRODUCE - Resolución Ministerial, que establece disposiciones dirigidas a titulares de plantas de harina y aceite a fin de realizar innovación tecnológica para mitigar sus emisiones al ambiente y sus modificatorias.

6. Ningún establecimiento industrial de procesamiento de harina y aceite de pescado y de plantas de reaprovechamiento de residuos hidrobiológicos podrá operar, luego de vencido el plazo indicado en el numeral 3 que antecede, sin que haya presentado la adecuación de su Plan de Manejo Ambiental, o cuando ésta haya sido observada o desaprobada por la Autoridad Competente.

7. El incumplimiento de las obligaciones definidas en el Plan de Manejo Ambiental será sancionado administrativamente, independientemente de la responsabilidad civil o penal a que haya lugar.

8. Las obligaciones establecidas en la actualización del Plan de Manejo Ambiental son complementarias a las obligaciones establecidas en los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) y los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) aprobados con anterioridad a la presente norma.

9. Los titulares de las licencias de operación de las plantas de procesamiento de harina y aceite de pescado y las de residuos hidrobiológicos, deberán adecuar sus procesos, de tal forma que en el plazo máximo de tres (03) años de la actualización de su Plan de Manejo Ambiental, cumplan con los LMP aprobados.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- PRODUCE, en coordinación con el MINAM, deberá elaborar y aprobar, en un plazo no mayor a seis (06) meses, el Protocolo para el Monitoreo de Emisiones Atmosféricas y de los Niveles de Concentración de Inmisiones en la periferia del área de la planta.

Segunda.- PRODUCE incorporará tipos específicos adicionales de infracciones en el Reglamento de la Ley General de Pesca, así como la profesión de sanciones administrativas para cada supuesto en el Reglamento de Inspecciones y Sanciones Pesqueras y Acuícolas (RISPA), aprobado por Decreto Supremo N° 016-2007-PRODUCE, que se deriven de la aplicación de la presente norma.

Asimismo, PRODUCE emitirá las normas complementarias que fueran necesarias para la aplicación del presente Decreto Supremo.

Tercera.- Para implementar las "tecnologías limpias" que permitan alcanzar los LMP aprobados por el presente dispositivo, los titulares de actividad deberán observar las disposiciones contenidas en las Resoluciones Ministeriales N° 621-2008-PRODUCE y sus modificatorias.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los quince días del mes de mayo del año dos mil nuevo.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

ELENA CONTERNO MARTINELLI
Ministra de la Producción

ANEXO DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LAS EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO Y HARINA DE RESIDUOS HIDROBIOLÓGICOS

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN (ppm ³)
	Plantas existentes, las instalaciones nuevas, las que se reubiquen y del tráfico-fleco
Sulfuro de hidrógeno, sulfuro	5
Materia Particulada (MP)	150

Notas:

1. Las mediciones puntuales se especificarán en el Protocolo de Monitoreo de Emisiones que se aprobará mediante Resolución Ministerial del Sector competente.

2. Los parámetros considerados no excluyen a la Autoridad Competente de solicitar análisis de otros parámetros que considere pertinentes, cuando existan indicios de contaminación.

348938-3

DEFENSA

Otorgan derecho de uso de área acuática a la empresa Nessus Hoteles Perú S.A. para la construcción de embarcadero turístico

Anexo A.4: Análisis de los Gases de Combustión de las Calderas en la Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.

①
BASE FINAL

testo 327-1
V1. 17 01978053/USA

04/23/2015 20:36:11

Fuel	Oil #6
CO2 max	16.7 %

Flue gas

140.9 °C	T stack
14.39 %	CO2
91.0 %	EFF
15.2 %	ExAir
2.9 %	Oxygen
0 ppm	CO
---	inH2O Draft
27.7 °C	Ambient temp
---	mmW Diff. Press.
0 ppm	CO Ambient

Smoke Tests

Avg. Smoke #	---
OilSpot -Y/N	---

②
ALTA FINAL

testo 327-1
V1. 17 01978053/USA

04/23/2015 20:41:42

Fuel	Oil #6
CO2 max	16.7 %

Flue gas

173.1 °C	T stack
13.11 %	CO2
89.3 %	EFF
25.3 %	ExAir
4.5 %	Oxygen
5 ppm	CO
---	inH2O Draft
27.8 °C	Ambient temp
---	mmW Diff. Press.
0 ppm	CO Ambient

Smoke Tests

Avg. Smoke #	---
OilSpot -Y/N	---

③ *LLAMA ALTA*

testo 327-1
V1. 17 01978053/USA

04/23/2015 21:42:47

Fuel	Oil #6
CO2 max	16.7 %

Flue gas

173.5 °C	T stack
13.91 %	CO2
89.5 %	EFF
19.0 %	ExAir
3.5 %	Oxygen
15 ppm	CO
---	inH2O Draft
26.8 °C	Ambient temp
---	mmW Diff. Press.
0 ppm	CO Ambient

Smoke Tests

Avg. Smoke #	---
OilSpot -Y/N	---

④ *LLAMA BAJA*

testo 327-1
V1. 17 01978053/USA

04/23/2015 21:47:20

Fuel	Oil #6
CO2 max	16.7 %

Flue gas

146.3 °C	T stack
14.47 %	CO2
90.8 %	EFF
14.6 %	ExAir
2.8 %	Oxygen
---	ppm CO
---	inH2O Draft
27.0 °C	Ambient temp
---	mmW Diff. Press.
0 ppm	CO Ambient

Smoke Tests

Avg. Smoke #	---
OilSpot -Y/N	---

⑤ *LLAMA MEDIA*

testo 327-1
V1. 17 01978053/USA

04/23/2015 21:53:20

Fuel	Oil #6
CO2 max	16.7 %

Flue gas

136.0 °C	T stack
12.95 %	CO2
90.7 %	EFF
27.3 %	ExAir
4.7 %	Oxygen
25 ppm	CO
---	inH2O Draft
26.3 °C	Ambient temp
---	mmW Diff. Press.
0 ppm	CO Ambient

Smoke Tests

Avg. Smoke #	---
OilSpot -Y/N	---

② LLAMA BAJA
 testo 327-1
 VI. 17 01978053/USA
 04/23/2015 22:11:53
 Fuel Oil #6
 CO2 max 16.7 %
 Flue gas
 153.1 °C T stack
 13.35 % CO2
 90.1 % EFF
 23.7 % ExAir
 4.2 % Oxygen
 6 ppm CO
 --- inH2O Draft
 26.0 °C Ambient temp
 --- mmW Diff. Press.
 0 ppm CO Ambient
 Smoke Tests ---
 Avg. Smoke # ---
 OilSpot -Y/N ---

③ LLAMA MEDIA
 testo 327-1
 VI. 17 01978053/USA
 04/23/2015 22:21:19
 Fuel Oil #6
 CO2 max 16.7 %
 Flue gas
 177.8 °C T stack
 12.71 % CO2
 88.8 % EFF
 29.6 % ExAir
 5.0 % Oxygen
 21 ppm CO
 --- inH2O Draft
 25.7 °C Ambient temp
 --- mmW Diff. Press.
 0 ppm CO Ambient
 Smoke Tests ---
 Avg. Smoke # ---
 OilSpot -Y/N ---

③ LLAMA ALTA
 testo 327-1
 VI. 17 01978053/USA
 04/23/2015 22:31:17
 Fuel Oil #6
 CO2 max 16.7 %
 Flue gas
 170.8 °C T stack
 12.71 % CO2
 89.1 % EFF
 29.6 % ExAir
 5.0 % Oxygen
 13 ppm CO
 --- inH2O Draft
 26.2 °C Ambient temp
 --- mmW Diff. Press.
 0 ppm CO Ambient
 Smoke Tests ---
 Avg. Smoke # ---
 OilSpot -Y/N ---

④ LLAMA BAJA
 testo 327-1
 VI. 17 01978053/USA
 04/23/2015 22:38:12
 Fuel Oil #6
 CO2 max 16.7 %
 Flue gas
 165.7 °C T stack
 12.48 % CO2
 89.1 % EFF
 32.0 % ExAir
 5.3 % Oxygen
 0 ppm CO
 --- inH2O Draft
 22.8 °C Ambient temp
 --- mmW Diff. Press.
 0 ppm CO Ambient
 Smoke Tests ---
 Avg. Smoke # ---
 OilSpot -Y/N ---

④ LLAMA MEDIA
 testo 327-1
 VI. 17 01978053/USA
 04/23/2015 23:04:03
 Fuel Oil #6
 CO2 max 16.7 %
 Flue gas
 191.3 °C T stack
 12.00 % CO2
 87.8 % EFF
 37.0 % ExAir
 5.9 % Oxygen
 4 ppm CO
 --- inH2O Draft
 23.8 °C Ambient temp
 --- mmW Diff. Press.
 0 ppm CO Ambient
 Smoke Tests ---
 Avg. Smoke # ---
 OilSpot -Y/N ---

④ LLAMA ALTA
 testo 327-1
 VI. 17 01978053/USA
 04/23/2015 23:45:07
 Fuel Oil #6
 CO2 max 16.7 %
 Flue gas
 194.8 °C T stack
 12.63 % CO2
 87.9 % EFF
 30.4 % ExAir
 5.1 % Oxygen
 21 ppm CO
 --- inH2O Draft
 22.6 °C Ambient temp
 --- mmW Diff. Press.
 0 ppm CO Ambient
 Smoke Tests ---
 Avg. Smoke # ---
 OilSpot -Y/N ---

**Anexo A.5: Análisis de los Gases de Combustión del Secador SRI en la
Planta de harina de pescado Copeinca Chimbote.**

5 Lluma Baja

testo 327-1
V1.17 01978053/USA

04/24/2015 00:21:02

Fuel Oil #6
CO2 max 16.7 %

Flue gas

132.2 °C T stack
13.99 % CO2
91.0 % EFF
18.3 % ExAir
3.4 % Oxygen
0 ppm CO
--- inH2O Draft
22.4 °C Ambient temp
--- mmHg Diff. Press.
0 ppm CO Ambient

Smoke Tests ---
Avg. Smoke # ---
OilSpot -Y/N ---

5 Lluma ALTA

testo 327-1
V1.17 01978053/USA

04/24/2015 00:28:37

Fuel Oil #6
CO2 max 16.7 %

Flue gas

178.3 °C T stack
13.35 % CO2
89.0 % EFF
23.7 % ExAir
4.2 % Oxygen
11 ppm CO
--- inH2O Draft
23.0 °C Ambient temp
--- mmHg Diff. Press.
0 ppm CO Ambient

Smoke Tests ---
Avg. Smoke # ---
OilSpot -Y/N ---

ANEXO B

TABLAS

Anexo B.1: Factores de conversión de BHP de Calderas en kg/h de vapor y kW.



C & I ENGINEERING COMPANY LIMITED
 The Efficiency Partner / Better Technology Group
www.cni.co.th

CONVERSION OF BOILER IN KG/H AND KW (Approximate)			
G.B. and U.S.A. Steam from and at 100°C		Metric System Steam from 0°C to 100°C	Power In kW
Boiler HP	Kg/h 2.26MJ/kg	Kg/h 2.26MJ/kg	
1	15.65	13.2	9.83
5	78	66	49.14
10	156	132	98.27
15	235	198	147.41
20	313	264	196.55
30	470	396	294.82
40	626	528	393.09
50	783	660	491.37
60	940	792	589.64
70	1096	924	687.91
80	1252	1056	786.19
100	1566	1320	982.74
150	2350	1980	1474.10
200	3130	2640	1965.47
250	3915	3300	2456.26
300	4700	3960	2948.21
350	5480	4620	3439.57
400	6260	5280	3930.94
450	7040	5940	4422.31
500	7830	6600	4913.68
550	8610	7260	5405.04
600	9390	7920	5896.41
650	10179	8580	6504.08
700	10962	9240	6879.15
750	11745	9900	7370.51
800	12528	10560	7861.88

1 kW = 860 kcal/h

Anexo B.2: Calores Latentes de diferentes Sustancias.

Calor latente (todos a presión atmosférica):

Sustancia	Punto de fusión (°C)	Calor latente fusión (kJ/kg)	Punto de ebullición (°C)	Calor lat. vaporización (kJ/kg)
Helio			-268,9	21
Nitrógeno	-209,9	25,5	-195,8	201
Alcohol etílico	-114	104	78	854
Mercurio	-39	11,8	357	272
Agua	0	333	100	2255
Plata	96	88,3	2193	2335
Plomo	327	24,5	1620	912
Oro	1063	64,4	2660	1580

Anexo B.3: Densidad y Grado API para diferentes Tipos de Petróleos.

Tipo de Petróleo	Densidad (g/mL)	Grado API
Extrapesado	>1.0	<10
Pesado	0.92 a 1.0	<22
Mediano	0.87 a 0.92	<31
Ligero	0.83 a 0.87	<30
Superligero	<0.83	>39