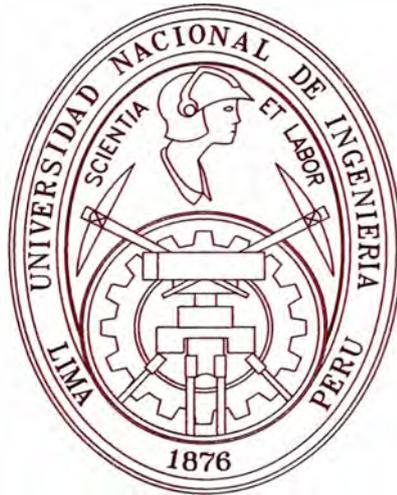


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ANALISIS COMPARATIVO PARA LA SUSTITUCION
DEL PETROLEO R-500 POR GAS NATURAL EN UNA
PLANTA DE PRODUCCION DE HARINA DE
PESCADO DE 100 Ton/hr DE CAPACIDAD)”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

EDSON PAUL RAMIREZ ROMUCHO

PROMOCIÓN 2000-II

LIMA – PERU

- 2006 -

El agradecimiento eterno a mi familia, especialmente a mis padres, Eugenio e Hiladia, por sus consejos y el apoyo constante e incondicional durante toda mi formación profesional.

El agradecimiento a todos mis tíos en especial a Maria y Rumildo que me dieron la oportunidad de seguir adelante.

EL

El agradecimiento a mi esposa Betty y a mis hijas Lucero y Mirella, por su compañía y afectos.

Y

El agradecimiento al Ing. Rodolfo Zamalloa por su accesoria y dirección en la elaboración del informe.

Y finalmente el agradecimiento a Dios que hizo posible que el día de hoy siga con uds.

DE

PROLOGO

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

1.2. Objetivo

1.3. Alcance

CAPITULO II

2. HARINA DE PESCADO Y DEMANDA DE ENERGIA EN EL PROCESO

2.1. HARINA DE PESCADO – PROCESO PRODUCTIVO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

2.1.1. Que es Harina de Pescado y cuales son sus tipos?

2.1.2. Proceso productivo de la Harina de Pescado

2.1.3. Aporte de divisas al PBI nacional

2.1.4. Desarrollo sostenible

2.2. DEMANDA DE ENERGIA EN PROCESO, COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COMBUSTIBLE ALTERNATIVO

2.2.1. Energía en uso

2.2.1.1. Electricidad

2.2.1.2. Combustibles

2.2.1.2.1. Reservas de petróleo en el Perú

2.2.1.2.2. Consumo de petróleo en el Perú

2.2.1.2.3. Evolución de precios del Petróleo

2.2.2. Costos de producción

- 2.2.3. Propuesta para conversión a gas natural
 - 2.2.3.1. Gas natural como una alternativa
 - 2.2.3.2. Que es Gas Natural ?
 - 2.2.3.3. Red de distribución nacional de Gas Natural
 - 2.2.3.4. Evolución de precios de Gas natural y Petróleo

CAPITULO III

3. ESTUDIOS PREVIOS DE LA CONVERSIÓN A GAS NATURAL DEL PARQUE DE CALDERAS EN PLANTA

- 3.1. Datos técnicos del parque de calderas en planta
- 3.2. Consumo de R-500 y avance en producción de planta
- 3.3. Propiedades técnicas de los combustibles
- 3.4. Justificación económica para la conversión a gas
- 3.5. Costos de operación y mantenimiento usando R-500
 - 3.5.1. Instalación actual para el suministro de R-500 a calderas
 - 3.5.2. Demanda de vapor en planta
 - 3.5.3. Cálculos de uso de energía para el suministro de R-500
 - 3.5.4. Costos de operación del parque de calderas
- 3.6. Conclusiones previas

CAPITULO IV

4. TERMODINÁMICA DEL GAS Y R-500

- 4.1. Combustión del Gas natural y R-500
 - 4.1.1. Balance de materia
 - 4.1.2. Estudios de Gases de chimenea
- 4.2. Balance Energético de la Calderas
 - 4.2.1. Cálculos de térmicos
 - 4.2.2. Diagrama de Sankey

CAPITULO V

5. INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1. NORMATIVIDAD LEGAL

- 5.1.1. Marco legal del Gas Natural
- 5.1.2. NORMA NTP 111.001.2003 Terminología Básica
- 5.1.3. NORMA NTP 111.010.2003 Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales

5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS

- 5.2.1. Cálculos de accesorios y equipos para la instalación a gas
- 5.2.2. Selección de equipos y accesorios para la instalación a gas

5.3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

- 5.3.1. Emisión de gases
- 5.3.2. Efecto invernadero
- 5.3.3. Leyes sobre medio ambiente

CAPITULO VI

6. EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO PARA EL PROYECTO

- 6.1. Presupuesto de equipos y accesorios para la instalación a gas
- 6.2. Recuperación de la inversión y beneficios logrados

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

APENDICE

PROLOGO

En el pasado la harina de pescado era comúnmente un elemento en el alimento balanceado de pollos y demás animales de granja.

Hoy la acuicultura lidera el consumo de nuestro aceite con un 70% y la harina de pescado con un 34%, solamente el cultivo de salmón y trucha consume el 53% del total de aceite producido en el mundo si el crecimiento sigue así para el año 2010 la acuicultura consumirá el total de aceite de pescado y la mitad de la producción de harina misma en langostinos, anguilas, tortugas y otros peces, lo que hace que su destino se mueva en todos los mercados del mundo como: Asia, Europa, América, Oceanía, Medio Oriente y África en ese orden de importancia, la oferta de harina de pescado de diferentes orígenes esta muy ligada a lo que ocurre en el Perú de temporada en temporada para épocas de producción, ya que nuestra producción representa el 32% de la producción total mundial seguida de un 15% de Chile, luego sigue China, Tailandia y E.E.U.U en un 3ro, 4to y 5to lugar respectivamente. Un eventual " Niño " significaría un bajón en la producción y su consiguiente alza del precio mundial, lo que nos a puesto en un sitio importante en la Organización Internacional de Productores de Harina y Aceite de Pescado (International Fishmeal and Oil Organization IFFO), todo esto trajo consigo, que la comercialización de la harina de pescado en los últimos 25 años desarrolle un nuevo perfil en su producción originando cambios tecnológicos con tendencias ecológicas de protección medio ambiental e inversiones en el proceso productivo de mejora continua y como tal estamos en la obligación de mejorar la calidad de nuestro producto final a un menor costo, para lograr mantenemos en el mercado mundial.

Para su mejor comprensión el trabajo se ha dividido en capítulos:

Nuestro informe abarca la etapa de generación de vapor para el proceso productivo en una planta de harina de pescado de 100 ton/hr, el cual ha sido desarrollado de manera secuencial en cada uno de los capítulos siguientes:

En el capítulo 2, presento el panorama general sobre la Harina de Pescado partiendo de su concepto, como es el proceso productivo, del aporte al desarrollo sostenible, la demanda de energía, costos de producción y la búsqueda de combustibles alternativos para reducir los costos mencionados.

En el capítulo 3, trata una forma práctica de poder evaluar rápida y económicamente la factibilidad de cambio de consumo a combustibles alternativos, partiendo de los consumos de R-500 por tonelada producida, comparando las características técnicas y los consumos entre los combustibles y además se estima el costo de operación actual comparado con el futuro cambio.

En el Capítulo 4, estudiaremos la combustión de los combustibles R-500 y gas natural, para ello se utiliza el analizador de gases para registrar datos de operación, posteriormente realizaremos un balance energético por caldero que será representado en un Diagrama de Santkey.

En el Capítulo 5, se desarrollara la ingeniería del proyecto, para lo cual empleamos la normatividad legal peruana para uso del gas seco utilizando específicamente las normas siguiente

NTP 111.001.2003 Gas Natural Seco. Terminología básica

NTP 111.010.2003 Gas Natural Seco. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales.

Basado en las normas mencionadas se realizara el diseño del sistema y la selección de accesorios para la nueva instalación de suministro a gas, posteriormente se evalúa el impacto ambiental por el cambio.

El Capítulo 6, trata el presupuesto para el cambio, el tiempo de recuperación de la inversión y los beneficios logrados.

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

Somos una de las 06 plantas productoras de harina de pescado, perteneciente a la empresa Pesquera Diamante, las cuales están ubicadas en las ciudades de Ilo, Mollendo, Pisco, Callao, Supe y Samanco, con un potencial de procesamiento instalado de 700 Ton/hr y una capacidad de almacenamiento en sus bodegas de 12,000 Tn repartidas en 24 lanchas.

Para nuestra planta ubicada en Samanco Chimbote de 100 Ton/hr (a 2km de la panamericana norte) y para cualquier planta productora de harina de pescado a lo largo del litoral, la generación de vapor por medio de sus calderos es de importancia, en la etapa de secado dentro del proceso productivo y más aun cuando si tiene una participación del 9% por consumo de combustible R-500 dentro del costo total de producción, siguiéndole a la materia prima como la anchoveta con un 70% y los otros costos que están por el orden del 1% en promedio.

Todo ello y las exigencias de conservación de nuestro medio ambiente nos obliga a buscar un **USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.**

1.1. Antecedentes

El uso de nuestras reservas petroleras por años y la escasez de estas en el futuro, nos obliga a buscar combustibles alternativos y tecnologías modernas para su uso, mejor aún si estos combustibles alternativos durante su combustión son económicos en su consumo, contaminan menos nuestro medio ambiente y aportan al desarrollo sostenible de nuestro país.

1.2. Objetivo

El objetivo de nuestro informe es reducir los costos en la generación de vapor para nuestra planta ubicada en Chimbote de 100 Ton/hr de procesamiento, cuya capacidad instalada es de 3,900 BHP, la cual esta compuesta por 06 calderas piro tubulares, dicho trabajo se realizara mediante el cambio de consumo de combustible R-500 por consumo de gas natural.

El informe hace uso eficiente de la energía con la conversión a Gas Natural en Calderas de Vapor, que también tiene por objetivo promover la mejora en la eficiencia de las calderas en el país; sensibilizar a los potenciales usuarios en la reconversión económica a gas natural de calderas, y observar el incremento de la eficiencia de las calderas con mejoras económicas y ambientales, mediante la implementación de buenas prácticas y de inversiones a costo efectivo, tanto para el incremento de la eficiencia utilizando el combustible actual como a través de la reconversión a gas natural, con demostraciones de buenas prácticas en la reconversión de calderas.

CAPITULO II

2. HARINA DE PESCADO Y DEMANDA DE ENERGIA EN EL PROCESO

2.1. HARINA DE PESCADO – PROCESO PRODUCTIVO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Como bien se sabe el Perú no sólo es un país minero sino pesquero por excelencia, la inmensa biota que existe en nuestro mar, hace que seamos uno de los primeros países a nivel mundial en biodiversidad marina. Durante los últimos años se ha ido abriendo un nuevo campo para las harinas de pescado de una calidad especial, que con esta denominación o con la de harina "prime" han entrado al mercado de los alimentos balanceados.

Una variedad de la harina especial es la steam dried, este tipo de harina es un concentrado de proteínas hecho a partir del pescado como materia prima, esencialmente en forma de polvo y usado como ingrediente en la alimentación de aves de corral, ganado lechero, peces y otros animales de consumo humano.

Antes de definir la harina de pescado es importante el estudio de la materia prima no solo para conocer el valor nutricional del pescado sino para conocer su composición química y las alteraciones del tipo bioquímica y microbiano que puedan sufrir; para dar el tratamiento

industrial adecuado a fin de obtener los rendimientos de producción de la planta y por ende los costos de producción.

La composición química del pescado es variable y depende de factores de naturaleza intrínseca, tales como edad, sexo, tamaño, órganos del pescado y de factores extrínsecos relacionados a la estación del año, zona de pesca, etc.; sin embargo los aspectos determinantes son la cantidad de alimentos ingeridos por el pez y la cantidad de energía gastada.

De manera que el músculo del pescado esta constituido por aproximadamente 70 - 85 % de agua , 15 – 20% de proteínas, 1 – 10% de lípidos, 0.5 – 1% de carbohidratos y 1 – 1.5% de cenizas minerales. El contenido de agua y lípidos son los que mas fluctúan, especialmente en los peces migratorios. Las proteínas, carbohidratos y cenizas permanecen más o menos constantes.

2.1.1. Que es Harina de Pescado y cuales son sus tipos?

La harina es un producto orgánico industrial el cual ha sido elaborado a partir de anchoveta mediante su reducción de grasa y agua. Esta compuesto fundamentalmente por proteínas y su uso es la nutrición animal, su importancia radica en su gran aporte de energía metabolizable y elementos esenciales para el desarrollo de los seres vivos, tales como aminoácidos esenciales, contenido apreciable de lípidos, vitaminas y minerales, así como una composición balanceada de sus constituyentes, que se traduce en los siguientes efectos benéficos:

- A. Buena conversión alimento – carne.
- B. Buena conversión alimento – crecimiento.
- C. Buena conformación de huesos y huevos.

D. Buena presentación de la piel de los animales que lo consumen.

Sin embargo no todas las harinas tienen los mismos efectos y además pueden constituirse en agente de riesgo potencial para los animales, debido a la posible presencia de bacterias y de algunos compuestos tóxicos que pueden generar severos cuadros clínicos.

Los principales consumidores de harina de pescado son: aves cerdos, vacas caballos, ovinos, visones chinchillas, peces y crustáceos. Cada animal tiene sus propios requerimientos y por tanto la calidad de las harinas solicitadas dependerá de su destino.

TIPOS DE HARINA

Dado el actual desarrollo tecnológico al que ha llegado la industria elaborada de alimentos balanceados orientados hacia la valorización de la calidad de los suplementos proteicos, se ha generado una clasificación de la harina de pescado, según distintos grados de calidad. De manera general, en el Perú se producen harinas de desperdicios (destinados a la agricultura y otros en muy pequeña cantidad), harinas convencionales o FAQ y harinas especiales o prime del tipo A , B (Super prime, prime).

En Europa los tres principales tipos de harina que comercializa Noruega son:

- **Herring Meal**, a precios similares a la harina convencional
- **Norske meal**, recibe un sobreprecio entre 12 y 17 %
- **LT meal**, recibe un sobreprecio entre 20 y 30 %.

Las diferencias de estas harinas esta dada por su calidad fisicoquímica, microbiológica, nutricional y biotoxicologica.

Las harinas convencionales o Standard normalmente provienen de pescado fresco o más o menos descompuesto al cual se le ha sometido a tratamientos térmicos severos, especialmente durante el secado y en la concentración de solubles (a través de secadores a fuego directo y evaporadores de tubos inundados). Estas harinas cada vez tienen menos demanda que las especiales.

Las harinas especiales o prime son productos de calidad mejorada procedentes de materia prima fresca con más de 50 mgr / 100 gr de TVN y sometidas a un tratamiento térmico menos severo (en tiempo y temperatura) en los secadores evaporadores y que cumplen con los parámetros exigidos por el mercado internacional.

PARAMETROS DE CALIDAD

Los parámetros de calidad exigidos están relacionados al destino final de la harina y de acuerdo al comprador, es así que hasta hace poco tiempo el mercado nacional no era exigente con el producto que se comercializaba (harina convencional) fijándose los siguientes parámetros

| | |
|----------------------|-------------|
| Proteínas brutas | 65 % mínimo |
| Grasa (soxhlet) | 12 % máximo |
| Agua | 10 % máximo |
| Sal y arena | 5 % máximo |
| Libre de salmonellas | |

CUADRO N° 01

| PARAMETROS DE CALIDAD | RANGOS DE LOS PARAMETROS |
|------------------------------|--|
| Proteínas | Mas de 67 % |
| Grasas | Menos de 10 % |
| Humedad | Máximo 10% y mínimo 7% |
| Cenizas | Hasta 15 % |
| Cloruros | Máximo 3 % |
| Arena | Menor a 1% (otros a 0.5%) |
| Proteínas solubles | Mayor a 18 % |
| Digestibilidad | En vivo mínimo 90% |
| Lisina disponible | Mas de 7 – 7.4 % |
| T.V.N | Menor a 150 ppm |
| Histamina | Menor a 150 ppm |
| Índice de aminas biogénicas | Menor a 100 – 130 ppm |
| Store biotoxicidad | Menor a 0.8 |
| Acidez libre | Menor a 15 % (otros a 10%) |
| Peroxido | Máximo 30 meq |
| Antioxidante | Mas de 100 – 150 ppm al embarque |
| Salmonella / Shigella | Negativo |
| E. coli | Menor a 3 NMP |
| Granulometría | 2 – 4 mm menor a 1% 1 – 2 mm menor a 10 % Menor a 1 mm mas de 90 % |

Es necesario resaltar que estos valores no necesariamente son rígidos por cuanto esta supeditado a las exigencias particulares del comprador los cuales deben cambiar con el

correr del tiempo y las investigaciones realizadas, haciéndose estas cada vez mas duras.

Usos de la harina de pescado

La harina de pescado es un producto usado en la formulación de alimentos balanceados para la nutrición de animales, tales como, aves, cerdos, peces, crustáceos, vacas, caballos, ovejas, animales de piel, etc.; este agregado normalmente tiene como restricción el alto precio de la harina frente a la harina de soya u otros sustitutos y a la posible presencia de algunos compuestos tóxicos que podrían producir trastornos en algunos animales que lo consumen. Los alimentos preparados deben contener nutrientes perfectamente balanceados afín de cubrir no solo las necesidades nutricionales del animal que por cierto varían de acuerdo a la especie, edad, sexo y destino final; si no también ciertas cualidades organolépticas; así por ejemplo en la preparación de alimentos especiales para animales jóvenes es muy importante el aproximar el gusto, olor y color a sus alimentos naturales.

Considerando que los requerimientos nutricionales son variables, un solo tipo de harina no puede cubrir dichas exigencias; es así que en el mercado mundial se comercializan harinas con características especiales para la acuicultura y que pueden utilizarse para la alimentación de anguilas, salmones, langostinos, camarones, etc.; ganado vacuno para la leche y carne, avicultura, para ponedoras y pollo-carne, animales de piel para la crianza de visones, chinchillas, etc. Como se puede observar las exigencias de la harina están en función del destino final del producto.

El principal sustituto de la harina de pescado es la harina de soya cuya diferencia es su composición de aminoácido parcial, ambas comparten en mayor o menor grado el mismo grupo de usuarios finales. La mayor competencia se da en la avicultura y la porcino cultura y en menor medida en los rumiantes, los visones y los salmones. Para ciertos casos, el uso de la harina de soya se ve limitado por su bajo nivel de metionina que es esencial en la ingesta de los animales monogástricos toda vez que no puede sintetizarlo en su organismo.

En el caso de la alimentación de cerdos con harina de soya, el aminoácido limitante es la lisina, fundamental para el crecimiento del animal; sin embargo esta deficiencia puede ser compensada por el bajo costo del suplemento proteico en aquellos países productores de soya.

MERCADOS DE LA HARINA DE PESCADO

El consumo de la harina de pescado durante los últimos años ha sido creciente y con una tendencia de aumento en harina de alta calidad o prime.

Los principales países demandantes son Europa, Norteamérica y del sudeste Asiático, especialmente estos últimos por la gran actividad acuícola que viene desarrollando, sumado al crecimiento de la producción de aves y cerdos.

Las perspectivas de crecimiento de la demanda es dependiente de la producción mundial de su principal sustituto que es la soya u otros productos similares, de la

producción intensiva de aves, cerdos, peces y crustáceos, al crecimiento demográfico, y al comportamiento de los precios y a las políticas gubernamentales de subsidio de suplementos proteicos; sin embargo la tendencia de una mayor demanda esta orientada a las harinas especiales.



Figura del capítulo 2: Mercados de la Harina de Pescado

2.1.2. Proceso productivo de la Harina de Pescado

El proceso de elaboración de la harina steam dried involucra el reconocimiento de una serie de operaciones unitarias que se llevan a cabo en ella, tales como: Cocción, extrusión, secado, evaporación, centrifugación, molienda, combustión, intercambio iónico, entre otros.

El adecuado control en los equipos del proceso productivo así como los análisis y controles periódicos de la materia prima, productos intermedios y finales, tienen particular importancia porque de estos factores dependerá la obtención de una harina steam dried de calidad superior y de esta manera, lograr satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional que cada día son más exigentes.

Estudio de La Materia Prima.

La calidad de la harina es dependiente de la materia prima y del proceso productivo; de estos dos parámetros el de mayor importancia es la materia prima, tan es así que se considera que su influencia en la calidad del producto final alcanza el 70 - 75 %. En tal concepto, el tipo de especie y la frescura y/o grado de deterioro resultan los principales factores para la diferenciación del producto.

Déscarga Del Pescado

El transporte del pescado desde las embarcaciones a la fábrica debe hacerse con el menor daño posible, de tal forma que en todo momento se evite el destrozo del pescado y con ello no se facilite el proceso autolítico y microbiano. La anchoveta es trasladada desde las embarcaciones pesqueras a la planta por medio de una bomba acoplada a una tubería submarina. El equipo de bombeo hidráulico se encuentra

instalado en un elemento flotante llamado CHATA, el cual se halla a una distancia de 900 m. de la orilla de la playa.



Figura del capítulo 2: Correspondiente a la chata flotante

La mezcla agua-pescado llega a la planta a través de la tubería y es recepcionado en tres equipos llamados desaguadores: Desaguador estático, cedazos vibratorios y transportadores de mallas.

Una vez que la materia prima pasa por los desaguadores llega a la tolva de pesaje de donde se descarga a la poza de almacenamiento de pescado.

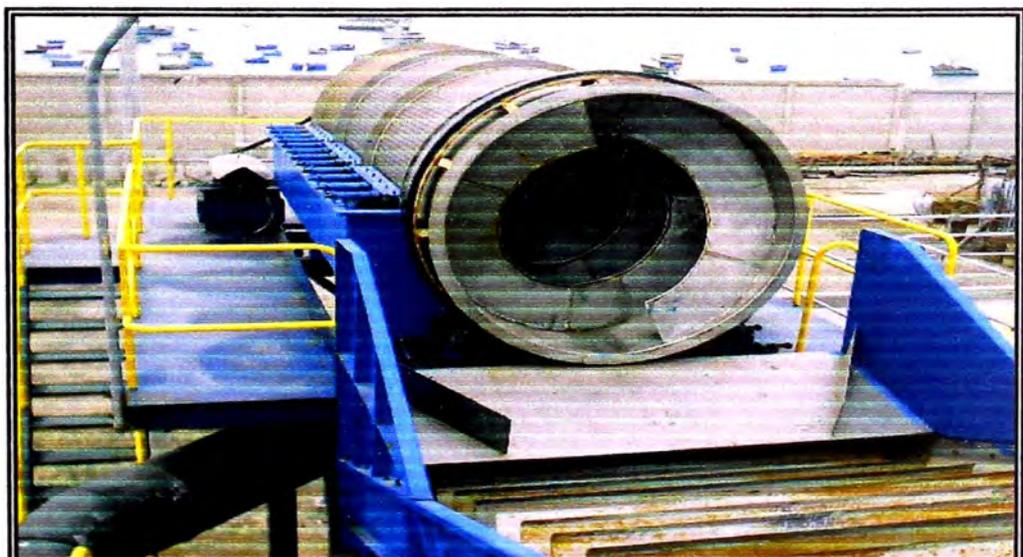


Figura del Capítulo 2: Correspondiente a la Tolva

La anchoveta extraída de las pozas de almacenamiento por medio de un transportador helicoidal, es llevada hacia los COCINADORES por medio del transportador de paletas.



Figura del Capítulo 2: Transportador Helicoidal

Operación De Cocción

La operación unitaria de cocción tiene como objetivo: (a) Coagular las proteínas, (b) Esterilizar, con el fin de detener la actividad enzimática y microbiana, (c) Liberar la grasa de las células adiposas y el agua.

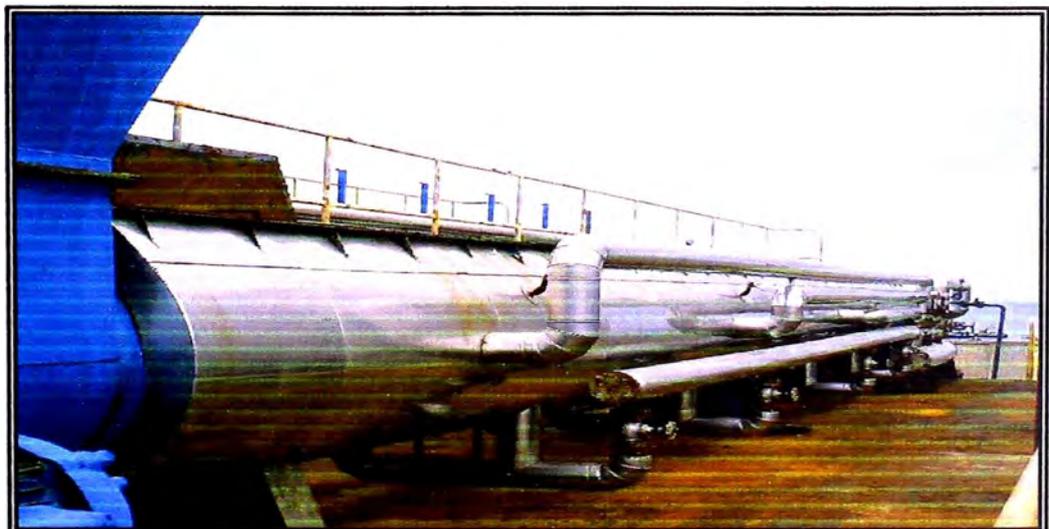


figura del Capítulo 2: Correspondiente a los cocinadores

Operacion de Pre-Desaguado O Pre-Prensado

El objetivo del pre-desaguado es efectuar un drenaje previo al prensado con la finalidad de aumentar su capacidad. Toda la masa que sale del cocinador no puede ser tomada por la prensa sin disminuir en forma considerable su rendimiento y con ello también toda la planta de procesamiento.



Figura del Capítulo 2: Máquinas Prensadoras.

Operación De Extrusión

La operación de prensado tiene como objetivo la separación de agua y grasa de tal forma que la torta de prensa contenga la menor cantidad posible de estos dos componentes y el licor de prensa sea pobre en sólidos.



Figura del capítulo 2: Vista anterior de la prensadora

Operación De Centrifugación

Es la operación que utiliza la fuerza centrífuga para separar los diversos componentes que tiene el licor de prensa como son la grasa, sólidos solubles e insolubles y agua, en razón a su diferencia de ~~densidades~~.



Figura del capítulo 2: Maquinas Centrifugas

Operación De Evaporación

La evaporación consiste en la eliminación de vapor de un soluto relativamente no volátil, el cual suele ser sólido. Generalmente el agua no se elimina completamente y el producto **concentrado** permanece en forma líquida, aunque algunas veces con una **elevada viscosidad**.



Figura del capítulo 2: Maquinas de evaporación.

Operación De Secado

El objetivo es deshidratar la torta de prensa, torta de separadora y el concentrado de agua de cola unidos y homogenizados previamente; sin afectar la calidad del producto. La principal razón es reducir la humedad del material a niveles de agua remanente en donde no sea

posible el crecimiento microbiano ni se produzcan reacciones químicas que puedan deteriorar el producto.



Figura del capítulo 2: Máquina de operación de secado

Operación De Molienda

El objetivo de la molienda, es la reducción del tamaño de los sólidos hasta que se satisfagan las condiciones y especificaciones dadas por los compradores.

La molienda del scrap es de capital importancia, porque una buena apariencia granular incidirá favorablemente en la aceptación del producto en el mercado.



Figura del capítulo 2: Máquina de Molienda.

Operación de dosificación Del Antioxidante

Las grasas de las harinas de pescado se estabilizan mediante la adición de antioxidante, inmediatamente después de la fabricación.

Los antioxidantes son compuestos químicos que retardan la autoxidación. La autoxidación supone que una molécula de oxígeno reacciona con una molécula de lípido en un enlace no saturado para formar un peróxido, después que una o dos moléculas han sido activadas por medio de la absorción de una fracción de energía. El peróxido formado tiene la facultad de activar nuevas moléculas formando nuevos peróxidos, y de esta manera se establece una reacción en cadena al menos que se disipe la energía en una reacción alternativa. Si no se detiene la reacción, que es exotérmica, el producto se combustiona, bajan los pesos moleculares y adicionalmente se produce mal olor y sabor rancio.



Figura del capítulo 2: Máquina de dosificación

Envasado y Almacenamiento

La harina de pescado tratado con antioxidante, es transportado por medio de un helicoidal hacia la balanza ensacadora, estas poseen un pantalón de ensaque sobre la cual se vierte la harina y que es recibida en sacos de polipropileno (color blanco) de 50 kg. de capacidad. Por medio de un transportador de tablillas los sacos con su contenido de harina son llevados hacia un camión transportador.



Figura del capítulo 2: Máquina de envasado

Finalmente la harina es pesada y almacenada en las pampas de almacenamiento, formando las llamadas rumas de harina de mil sacos cada una.

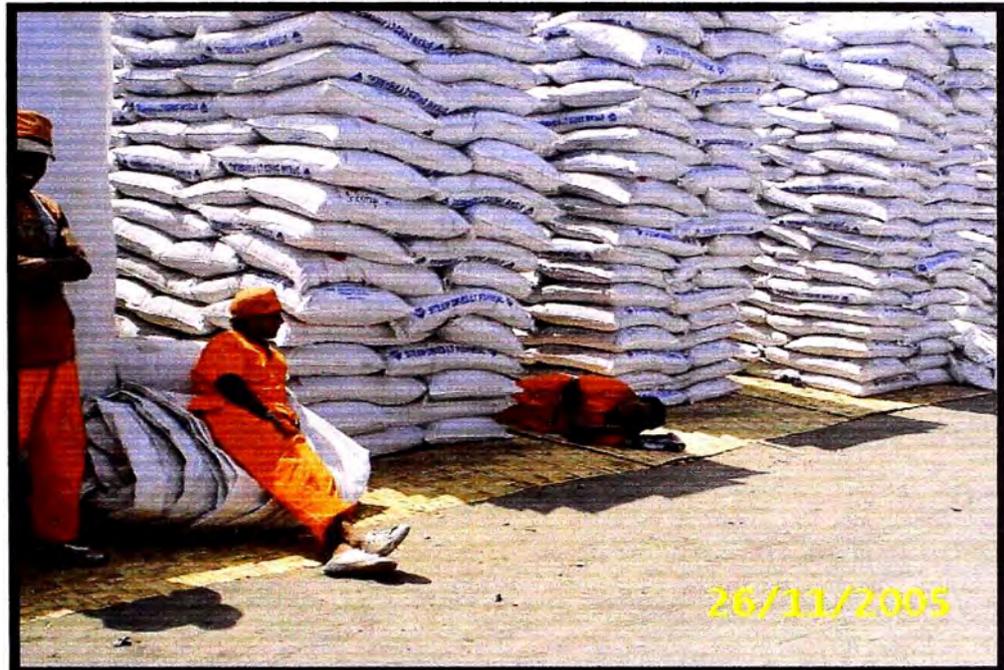


Figura del capítulo 2 representando el almacenamiento de la harina

Actualmente el campo de almacenamiento de la planta no se encuentra enlosado, motivo por el cual antes del armado de las rumas se realiza un tratamiento al suelo a base de cal y sobre ella se colocan esteras.

Control De Calidad

Principales análisis y controles en el proceso productivo.

En el área de control de calidad se realizan diversos análisis y controles de proceso productivo con el fin de obtener una harina de pescado de calidad superior.

Este muestreo se hace en los siguientes procesos:

Muestreo de la materia prima, controles físicos y estándares del proceso, cocinadores, prensas, licor de prensas, licor a centrifugas, agua de cola, planta de agua de cola, secado, sanguaza-residuos, grasos dyaf, antioxidante, harina, peso de la harina envasada, técnicas de muestreo en el proceso, torta de prensa, licor de prensa, agua de cola, concentrado

de agua de cola, sanguaza-residuos grasos, dyaf, aceite, agua de bombeo, harina semiseca, scrap, harina, técnicas y procedimientos de análisis, descripción de los formatos de control de calidad, tratamiento químico de aguas en los calderos a vapor, las aguas de caldero y sus problemas, incrustaciones, corrosión, arrastre, fragilidad cáustica, tratamiento del agua de alimentación a los calderos, tratamiento externo, tratamiento interno, muestreos y análisis químicos, el control sanitario en la planta, control en los cocinadores, control de las prensas, control en los secadores, control en el equipo dosificador de antioxidante, control en el envasado, control de licores.



Figura del capítulo 2 representa control de calidad

2.1.3. Aporte de divisas al PBI nacional

La harina de pescado representa cerca del 90% del volumen total exportado por el sector pesquero y el 73% del valor, con todo esto la industria harinera ocupa el segundo lugar de aporte al PBI nacional después de la minería.

| PBI SEGUN SECTORES ECONOMICOS: ABRIL 2006 (Año Base 1994) | | | |
|--|-------------------|------------------------------|--------------|
| SECTORES | Ponderación 1/ | Variación Porcentual 2006/05 | |
| | | ABRIL | ENE - ABR |
| PBI TOTAL | 100,0 | 3,63 | 5,94 |
| Agropecuario | 7,60 | 7,99 | 3,90 |
| Pesca | 0,72 | -30,12 | 1,32 |
| Minería e Hidrocarburos | 4,67 | 8,40 | 5,82 |
| Manufactura | 15,98 | -1,47 | 4,27 |
| Electricidad y Agua | 1,90 | 2,80 | 5,72 |
| Construcción | 5,58 | 4,88 | 13,42 |
| Comercio | 14,57 | 6,28 | 8,27 |
| Otros Servicios 2/ | 39,25 | 4,24 | 5,91 |
| DI-Otros Imp. a los Prod. | 9,74 | -0,61 | 3,69 |

1/ Corresponde a la estructura del PBI valorizado a precios básicos
2/ Incluye Servicios Gubernamentales y Otros Servicios
FUENTE: INEI, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de la Producción y SUNAT

Cuadros del capítulo 2. PBI según sectores económicos.

| AMERICA LATINA: EVOLUCION DEL PBI: 1997 - 2004 (Variación % Anual) | | | | | | | | |
|---|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PAIS | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 /P | 2004 /P |
| Argentina | 8.1 | 3.9 | -3.4 | -0.8 | -4.4 | -10.9 | 8.8 | 9.0 |
| Bolivia | 5.0 | 5.0 | 0.4 | 2.5 | 1.7 | 2.4 | 2.8 | 3.6 |
| Brasil | 3.3 | 0.1 | 0.8 | 4.4 | 1.3 | 1.9 | 0.5 | 4.9 |
| Colombia | 3.4 | 0.6 | -4.2 | 2.9 | 1.5 | 1.9 | 4.1 | 4.1 |
| Costa Rica | 5.6 | 8.4 | 8.2 | 1.8 | 1.1 | 2.9 | 6.5 | 4.2 |
| Chile | 6.6 | 3.2 | -0.8 | 4.5 | 3.4 | 2.2 | 3.7 | 6.1 |
| Ecuador | 4.1 | 2.1 | -6.3 | 2.8 | 5.1 | 3.4 | 2.7 | 6.9 |
| El Salvador | 4.2 | 3.7 | 3.4 | 2.2 | 1.7 | 2.2 | 1.8 | 1.5 |
| Guatemala | 4.4 | 5.0 | 3.8 | 3.6 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.7 |
| Honduras | 5.0 | 2.9 | -1.9 | 5.7 | 2.6 | 2.7 | 3.5 | 5.0 |
| México | 6.8 | 5.0 | 3.9 | 6.6 | -0.2 | 0.8 | 1.4 | 4.4 |
| Nicaragua | 4.0 | 3.7 | 7.0 | 4.2 | 3.0 | 1.0 | 2.3 | 5.1 |
| Panamá | 6.4 | 7.4 | 4.0 | 2.7 | 0.6 | 2.2 | 4.3 | 6.2 |
| Paraguay | 2.6 | -0.4 | 0.5 | -0.4 | 2.7 | -2.3 | 2.6 | 2.9 |
| Perú | 6.8 | -0.7 | 0.9 | 2.9 | 0.2 | 4.9 | 4.0 | 4.8 |
| Rep. Dominicana | 8.2 | 7.4 | 8.1 | 8.1 | 3.6 | 4.4 | -1.9 | 2.0 |
| Uruguay | 5.0 | 4.5 | -2.8 | -1.4 | -3.4 | -11.0 | 2.2 | 12.3 |
| Venezuela | ... | 0.3 | -6.0 | 3.7 | 3.4 | -8.9 | -7.7 | 17.9 |

FUENTE: INSTITUTOS DE ESTADÍSTICAS Y BANCOS CENTRALES DE AMERICA LATINA

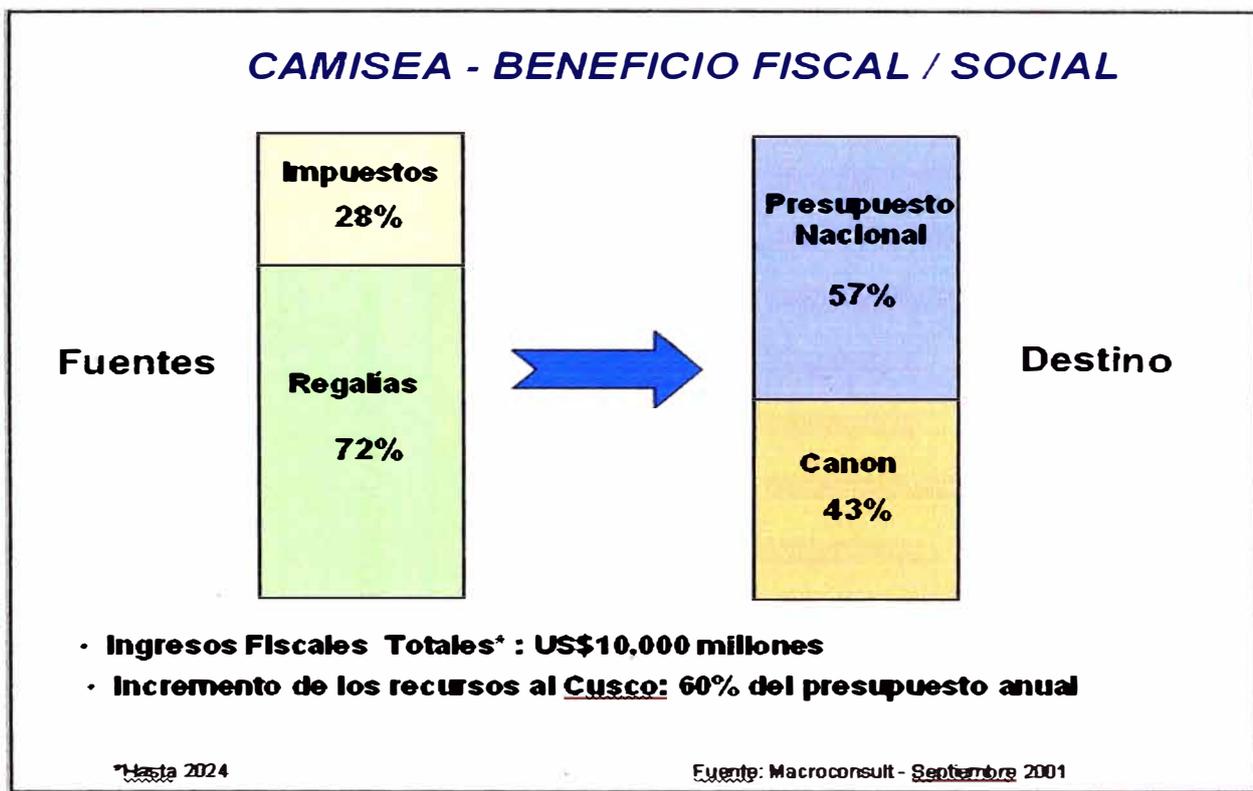


Figura del capítulo 2. camisea -beneficio fiscal y social

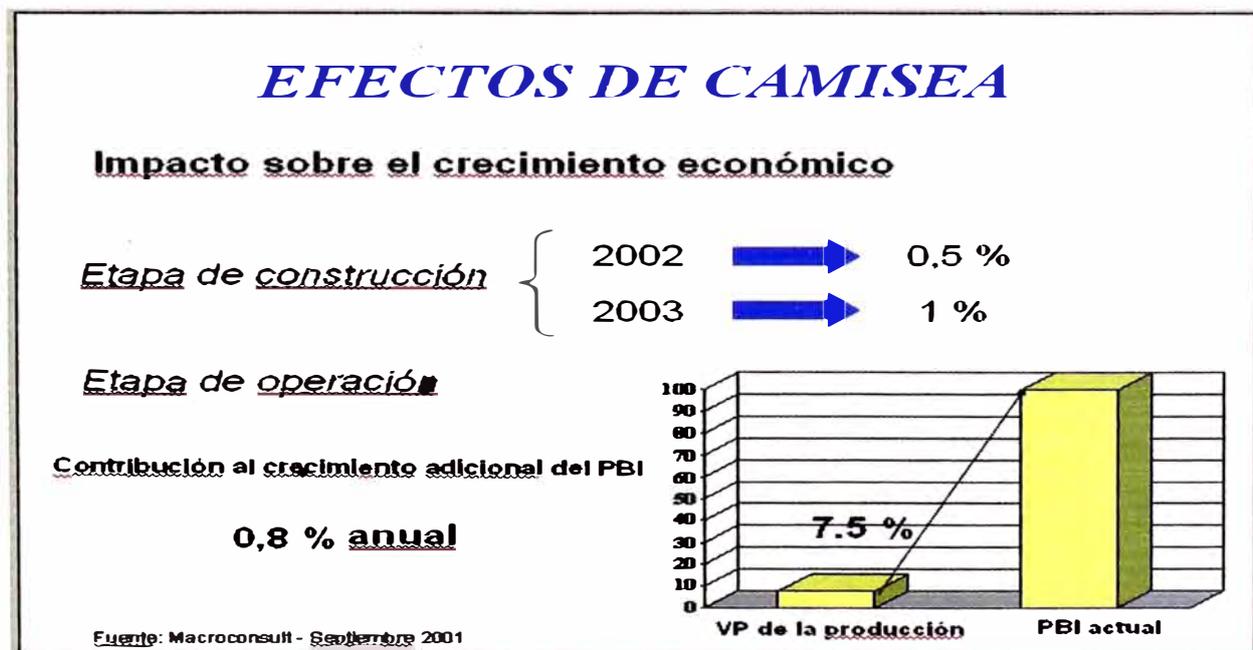
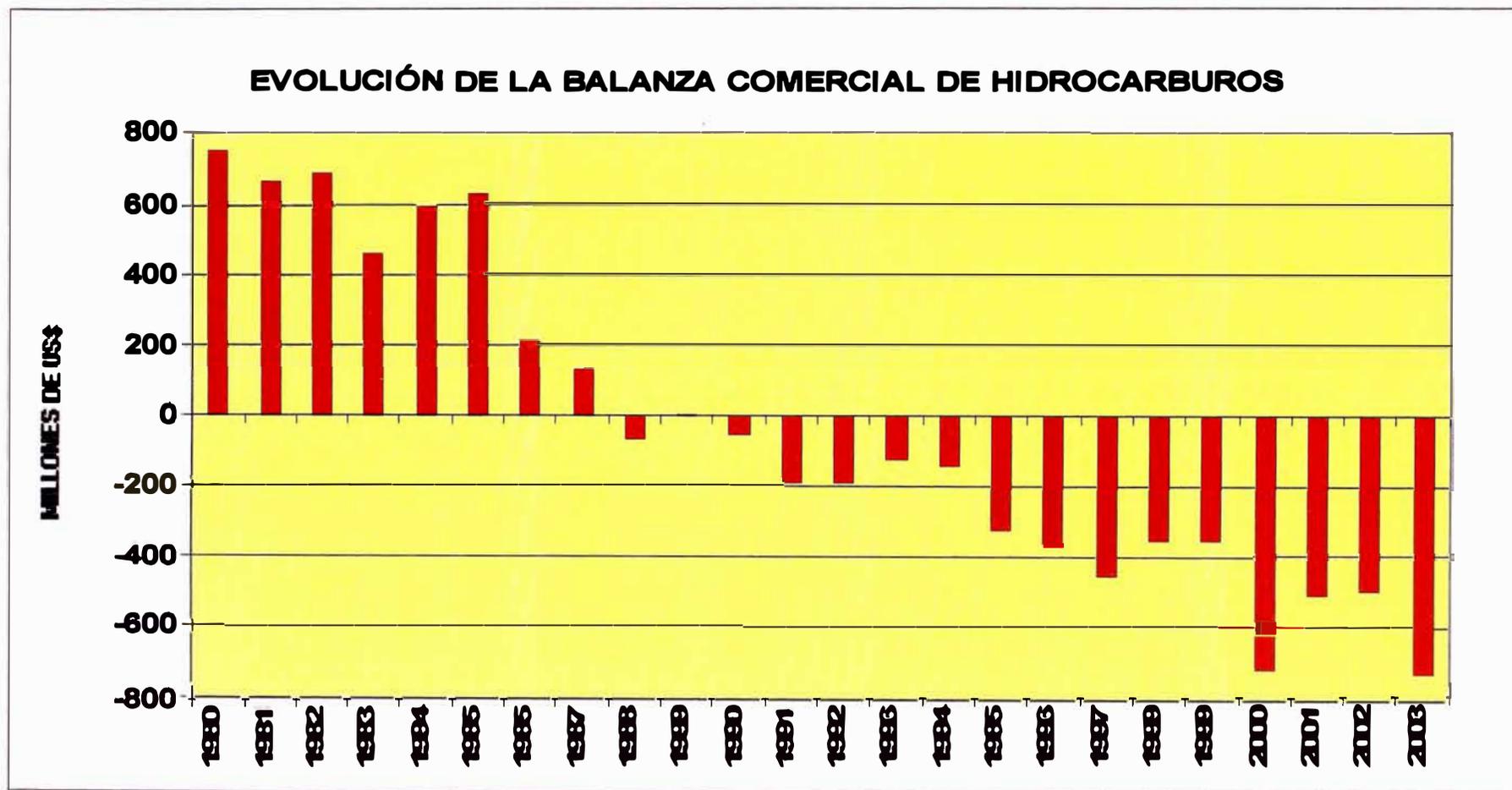


Figura del capítulo 2 de efectos de camisea

Con el uso del gas natural contribuimos al progreso de nuestro país, haciendo que no crezca el déficit en la balanza comercial de hidrocarburos.

En el 2002 el déficit fue de US\$ 492 millones y US\$ 724 millones al fin del 2003.



Cuadro del capítulo 2. Evolución de la balanza comercial de hidrocarburos

2.1.4. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible implica una serie de elementos de una compleja realidad, no solo tiene significado económico o de crecimiento material si no que también persigue la mejora de calidad de vida humana, también es el conjunto de activos que tiene la sociedad y que esta los mantenga o los eleve a largo plazo, estos activos son:

- Los bienes de capital
- El capital humano y el capital ambiental.



Figura del capítulo 2 de Contaminación Ambiental a nivel nacional

Por lo que es necesario desarrollar y utilizar tecnología con énfasis en la prevención en el uso de los recursos naturales, la materia prima, la energía y el agua. La necesidad de preservar los recursos naturales para el beneficio de las futuras

generaciones, es hacer de que las variables ambientales sean consideradas dentro de la economía, para ello requiere la comprensión de que la sobreexplotación tiene sus consecuencias.

DEPREDACION Y SOBREEXPLOTACION

| TRANSFORMACION DE PRODUCTOS PESQUEROS 2001-2006 (Miles de TMB) | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DESTINO | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 * |
| PESCA MARITIMA | | | | | | |
| ENLATADO | 81,6 | 35,3 | 91,7 | 45,4 | 52,4 | 41,3 |
| CONGELADO | 83,3 | 85,7 | 99,5 | 143,4 | 138,3 | 46,8 |
| CURADO | 20,0 | 14,6 | 15,6 | 15,0 | 14,9 | 4,3 |
| HARINA DE PESCADO | 1635,4 | 1839,2 | 1124,5 | 1971,4 | 1918,6 | 176,2 |
| ACEITE CRUDO | 302,9 | 188,9 | 206,2 | 349,8 | 286,3 | 25,0 |
| | | | | | | |
| CONGELADO | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | ... | ... |
| CURADO | 9,2 | 6,9 | 7,1 | 8,5 | 8,6 | 2,1 |

FUENTE: MINISTERIO DE LA PRODUCCION - Viceministerio de Pesquería * ENE - MAR

Cuadro del capítulo 2. de transformación de productos pesqueros

Tenemos los niveles de captura más altos del mundo, entre los años 2000 y 2003 se pesco en el país alrededor de 265 millones de Ton de anchoveta solo 14 países tienen capturas que exceden el millón de Ton y el Perú captura mas de un millón de Ton en un mes, Chimbote ocupa el quinto lugar en el mundo por captura.

Actualmente en la Agenda Nacional, el proceso de puesta en marcha del desarrollo sostenible, no solo implica el manejo integrado de los recursos naturales mediante la aplicación de políticas públicas eficientes que permitan un balance entre el desarrollo económico y la conservación, tomando en cuenta las necesidades presentes y futuras, además exige la aplicación de un enfoque sistémico con la integración de la perspectiva múltiple, por ello la urgencia de contar con leyes verdaderamente eficaces para la implementación de dicho proceso es una necesidad ya que somos una nación pesquera ubicada en una de las áreas de pesca más productivas del mundo.

2.2. Demanda de energía en proceso, costo de producción y combustible alternativo

2.2.1. Energía en uso

Para el proceso productivo de la harina de pescado es necesario el uso de energía, que para nuestro caso es de dos tipos, estas son

- **Energía Eléctrica** la cual es suministrado por una distribuidora en 13,200 V con potencias contratadas de 900 Kw por cada suministro en la opción tarifaria MT 3.
- **Y Energía Primaria** la cual es suministrada por la combustión del R-500 para la generación de vapor mediante calderos piro tubulares que hacen un total de 3900 BHP y el D-2 para la generación de ~~energía~~ electricidad, mediante grupos electrógenos

que hace un total de 1800 Kw., cabe señalar que estos datos son nominales.

Para poder determinar el porcentaje de participación de estas energías en el proceso productivo haremos uso de los datos de consumo para el año 2005. Del cuadro siguiente tenemos los consumos de electricidad y combustibles utilizados para producir 22,360.90 Ton de harina de pescado.

Energía eléctrica = 1'732,150.97 Kw.-hr + 378,480.00 Kw.-hr

Energía primaria = 66,540.00 Gln de D-2 + 992,426 Gln de R-500

Cuadro del cap. 2 N°5

| | Gas Natural ft³ | Diesel (2) gln | Residual (500) gln | Electricidad Kw-h |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 MM BTU | 1000 | 7.63 | 6.97 | 290.7 |

Entonces del cuadro N° 2, tenemos:

Energía eléctrica = 2'110,630.9 Kw-hr x 1MMBTU / 290.7
Kw-hr
= 7,260.5 MMBTU

Energía primaria = 66,540.00 Gln de D-2 x 1MMBTU / 7.63 Gln
+ 992,426Gln de R-500 x 1MMBTU / 6.97 Gin
= 8,720.8MMBTU + 142,385.4 MMBTU =

Lo que hace un total de 151'106.2 MMBTU, por consiguiente los porcentajes en participación para las formas de energía en el proceso son

Energía eléctrica: $7,260.5 \text{ MMBTU} / 151'106.2 \text{ MMBTU} \times 100\%$
= 4.8 %

Energía primaria: $151'106.2 \text{ MMBTU} / 151'106.2 \text{ MMBTU} \times 100\%$
= 95.2 %

Como se puede apreciar la participación de la energía química por medio del combustibles en especial del R-500, es considerable en el proceso productivo de la harina de pescado con un 95.2%.

2.2.1.1. Cuadro de Electricidad

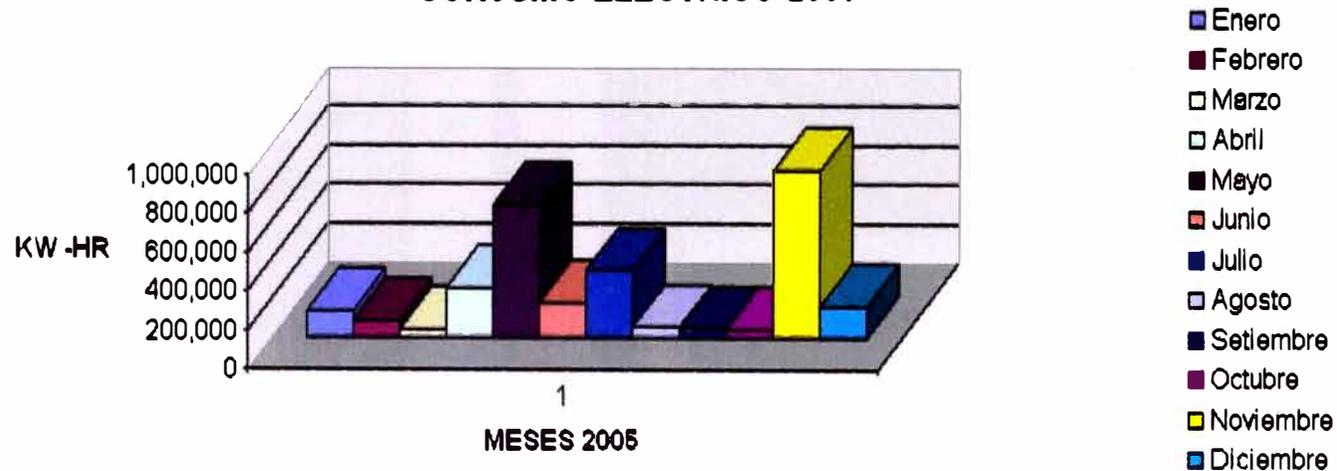
CONSUMO ELECTRICO 2005

| MESES | HIDRANDINA MT3-1 (ENERGIA ACTIVA) | | HIDRANDINA MT3-2 (ENERGIA ACTIVA) | | GRUPOS ELECTROGENOS | | | | CONSUMO ELECTRICO | COSTO TOTAL |
|--------------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------|--------|------------------|------------|----------------------|---------------------|
| | Kw-Hr | S/. | Kw-Hr | S/. | Kw-Hr | HORAS | DIESEL | S/. | Kw-Hr | S/. |
| Enero | 133,734.6503 | 3,771.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 133,734.65 | 3,771.90 |
| Febrero | 82,549.0939 | 38,713.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 82,549.09 | 38,713.10 |
| Marzo | 43,532.7289 | 35,815.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 43,532.73 | 35,815.70 |
| Abril | 147,785.4599 | 60,131.80 | 0.00 | 0.00 | 108,625.60 | 286.00 | 9,696.00 | 68,434.07 | 256,410.96 | 118,566.67 |
| Mayo | 354,660.0129 | 82,148.30 | 0.00 | 0.00 | 324,711.00 | 762.00 | 27,679.00 | 204,667.93 | 679,371.01 | 286,716.23 |
| Junio | 113,034.5496 | 45,569.70 | 0.00 | 0.00 | 64,130.17 | 164.00 | 5,696.00 | 40,402.01 | 177,164.72 | 85,971.71 |
| Julio | 199,598.1991 | 60,373.00 | 0.00 | 0.00 | 142,860.83 | 322.00 | 13,431.00 | 9,0002.33 | 342,459.02 | 140,375.33 |
| Agosto | 63,569.0926 | 37,106.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 63,569.09 | 37,106.30 |
| Septiembre | 43,909.0926 | 36,369.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 43,909.09 | 36,369.60 |
| Octubre | 43,281.8198 | 36,415.00 | 108.00 | 113.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 43,399.82 | 36,528.10 |
| Noviembre | 414,501.8332 | 97,078.70 | 321,816.00 | 59,971.40 | 121,192.05 | 368.00 | 10,038.00 | 76,350.99 | 857,509.88 | 233,401.09 |
| Diciembre | 101,994.5492 | 35,155.00 | 56,556.00 | 28,039.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 158,550.55 | 63,194.70 |
| TOTAL | 1,732,150.9719 | | 378,480.00 | | | | 66,540.00 | | 2,872,150.52 | 1,116,529.51 |

NOTA:

NO SE INCLUYE EL CONSUMO DE DIESEL Y HORAS DE OPERACIÓN DE LOS GGEE PARA EL CASO DE PRUEBAS DE EQUIPOS.

CONSUMO ELECTRICO 2005



ENERGIA ELECTRICA**FIGURA DE ENERGIA COMPRADA SUMINISTRO MT3 N° 1
DE 900 KW C/U****FIGURA DE ENERGIA COMPRADA SUMINISTRO MT3 N° 2
DE 900 KW C/U**

ENERGIA PRIMARIA

**FIGURA DE GRUPOS ELECTROGENOS
POTENCIA INSTALADA 1800 kW**



**FIGURA DE CALDERAS PIROTUBULARES
POTENCIA INSTALADA 3900 BHP**

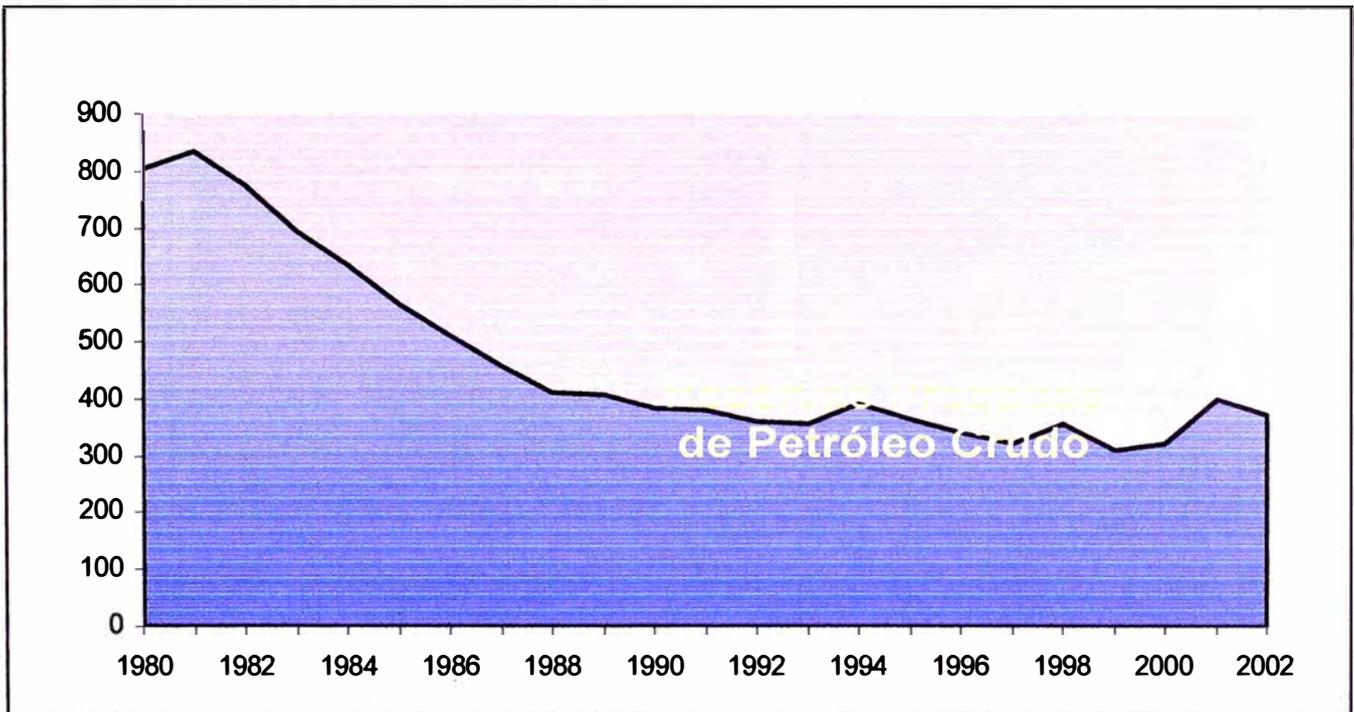


2.2.1.2. Figura de almacenamiento de Combustibles

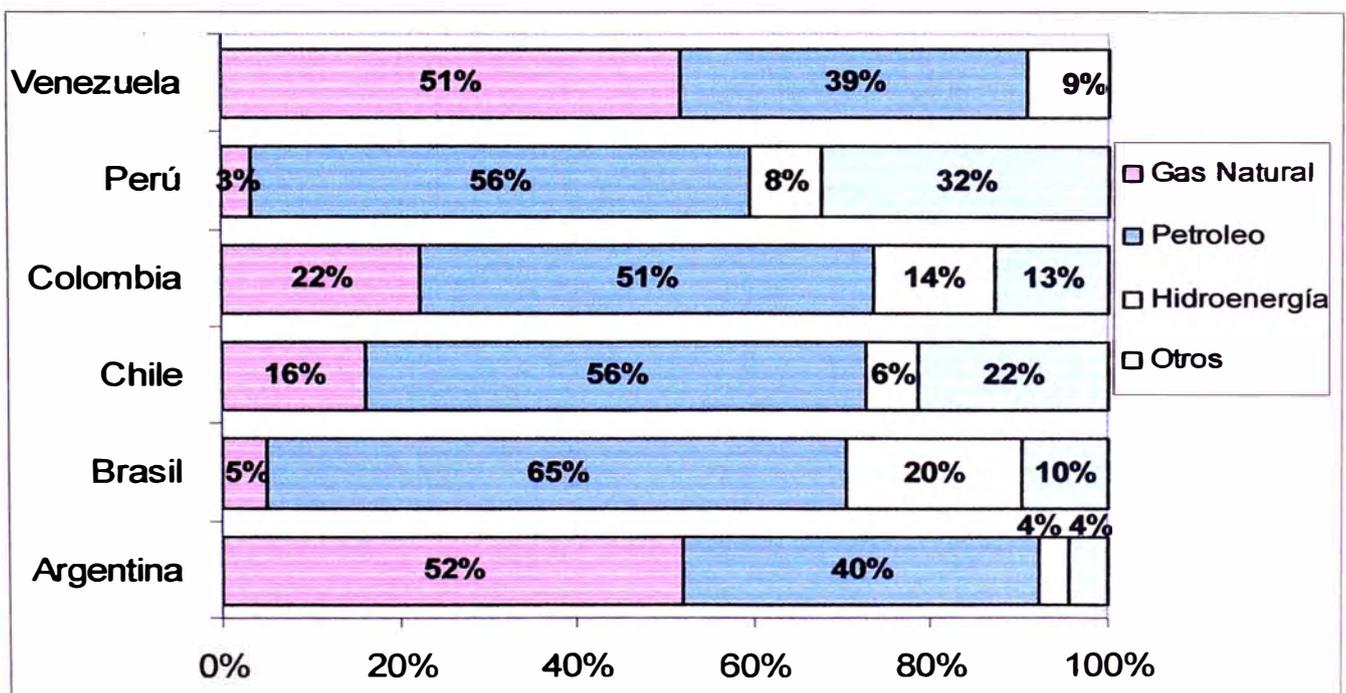


2.2.1.2.1. Cuadro de Reservas de petróleo en el Perú

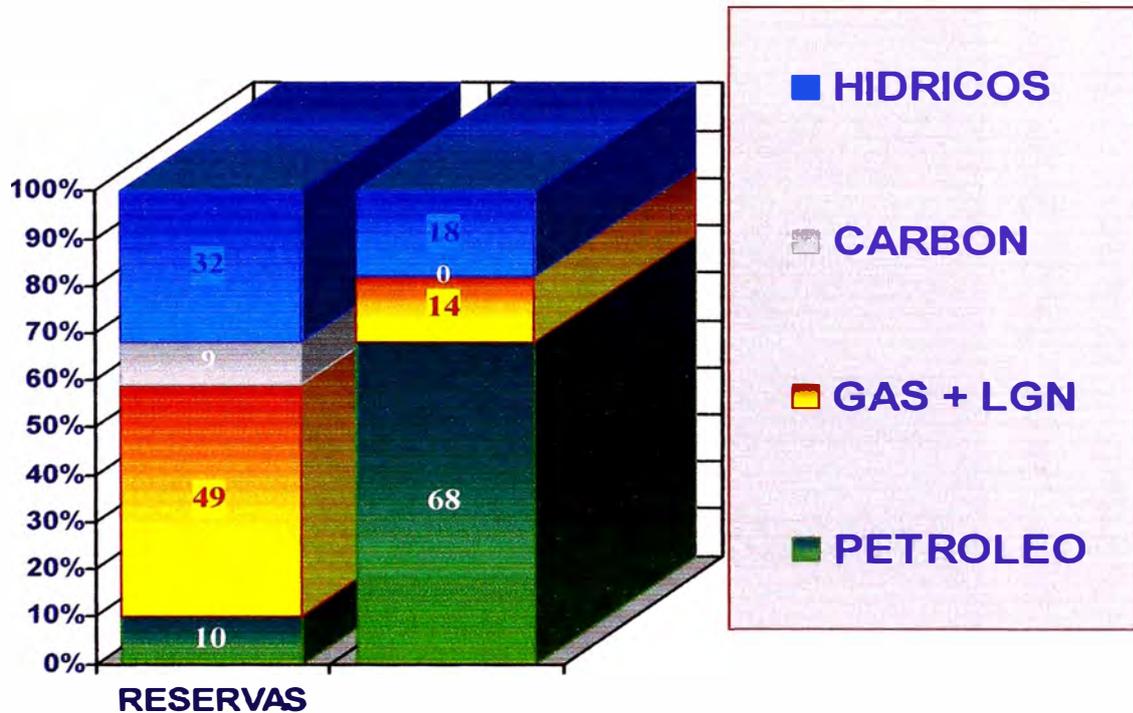
DISMINUCION DE RESERVAS DE PETROLEO CRUDO A DICIEMBRE DEL 2002 SE ESTIMAN EN 374 MILLONES DE BARRILES



2.2.1.2.2. Cuadro del Consumo de petróleo en el Perú



PERU : RESERVAS PROBADAS DE ENERGETICOS VS PRODUCCION %



PRODUCCION MINERA E HIDROCARBUROS: 2002-2006
(Variación % Anual)

| PRODUCCION | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 * |
|-------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|
| SECTOR MINERIA E | 11,2 | 7,0 | 5,4 | 8,65 | 4,97 |
| HIDROCARBUROS | | | | | |
| COBRE | 16,1 | -2,7 | 29,4 | -2,79 | 6,74 |
| HIERRO | 0,6 | 14,0 | 21,9 | 7,48 | 14,94 |
| PLATA | 3,3 | 3,3 | 4,8 | 4,35 | 2,09 |
| PLOMO | 3,1 | 3,4 | -0,9 | 4,29 | -6,98 |
| ZINC | 15,6 | 12,0 | -11,9 | -0,61 | -12,98 |
| ORO | 13,4 | 13,4 | 0,8 | 19,52 | 16,05 |
| PETROLEO CRUDO | -0,2 | -5,7 | 3,3 | 17,92 | -1,83 |
| GAS NATURAL | 19,1 | 18,5 | 64,2 | 75,74 | 21,71 |

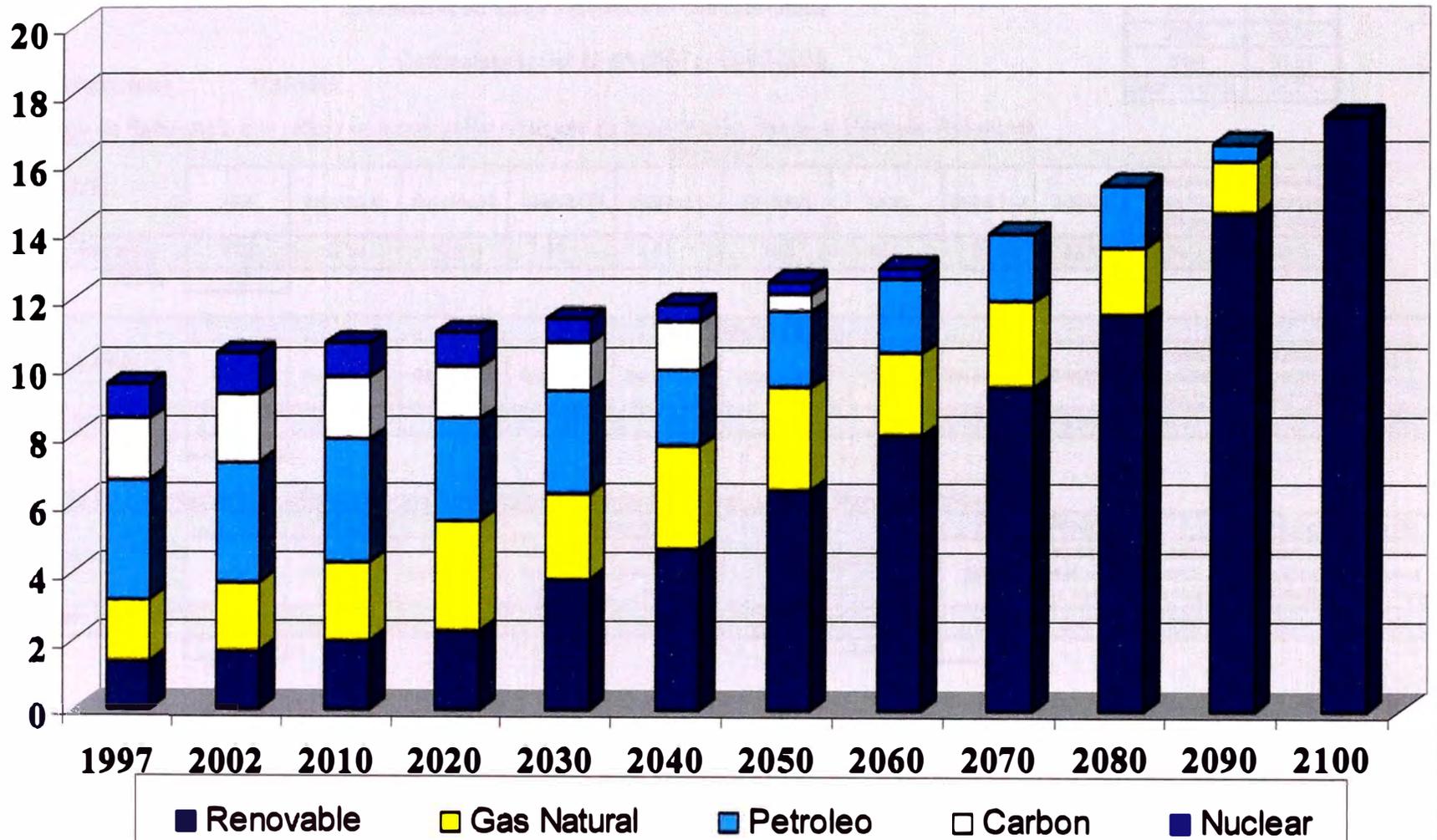
FUENTE: Ministerio de Energía y Minas

* ENE - MAR

Cuadro del capítulo 2 producción minera e hidrocarburos

ENERGIA GLOBAL

BILLONES TONELADAS PETROLEO
(EQUIVALENTE)



Cuadro del capítulo 2. Representación de energía global

2.2.1.2.3. Cuadro de Evolución de precios del Petróleo

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|--|----------|--|-----|---------|------|-------|------|-------|------|-------|-----------------|-------|
|  | Preços de Referencia de Combustibles Derivados del Petróleo Lineamientos del MEM y Resolución N° 038-2003-09/CD | | | | | | | | | | | <table border="1"> <tr><td>Prom WTI</td><td></td></tr> <tr><td>Año</td><td>US\$/BI</td></tr> <tr><td>2004</td><td>41,48</td></tr> <tr><td>2005</td><td>56,59</td></tr> <tr><td>2006</td><td>66,61</td></tr> <tr><td>Últim. 10 cotiz</td><td>74,73</td></tr> </table> | | Prom WTI | | Año | US\$/BI | 2004 | 41,48 | 2005 | 56,59 | 2006 | 66,61 | Últim. 10 cotiz | 74,73 |
| | Prom WTI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Año | US\$/BI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2004 | 41,48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2005 | 56,59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2006 | 66,61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Últim. 10 cotiz | 74,73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cotizaciones: Del 29-06-2006 al 14-07-2006 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de Publicación : 17/07/2006 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PR1 : Precio de Referencia que refleja una operación eficiente de importación desde el Mercado Relevante | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| US\$/BI | Productos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GLP | Gasolina 97 | Gasolina 94 | Gasolina 90 | Gasolina 84 | Kerosene | Turco | Diésel 2 L8 | Diésel 2 | Petróleo Industrial 6 (3%) | Petróleo Industrial 600 (3%) | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Referencia | 61,2 | 127,9 | 105,9 | 59,1 | 93,1 | 98,5 | 96,2 | 92,6 | 89,7 | 54,7 | 51,7 | | | | | | | | | | | | | | |
| US\$/TM | 7,15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soles/galón | Productos | | | | | | | | | | | Tipo de Cambio (SOL/US\$) | | | | | | | | | | | | | |
| | GLP (2) | Gasolina 97 | Gasolina 94 | Gasolina 90 | Gasolina 84 | Kerosene | Turco | Diésel 2 L8 | Diésel 2 | Petróleo Industrial 6 (3%) | Petróleo Industrial 600 (3%) | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Referencia | 2,32 | 5,34 | 4,19 | 7,65 | 7,20 | 7,45 | 7,44 | 7,70 | 6,34 | 4,23 | 4,00 | 3,23 | | | | | | | | | | | | | |
| Soles/TM | 2,332 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PR2 : Precio de Referencia que refleja una operación eficiente de exportación hacia el Mercado Relevante | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| US\$/BI | Productos | | | | PR Ponderado (3) | | Soles/galón | Productos | | | | PR Ponderado (3) | | | | | | | | | | | | | |
| | GLP | Petróleo Industrial 6 (1,7%) | Petróleo Industrial 600 (1,7%) | Petróleo Industrial 8 (1,7%) | Petróleo Industrial 600 (1,7%) | GLP (2) | | Petróleo Industrial 6 (1,7%) | Petróleo Industrial 600 (1,7%) | Petróleo Industrial 8 (1,7%) | Petróleo Industrial 600 (1,7%) | | | | | | | | | | | | | | |
| Precio de Referencia FOB | 43,7 | 44,3 | 38,9 | 49,8 | 45,1 | Precio de Referencia FOB | 1,74 | 3,43 | 3,09 | 3,85 | 3,56 | | | | | | | | | | | | | | |
| US\$/TM | 538 | | | | | Soles/TM | 1,739 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

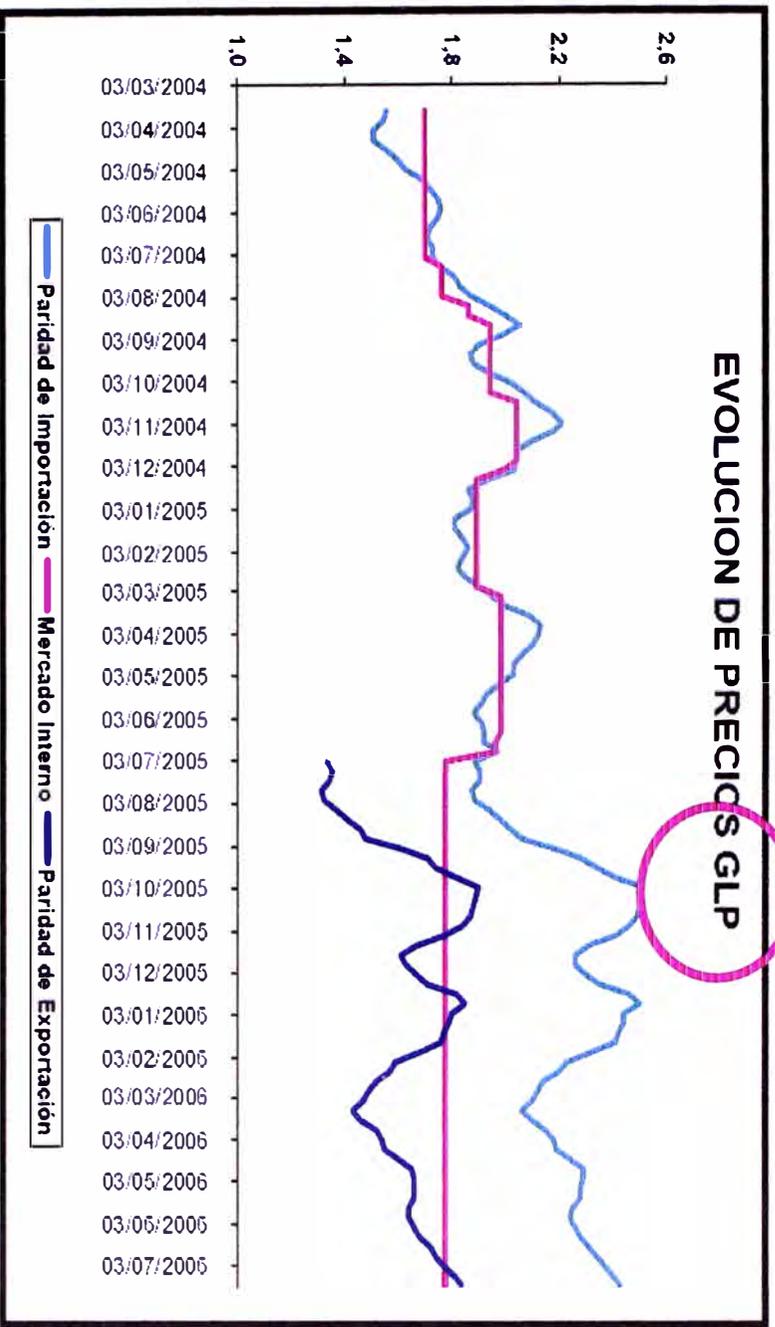
Notas :

(1) PR1: son Precios Netos Ex-Planta, sin incluir impuestos (IGC, IGV, Rotaje), ni gastos de Gestión Comercial.
 PR2: Precios FOB que tienen como destino la Costa del Golfo de Estados Unidos de Norteamérica.
 Mercado Relevante: Mont Belieu para GLP y Costa del Golfo de USA para los demás combustibles.

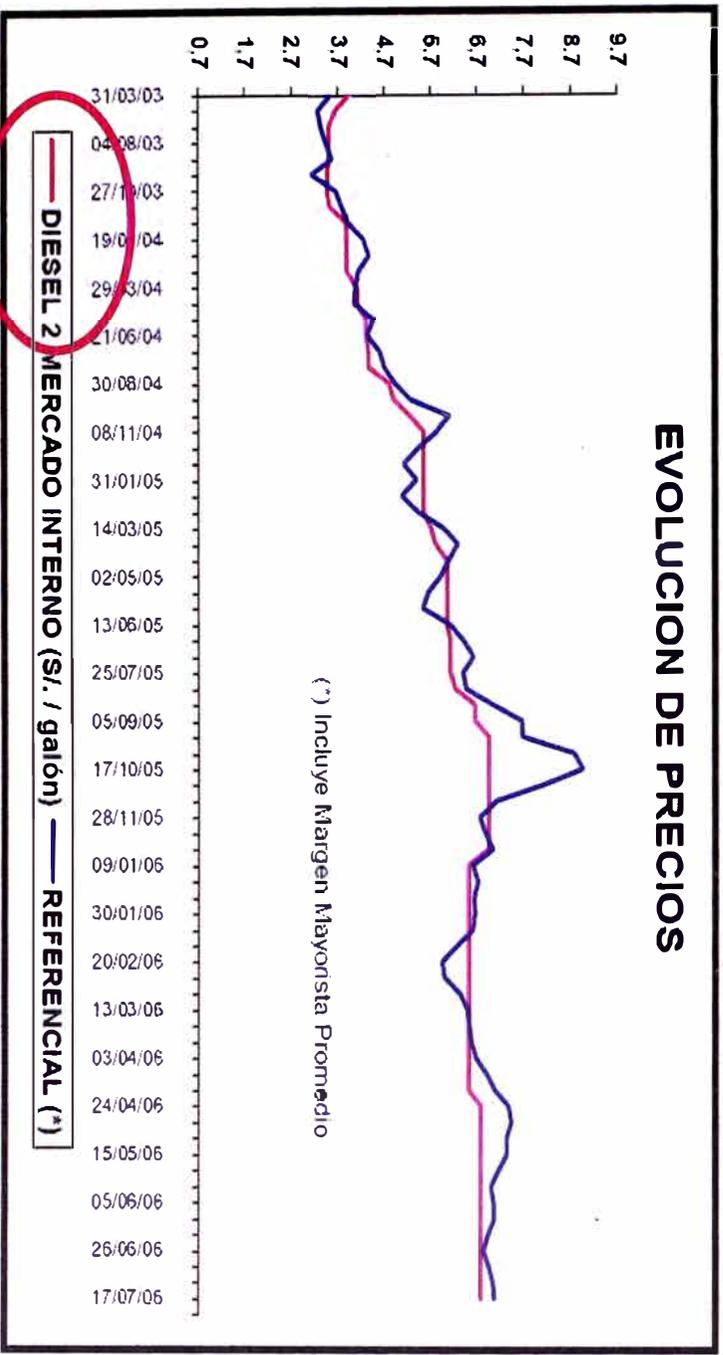
(2) Expresado en Soles/gal. El factor de conversión empleado es 2,025 Kg por Galón. Para convertir de US\$/BI a US\$/TM multiplicar por 11,73.

(3) De acuerdo al D.S. 038-2005-EM y a lineamiento del MEM (Oficio N° 1053-2003-214-IG-4) - Ponderado Móvil 12 meses a Abr-2006 es de 5,2% para ventas nacionales.

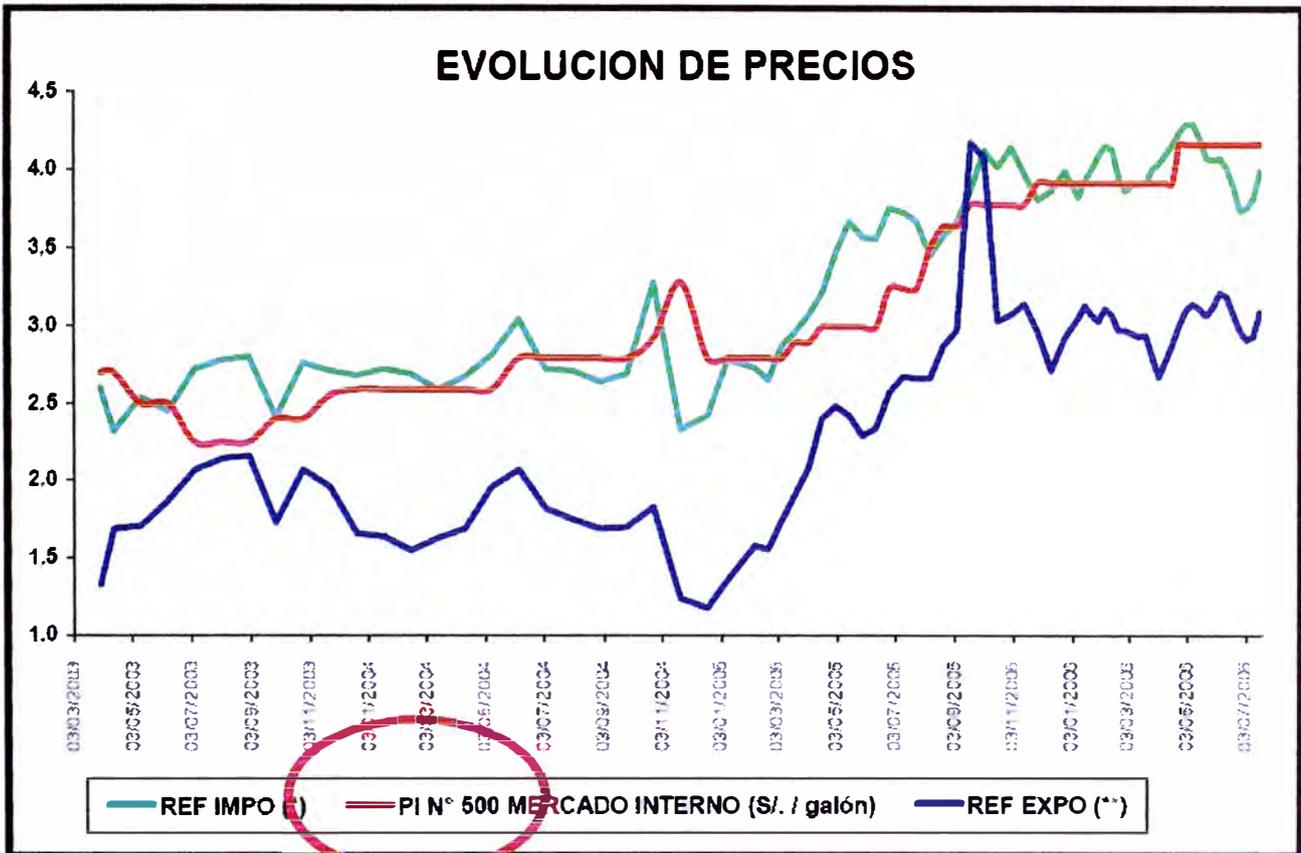
Nota aclaratoria:
 2005.
 GLP: D.S. N° 078-2005-EP del 30/06/2005, fija el arancel en 2%.
 Los Precios de Referencia que publica OSINERG no incorporan ningún efecto del "Fondo para la Estabilización de Precios de los Combustibles Derivados del Petróleo" (D.U. N° 010-2004).



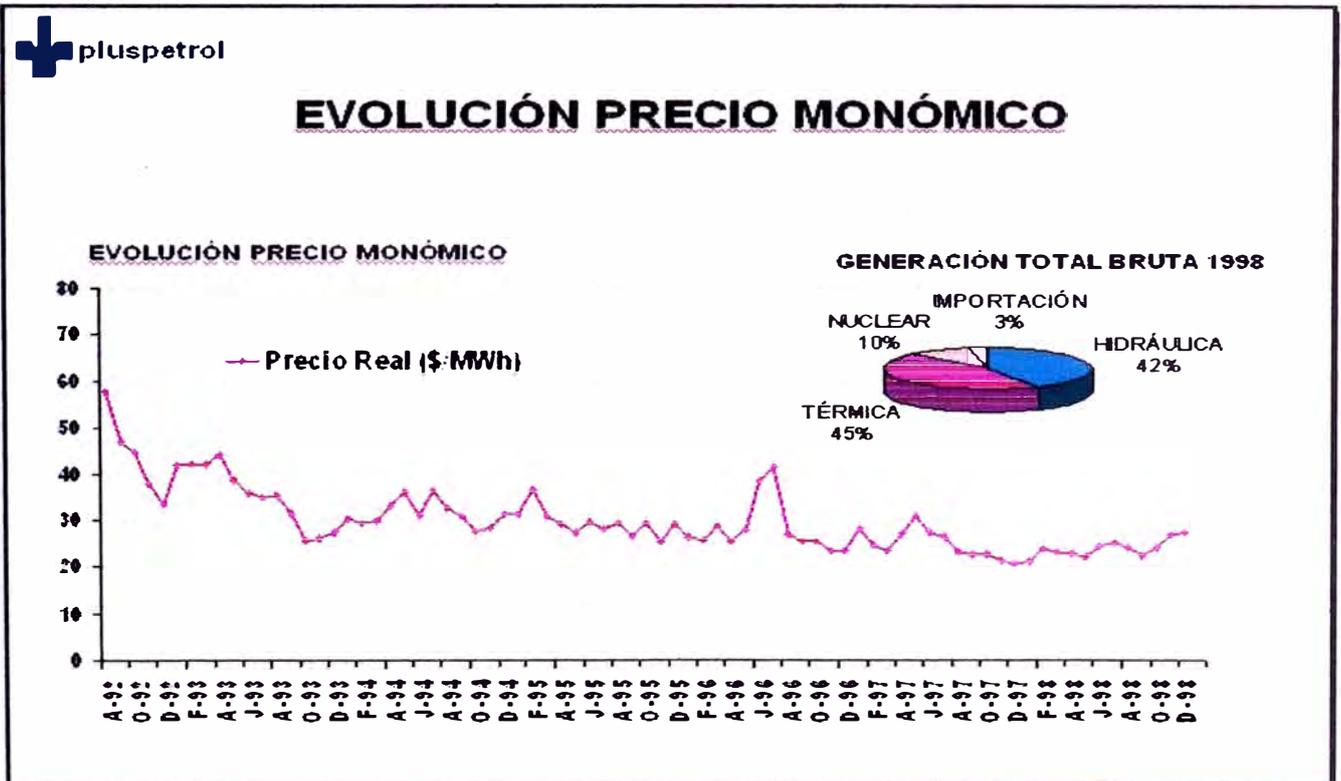
Cuadro de evolución de precios GLP (cap. 2)



Cuadro de evolución de precios (cap. 2)



Cuadro de evolución de precios (Cap.2)



Cuadro de evolución de precio monómico (Cap.2)

2.2.2 Costo de producción

| COSTOS VARIABLE Y FIJOS REALES DE PRODUCCION DE HARINA 2005 | | | | | | | | | |
|---|------------------|-----------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------|---------|
| DATOS GENERALES | | | | | | | | | |
| PLANTA | | SAMANCO | | | TIPO DE CAMBIO | | 3.305 | | |
| PRECIOS | | US\$/TM | % | PROM | COSTOS FIJOS | | US\$ | META AÑO | US\$/TM |
| MAT. PRIMA PROPIA | | 53.21 | 64% | 63.72 | C.F C/Depreciación \$ | | | 21,600 | |
| MAT. PRIMA TERCEROS | | 82.11 | 36% | | C.F S/Depreciación \$ | | 777,043 | | 34.07 |
| HARINA FAQ | | 520.00 | 44% | | PRODUCCIÓN DEL MES | | | | |
| HARINA PRIME | | 550.00 | 56% | 536.70 | MATERIA PRIMA PROCESADA | | 94,938.843 | | |
| ACEITE | | 480.00 | | | HARINA PRODUCIDA | | 22,810.400 | | PRECIOS |
| RENDIMIENTO US | | | | | ACEITE CRUDO PRODUCIDO | | 2,315.250 | | 480.00 |
| HARINA (P/H) | | 4.16 | | | ACEITE PAMA PRODUCIDO | | 363.500 | | 480.00 |
| ACEITE TOTAL (%) | | 2.82 | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | COSTOS VARIABLES | | | | | COSTOS FIJOS US\$/Ton | TOTAL C.V.+ C.F US\$/Ton | % | |
| | U.M. | C.U. S./UM | INDICE UM/Ton | S./Ton | US\$/Ton | | | | |
| 1.- MATERIALES DIRECTOS | | | | | | | | | |
| 1.1.- Materia Prima | TM | 210.62 | 4.16 | 876.63 | 265.22 | | 265.22 | 64.43 | |
| 1.2.- Descarga | TM | 0.52 | 4.16 | 2.16 | 0.65 | | 0.65 | 0.16 | |
| 1.3.- Supervisión SGS | TM | 3.31 | 4.16 | 13.76 | 4.16 | | 4.16 | 1.01 | |
| 1.4.- Sacos | PZ | 0.82 | 20.20 | 16.56 | 5.01 | | 5.01 | 1.22 | |
| 1.5.- Hilo | KG | 0.01 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | |
| 1.6.- Antioxidante | KG | 11.31 | 0.793 | 8.96 | 2.71 | | 2.71 | 0.66 | |
| TOTAL MATERIALES DIRECTOS | | | | | 277.76 | 0.00 | 277.76 | 67.47 | |
| 2.- MANO DE OBRA | | | | | | | | | |
| 2.1.- Jornales (incluye L.S.) | | 7.84 | 1.00 | 7.84 | 2.37 | 9.40 | 11.77 | 2.86 | |
| 2.2.- Sueldos (incluye L.S.) | | 10.62 | 1.00 | 10.62 | 3.21 | 12.06 | 15.28 | 3.71 | |
| 2.3.- Primas De Producción (incluye L.S.) | | 8.52 | 1.00 | 8.52 | 2.58 | | 2.58 | 0.63 | |
| 2.4.- Personal Eventual | | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2.5.- Honorarios Profesionales | | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| TOTAL MANO DE OBRA | | | | | 8.16 | 21.46 | 29.62 | 7.20 | |
| 3.- GASTOS DE FABRICACION | | | | | | | | | |
| 3.1.- Petróleo R-500 (incluye aditivo) | GL | 2.96 | 45.43 | 134.27 | 40.62 | | 40.62 | 9.87 | |
| 3.2.- Petróleo Diesel (motores y Grupos) | GL | 7.77 | 2.98 | 23.16 | 7.01 | | 7.01 | 1.70 | |
| 3.3.- Electricidad Comprada | KWH | 0.22 | 75.37 | 16.83 | 5.09 | | 5.09 | 1.24 | |
| 3.4.- Agua | m3 | 0.64 | 1.00 | 0.64 | 0.19 | | 0.19 | 0.05 | |
| 3.5.- Activos Tratamiento Agua | | 0.39 | 2.21 | 0.87 | 0.26 | | 0.26 | 0.06 | |
| 3.6.- Insumos limpieza química | | 1.98 | 2.16 | 3.41 | 1.03 | | 1.03 | 0.25 | |
| 3.7.- Preservantes y Encimas | | 4.76 | 0.30 | 1.44 | 0.43 | | 0.43 | 0.11 | |
| 3.8.- Materiales e Insumos Laboratorio | | 0.97 | 1.00 | 0.97 | 0.29 | | 0.29 | 0.07 | |
| 3.9.- Insumos y Materiales de Saneamiento | | 1.65 | 1.00 | 1.65 | 0.50 | | 0.50 | 0.12 | |
| TOTAL GASTOS FABRICACIÓN | | | | | 56.44 | 0.00 | 56.44 | 13.47 | |
| 4.- OTROS GASTOS DIRECTOS | | | | | | | | | |
| 4.1.- Servicios varios | | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 7.03 | 7.03 | 1.71 | |
| 4.2.- Frecuencia Arrendo Transporte | | 6.67 | 1.00 | 6.67 | 2.02 | | 2.02 | 0.49 | |
| 4.3.- Mantenimiento | | 48.07 | 1.00 | 48.07 | 14.54 | 0.66 | 15.20 | 3.69 | |
| 4.4.- Gastos Administrativos | | 6.80 | 1.00 | 6.80 | 2.06 | 1.92 | 3.98 | 0.97 | |
| 4.5.- Seguros | | | | | | 1.98 | 1.98 | 0.48 | |
| 4.6.- Tributos y referencias | | | | | | 1.02 | 1.02 | | |
| TOTAL OTROS GASTOS DIRECTOS | | | | | 18.62 | 12.61 | 31.22 | 7.34 | |
| TOTAL COSTO PLANTA | | | | | 358.97 | 34.07 | 394.04 | 95.72 | |
| MENOS BONIF. ACEITE | | 1,596.57 | 0.12 | 186.32 | 56.37 | | 56.37 | 13.69 | |
| TOTAL COSTO NETO | | | | | 303.60 | 34.07 | 337.67 | 82.03 | |

2.3. Propuesta para conversión a gas natural

2.3.1. Gas natural como una alternativa

Vemos en el gas natural una alternativa de desarrollo, ya que uno de los aspectos más importantes de un país para lograr constituirse en desarrollado es darle a sus recursos naturales el mayor valor agregado y no conformarse con ser un explotador de materias primas. La única forma de crear más fuentes de trabajo es exportando productos terminados y abastecer de ellos, en el mayor porcentaje posible, a nuestro mercado interno.

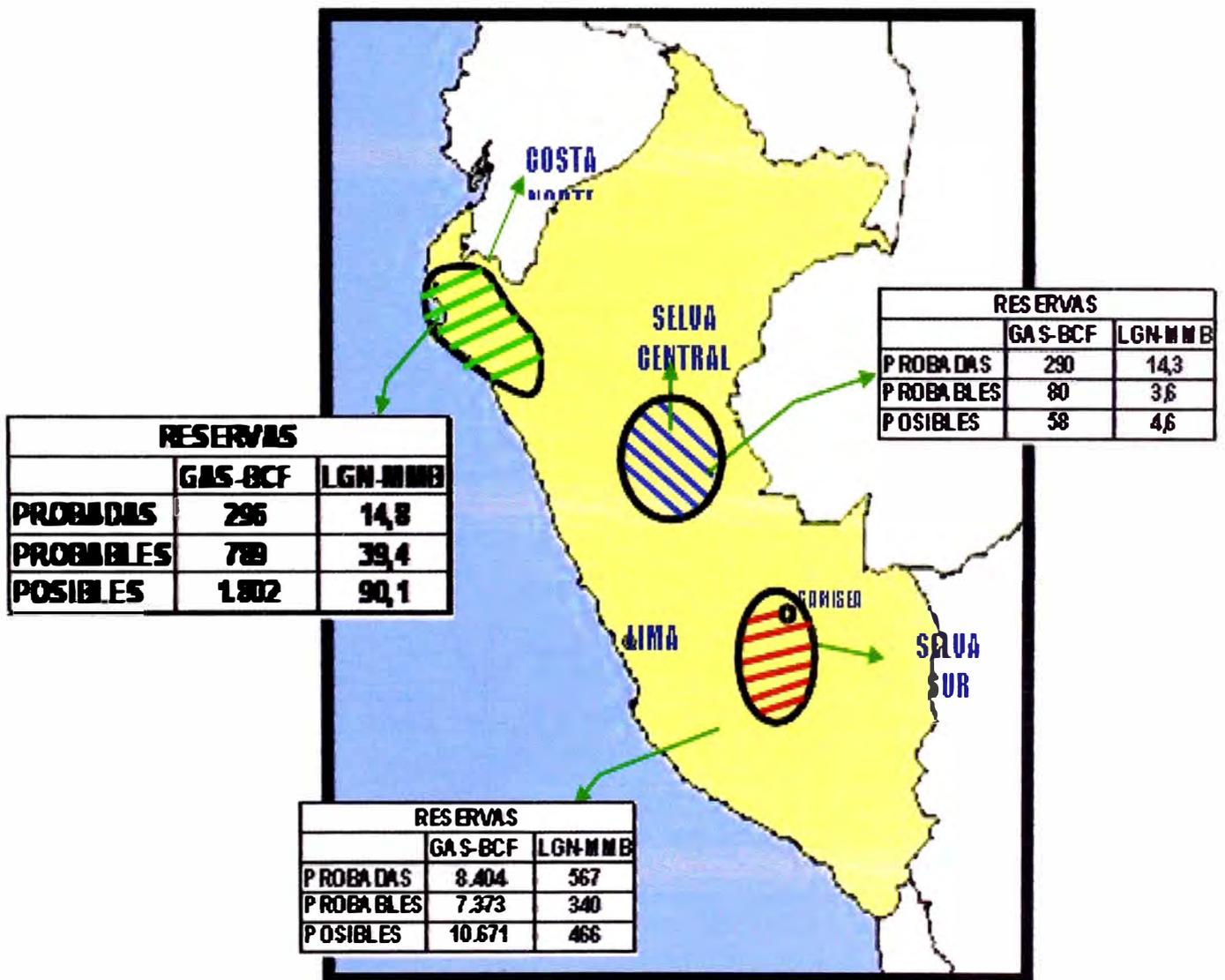
Muchas veces olvidamos que para convertir una materia prima en producto terminado no solo se requiere contar con el recurso natural también es de vital importancia contar con la energía necesaria para ello, y esta energía debe estar disponible ***no solamente en cantidad suficiente, sino que debe ser a precios competitivos.***

Venezuela, Colombia y Argentina también cuentan con redes de gas que cruzan sus territorios en diversa direcciones y Argentina ha extendido su red gasífera a Chile, existiendo un gasoducto que llega a Santiago y dos gasoductos adicionales que se inician en Salta, Argentina y llegan a Atacama y Tocopilla en Chile.

Otro caso importante es el de Bolivia, que sin pérdida de tiempo ha puesto en operación un gasoducto desde Santa Cruz hasta Sao Paulo, en Brasil y que esta teniendo gran éxito debido al inmenso mercado que representa Brasil.

Un aspecto a tener en cuenta en el desarrollo gasíferos de un país es que la experiencia mundial en este campo indica que, **en todos los casos, el crecimiento de la demanda de gas ha sido siempre mayor que la pronosticada, lo cual constituye un factor favorable en un proyecto de este tipo.**

ZONAS CON RESERVAS DE GAS NATURAL



Cuadro de zonas de reservas de gas natural (Cap.2)

REDES DE GASODUCTOS EN SUDAMERICA

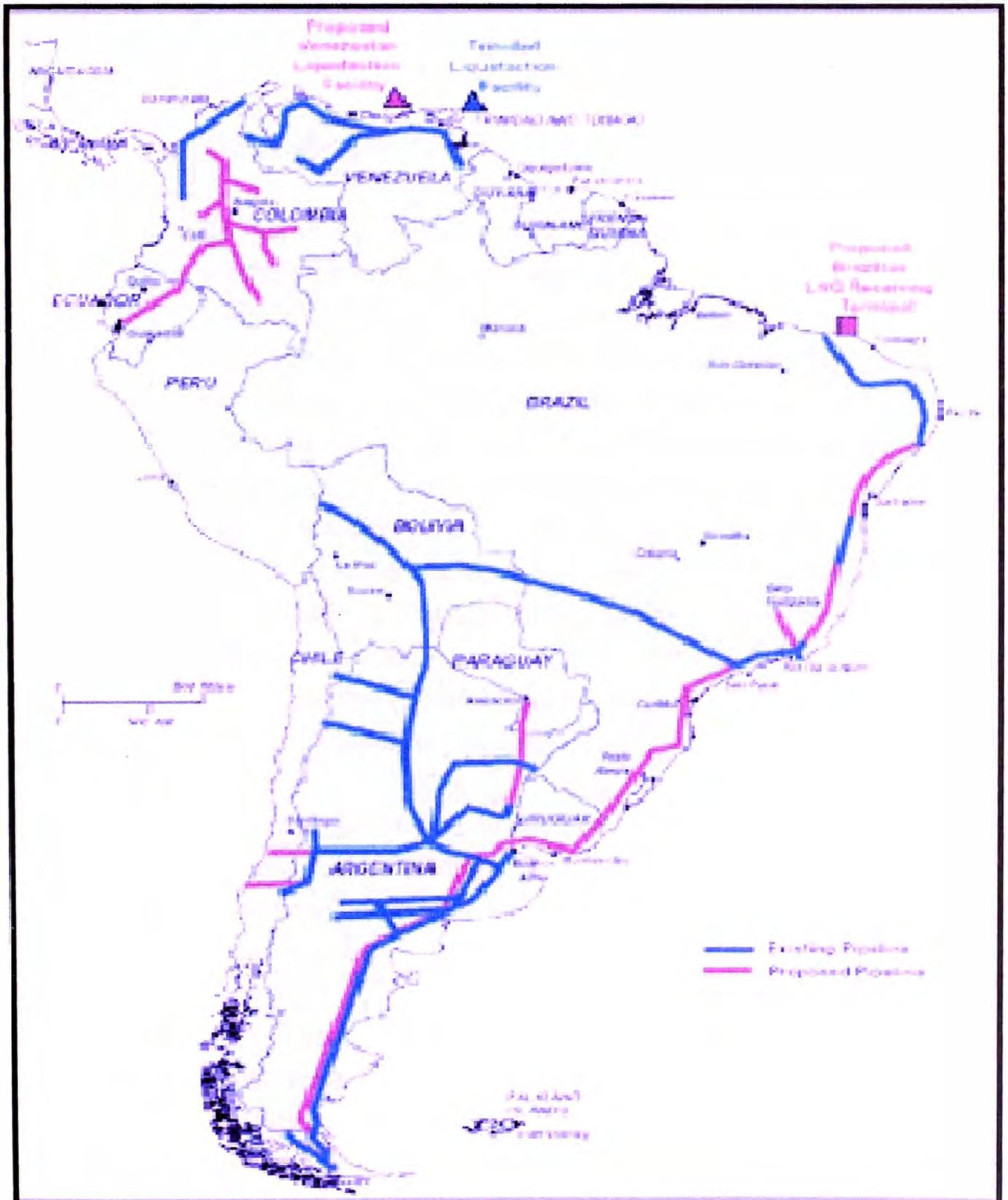


Figura representativa de Redes de Gaseoductos en Sudamerica (Cap.2)

2.3.2. Que es Gas Natural?

Antes de conocer la composición del gas conozcamos como se origina.

El gas natural se origina espontáneamente en estructuras subterráneas en forma similar a las que contiene el petróleo.

Se formó hace millones de años como resultado de los sedimentos (restos de plantas y criaturas microscópicas) abundantes en materias orgánicas, que soportaron la acción bacteriológica, elevadas temperaturas y grandes presiones, provocando el asentamiento de las capas de sedimentos hundidas en un lecho marino y arrastradas por las corriente de los ríos. Al endurecerse el lodo, gradualmente se convirtió en roca sedimentaria y el peso de las nuevas rocas, que se apilaron encima de las rocas sedimentarias, originaron que estas fueran sometidas a altas presiones y temperaturas. Es así como estas rocas sedimentarias se convierten en hidrocarburos (petróleo y gas natural), pero no todas las rocas sedimentarias contienen hidrocarburos.

A medida que se van depositando nuevas rocas, el petróleo y el gas natural migran de la roca generadora a la roca reservorio donde permanecen bloqueados por capas impermeables.

Los reservorios de petróleo o del gas natural están constituidos por rocas porosas en estructuras geológicas denominadas yacimientos, que pueden ser de tres tipos:

- Yacimientos de gas asociado, donde el producto principal es el petróleo.

- Yacimientos de gas no asociado o libre, donde el producto principal es el gas, que también se denomina yacimientos de gas seco.
- Yacimientos condensados donde el gas se encuentra mezclado con hidrocarburos líquidos y se denomina yacimiento de gas húmedo.

El 75% de las reservas de gas en el mundo esta constituida por gas no asociado.

CORTEZA TERRESTRE ORIGENES DEL GAS NATURAL

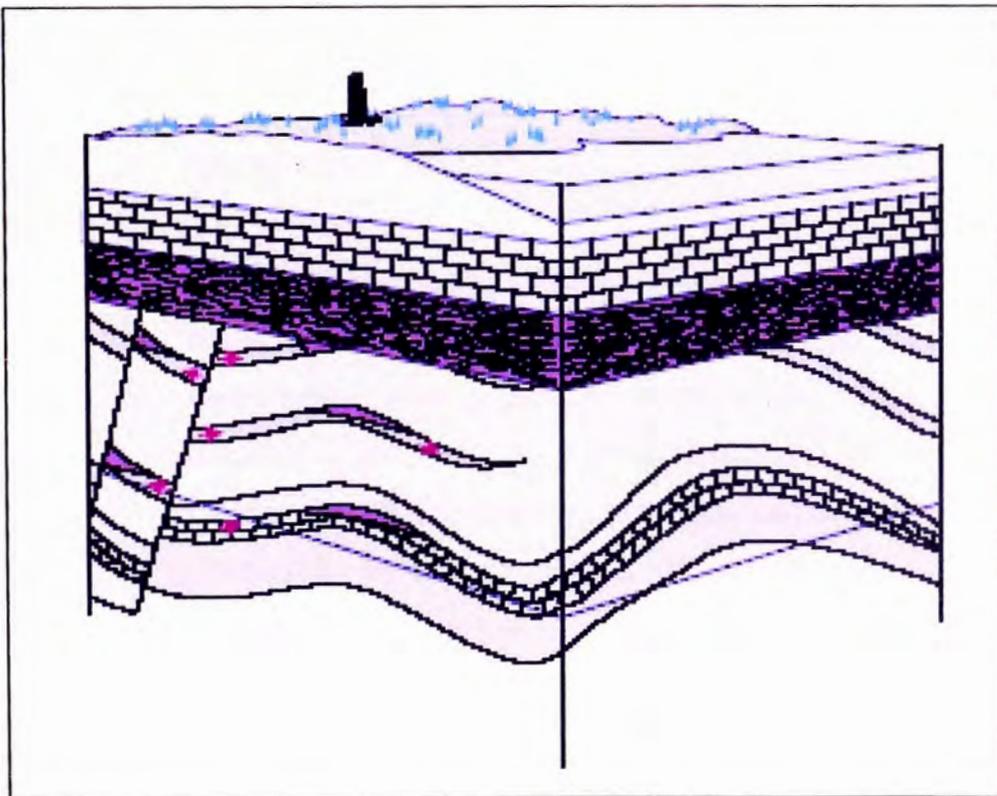


Figura de la corteza terrestre orígenes del gas natural (Cap.2)

Es pertinente mencionar que el gas natural es el combustible fósil más limpio. Es mas liviano que el aire,

prácticamente no contiene azufre y produce un menor "efecto invernadero" que otros combustibles como el carbón y el petróleo.

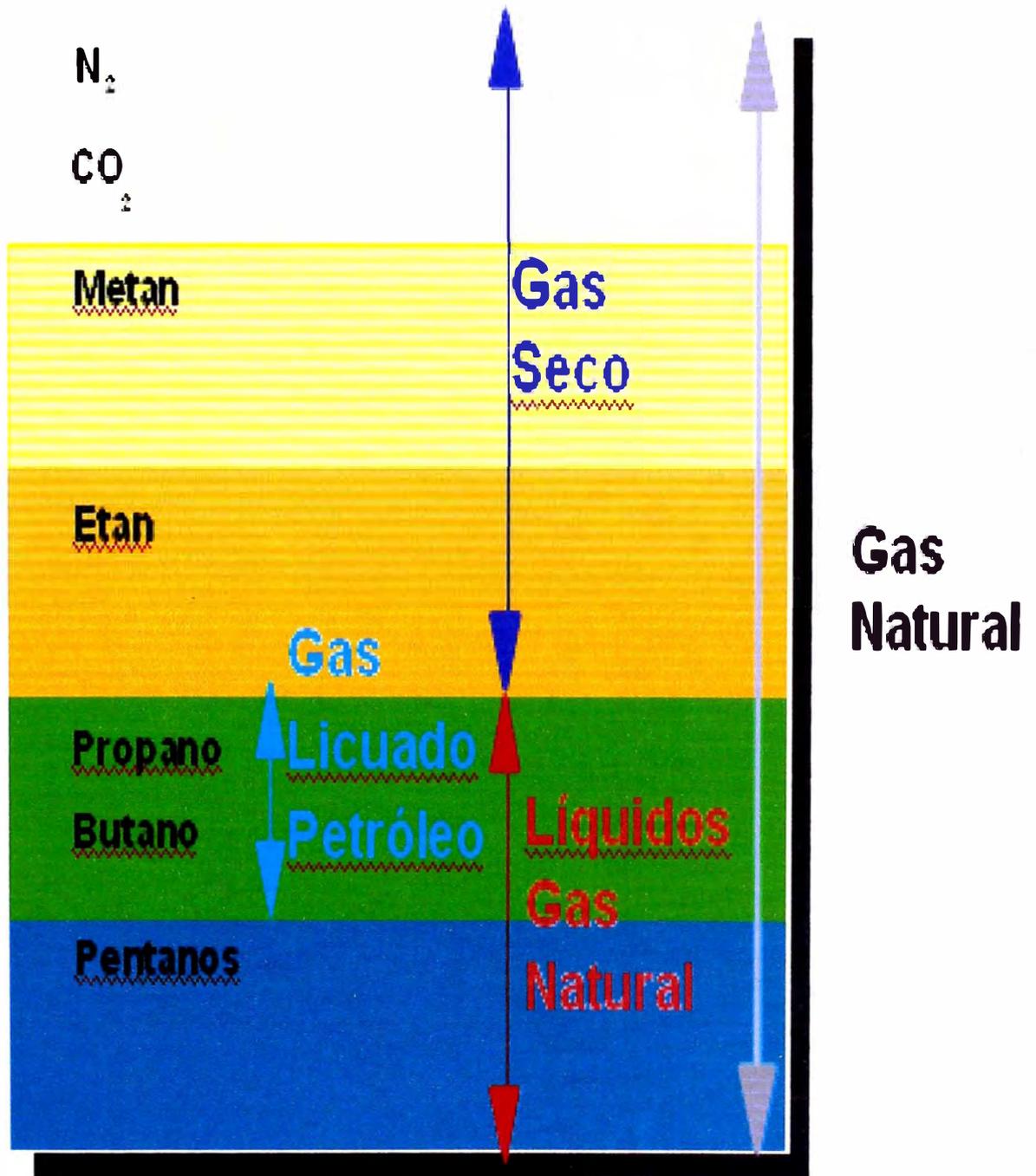
El gas natural esta constituido por el conjunto de hidrocarburos de las series parafinitas que incluye el metano, y esta compuesto por moléculas de energía que contienen muy pocas impurezas y son de combustión limpia. El principal componente del gas natural es el metano y usualmente el contenido de metano en el gas natural es no menor del 80%.

A la presión atmosférica y a igualdad de volumen, el gas natural tiene un contenido energético menor que el petróleo (mil cien veces menor), pero al comprimirse su contenido energético se incrementa, razón por la cual se transporta a presión.

Los demás componentes del gas natural, además del metano, son el etano, el propano, el butano y otras fracciones más pesadas como el pentano, el exano, el heptano, también se presentan algunas impurezas (del orden del 1%) y las usuales son el nitrógeno, bióxido de carbono, helio, oxígeno, vapor de agua y otras, en cantidades mínimas.

En el esquema mostrado se trata de representar en un color el gas metano, que constituye el mayor porcentaje del gas natural; luego los líquidos del gas natural, etano, pentano y otros más pesados, separadamente se consignan el propano y el butano.

COMPOSICION QUIMICA DE L
GAS NATURAL



Cuadro de la composición química del gas natural (Cap.2)

2.3.2.1.1. Red de distribución nacional de Gas Natural

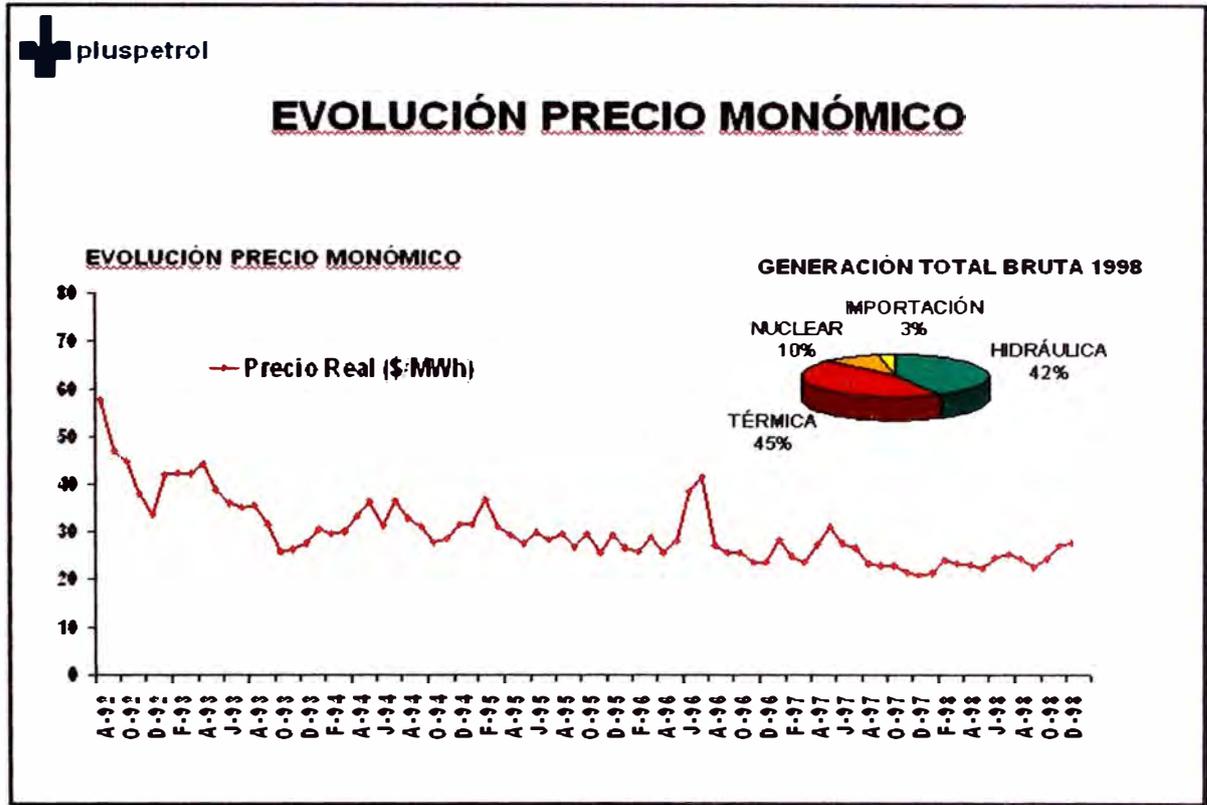


Figura de red de distribución nacional de gas natural (Cap.2)

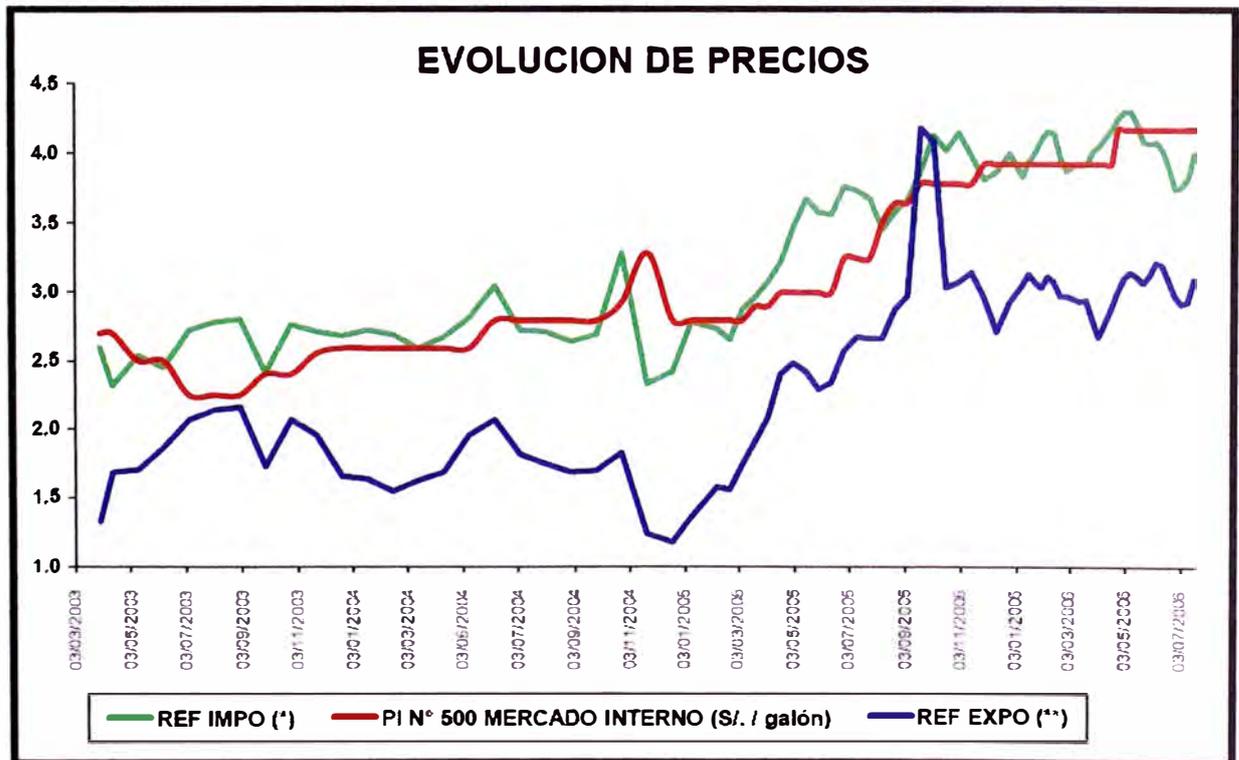


Figura de GN en el Perú (Cap.2)

2.3.2.1.2. Evolución de precios de Gas natural y Petróleo



Cuadro de evolución de precio monómico (cap.2)



Cuadro de evolución de precio económico (cap.2)

CAPITULO III

3. ESTUDIOS PREVIOS DE LA CONVERSIÓN A GAS NATURAL DEL PARQUE DE CALDERAS EN PLANTA

3.1. Datos técnicos del parque de calderas en planta

CUADRO N°3

| Item | Capacidad BHP | Producción de vapor Lbs / hr | Año de fabricación | Modelo | Superficie de calentamiento pie 2 | Presión máxima psi | Presión trabajo psi |
|------|---------------|------------------------------|--------------------|--------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|
| 01 | 900 | 31,050 | 1991 | A-2782 | 4579 | 150 | 110 |
| 02 | 800 | 27,600 | 1991 | A-2671 | 4048 | 150 | 110 |
| 03 | 700 | 24,150 | 1981 | A-1675 | 3629 | 150 | 110 |
| 04 | 600 | 20,700 | 1981 | A-1763 | 3079 | 150 | 110 |
| 05 | 500 | 17,250 | 1981 | ----- | 2447 | 150 | 110 |
| 06 | 400 | 13,800 | 1981 | ----- | 2000 | 150 | 110 |

Actualmente tenemos 06 calderos piro tubulares marca Distral, que hacen un nominal de 3900 BHP en producción de vapor, los cuales abastece a los siguientes equipos en planta como son:

- a) Cocinadores mixtos
- b) Plantas evaporadoras
- c) Secadores de fuego directo y de discos rotativos
- d) Centrifugas
- e) Y diversos precalentadores para la línea líquida del proceso productivo de la harina y del abastecimiento de combustible R-500 a secadores y calderos.

3.2. Consumo de R-500 y avance en producción de planta

CUADRO N° 4

| REGISTRO DE CONSUMO DE R-500 Y VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DURANTE EL AÑO 2005 | | | | | |
|--|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Item | Fecha | Consumo por tonelada de harina | Velocidad de procesamiento | Toneladas Producida | Consumo de R-500 |
| | | Gln / Ton | Ton / hr | Ton | Gln |
| 01 | 10-Ene-05 | 153.65 | 3.13 | 8 | 1,283 |
| 02 | 11-Ene-05 | 101.14 | 1.03 | 4 | 445 |
| 03 | 17-Ene-05 | 63.24 | 4.23 | 16 | 1,015 |
| 04 | 21-Ene-05 | 70.91 | 5.18 | 21 | 1,475 |
| 05 | 25-Ene-05 | 92.85 | 6.96 | 29 | 2,716 |
| 06 | 26-Ene-05 | 52.21 | 3.26 | 12 | 650 |
| 07 | 29-Ene-05 | 128.79 | 2.82 | 10 | 1,275 |
| 08 | 30-Ene-05 | 75.24 | 5.52 | 22 | 1,674 |
| 09 | 31-Ene-05 | 74.03 | 20.00 | 30 | 2,221 |
| 10 | 06-Feb-05 | 81.84 | 3.97 | 14 | 1,113 |
| 11 | 09-Feb-05 | 95.56 | 4.74 | 3 | 253 |
| 12 | 14-Abr-05 | 52.77 | 16.23 | 63 | 3,330 |
| 13 | 15-Abr-05 | 54.33 | 30.12 | 114 | 6,194 |
| 14 | 16-Abr-05 | 45.17 | 64.79 | 258 | 11,673 |
| 15 | 17-Abr-05 | 49.87 | 71.29 | 209 | 10,397 |

| | | | | | |
|----|-----------|--------|-------|-----|--------|
| 16 | 18-Abr-05 | 45.46 | 81.25 | 300 | 13,630 |
| 17 | 19-Abr-05 | 107.12 | 7.59 | 16 | 1,671 |
| 18 | 21-Abr-05 | 49.91 | 82.54 | 364 | 18,184 |
| 19 | 22-Abr-05 | 52.25 | 65.98 | 237 | 12,360 |
| 20 | 07-May-05 | 87.36 | 76.85 | 38 | 3,276 |
| 21 | 08-May-05 | 40.53 | 65.75 | 325 | 13,175 |
| 22 | 09-May-05 | 46.06 | 70.25 | 332 | 15,293 |
| 23 | 10-May-05 | 42.85 | 73.08 | 421 | 18,019 |
| 24 | 11-May-05 | 42.86 | 76.50 | 431 | 18,486 |
| 25 | 12-May-05 | 44.71 | 77.41 | 428 | 19,135 |
| 26 | 13-May-05 | 40.46 | 82.37 | 472 | 19,097 |
| 27 | 14-May-05 | 42.69 | 78.95 | 465 | 19,851 |
| 28 | 15-May-05 | 44.94 | 79.42 | 454 | 20,403 |
| 29 | 16-May-05 | 41.98 | 78.03 | 456 | 19,151 |
| 30 | 17-May-05 | 43.90 | 76.14 | 444 | 19,491 |
| 31 | 18-May-05 | 45.02 | 81.26 | 304 | 13,685 |
| 32 | 21-May-05 | 51.85 | 62.39 | 150 | 7,778 |
| 33 | 22-May-05 | 46.62 | 40.04 | 201 | 9,370 |
| 34 | 23-May-05 | 50.52 | 54.25 | 241 | 12,150 |
| 35 | 24-May-05 | 42.35 | 83.31 | 473 | 20,031 |
| 36 | 25-May-05 | 43.37 | 79.39 | 430 | 18,648 |
| 37 | 26-May-05 | 43.72 | 78.29 | 403 | 17,612 |
| 38 | 27-May-05 | 42.72 | 17.89 | 96 | 4,116 |
| 39 | 03-Jun-05 | 53.09 | 14.51 | 61 | 3,249 |
| 40 | 04-Jun-05 | 47.46 | 64.22 | 162 | 7,703 |

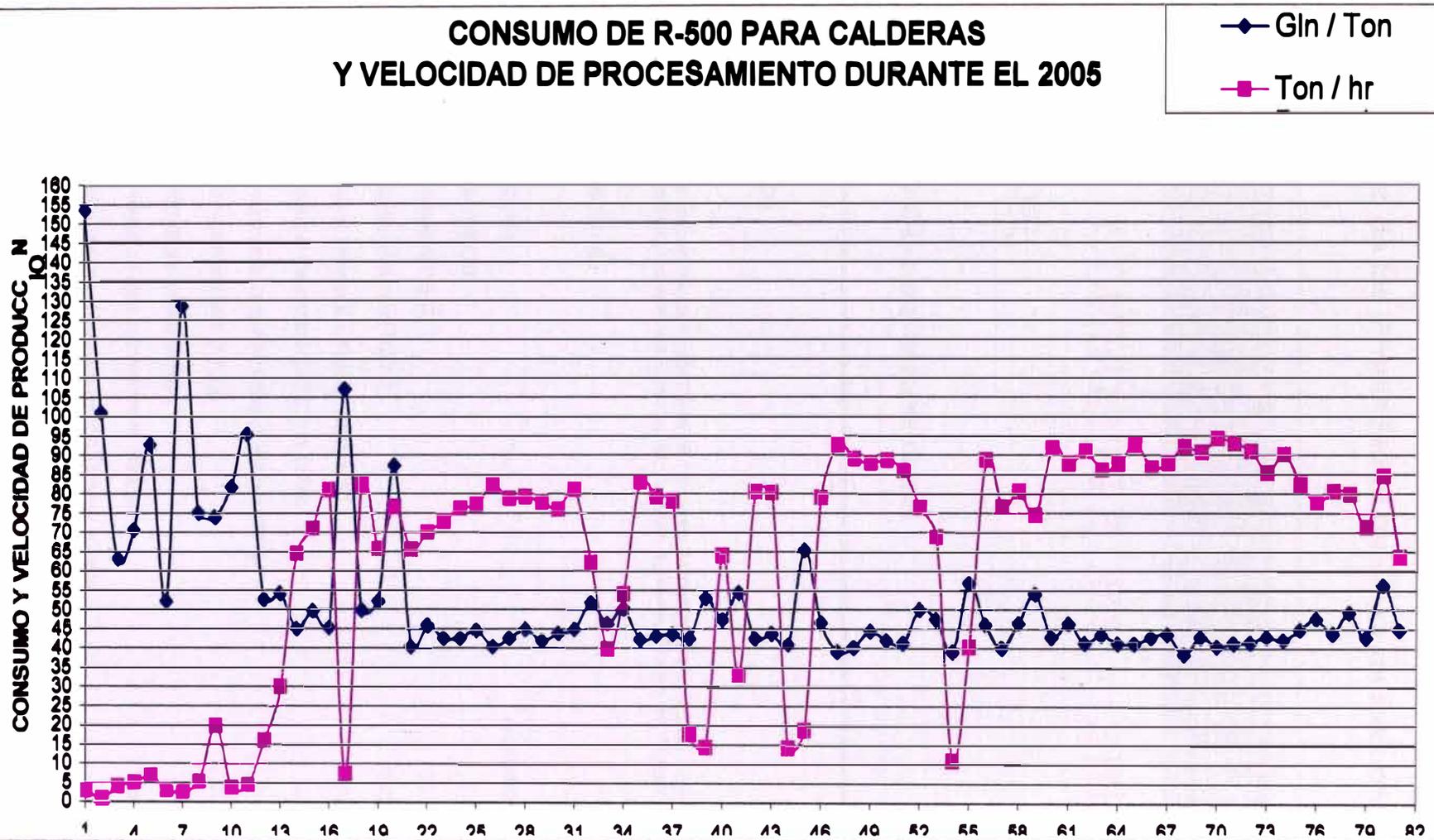
**REGISTRO DE CONSUMO DE R-500 Y VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO
DURANTE EL AÑO 2005**

| Item | Fecha0. | Consumo por tonelada de harina | Velocidad de procesamiento | Toneladas Producida | Consumo de R-500 |
|------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| | | Gln / Ton | Ton / hr | Ton | Gln |
| 41 | 05-Jun-05 | 54.50 | 33.28 | 131 | 7,139 |
| 42 | 06-Jun-05 | 42.78 | 80.73 | 385 | 16,477 |

| | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|-----|--------|
| 43 | 07-Jun-05 | 43.96 | 80.49 | 407 | 17,868 |
| 44 | 08-Jun-05 | 41.14 | 14.43 | 98 | 4,046 |
| 45 | 06-Jul-05 | 65.57 | 18.91 | 58 | 3,803 |
| 46 | 07-Jul-05 | 46.63 | 79.27 | 224 | 10,432 |
| 47 | 08-Jul-05 | 39.29 | 92.91 | 528 | 20,727 |
| 48 | 09-Jul-05 | 40.34 | 89.25 | 463 | 18,687 |
| 49 | 10-Jul-05 | 44.45 | 88.16 | 460 | 20,445 |
| 50 | 11-Jul-05 | 42.02 | 88.89 | 483 | 20,273 |
| 51 | 12-Jul-05 | 41.41 | 86.16 | 511 | 21,162 |
| 52 | 13-Jul-05 | 50.08 | 76.63 | 168 | 8,406 |
| 53 | 14-Jul-05 | 47.60 | 69.02 | 281 | 13,357 |
| 54 | 15-Jul-05 | 39.18 | 11.03 | 61 | 2,390 |
| 55 | 03-Nov-05 | 56.95 | 40.49 | 167 | 9,510 |
| 56 | 04-Nov-05 | 46.25 | 88.96 | 203 | 9,410 |
| 57 | 05-Nov-05 | 40.19 | 76.82 | 353 | 14,192 |
| 58 | 06-Nov-05 | 46.66 | 80.85 | 194 | 9,052 |
| 59 | 07-Nov-05 | 54.11 | 74.68 | 94 | 5,059 |
| 60 | 08-Nov-05 | 42.89 | 92.05 | 289 | 12,390 |
| 61 | 09-Nov-05 | 46.55 | 88.07 | 252 | 11,752 |
| 62 | 10-Nov-05 | 41.45 | 91.20 | 513 | 21,265 |
| 63 | 11-Nov-05 | 43.56 | 86.44 | 489 | 21,301 |
| 64 | 12-Nov-05 | 41.36 | 87.89 | 495 | 20,474 |
| 65 | 13-Nov-05 | 41.33 | 93.00 | 530 | 21,905 |
| 66 | 14-Nov-05 | 42.95 | 86.89 | 391 | 16,804 |
| 67 | 15-Nov-05 | 43.71 | 88.12 | 418 | 18,282 |
| 68 | 16-Nov-05 | 38.62 | 92.40 | 533 | 20,566 |
| 69 | 17-Nov-05 | 42.97 | 90.88 | 419 | 17,995 |
| 70 | 18-Nov-05 | 40.72 | 94.48 | 431 | 17,536 |
| 71 | 19-Nov-05 | 41.42 | 93.15 | 535 | 22,140 |
| 72 | 20-Nov-05 | 41.61 | 91.17 | 361 | 15,039 |
| 73 | 21-Nov-05 | 43.10 | 85.61 | 406 | 17,514 |

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-------|-------|--------------|------------------|
| 74 | 22-Nov-05 | 42.25 | 90.43 | 506 | 21,357 |
| 75 | 23-Nov-05 | 44.93 | 82.63 | 432 | 19,408 |
| 76 | 24-Nov-05 | 47.83 | 78.05 | 298 | 14,246 |
| 77 | 25-Nov-05 | 44.01 | 80.80 | 246 | 10,828 |
| 78 | 26-Nov-05 | 49.33 | 80.11 | 309 | 15,251 |
| 79 | 30-Nov-05 | 43.00 | 71.51 | 380 | 16,339 |
| 80 | 01-Dic-05 | 56.51 | 84.82 | 75 | 4,238 |
| 81 | 02-Dic-05 | 44.92 | 63.90 | 269 | 12,082 |
| | | | | 22,361 | 992,426 |
| Consumo promedio anual : | | | | 44.38 | Gln / Ton |

CONSUMO DE R-500 PARA CALDERAS Y VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO DURANTE EL 2005



Cuadro de consumo de R-500 para calderas y velocidad de procesamiento durante el 2005

3.3. Cuadro de las Propiedades técnicas de los combustibles

BOLETIN TECNICO



COMBUSTIBLES SHELL

DIESEL

Combustible para motores diesel

DESCRIPCION

Es empleado en todo tipo de motor Diesel de camiones de transporte pesado, de pasajeros o vehículos livianos en general, equipos de construcción, equipos agrícolas, Plantas de Fuerza, embarcaciones, etc.

CARACTERISTICAS

| ENSAYOS | VALORES TÍPICOS |
|---|-----------------|
| Color A.S.T.M. | 1.5 |
| Gravedad AP ¹ a 60° F | 23.23 |
| Gravedad Específica a 60° F | 0.8550 |
| Punto de Inflección Pensky Martens, °C | 70.58 |
| Viscosidad Cinemática a 40°C, cSt. (137.8) | 3.9 |
| Corrosión a la Lámina de Cobre, 3-Horas a 100°C | 1.8 |
| Poder Calórico Neto (BTU/lg.) | 130,215 |
| Contenido de Azufre, % Peso | 0.25 |
| Contenido de agua por arrastre, % Volumen | Trazas |
| Residuo Carbon Condensado en 10% Fichos, % peso | 1.0123 |
| Contenido de Cenizas, % Peso | 2.0023 |
| Punto de Escumamiento, °C | -3 |
| Índice de Cetano | 45 |

BOLETIN TECNICO



COMBUSTIBLES SHELL

PETROLEO INDUSTRIAL 500

Combustible Residual para motores diesel de alta potencia y calderos

DESCRIPCION

El **Petroleo Industrial 500** es un combustible residual de alto poder calorífico para ser empleado en calderos y en motores diesel marinos y estacionarios de gran potencia, como los empleados en centrales eléctricas.

CARACTERÍSTICAS

| ITEMS | VALORES TÍPICOS |
|--|-----------------|
| Gravedad API a 15.6 °C | 14.4 |
| Gravedad específica a 15.6 °C | 0.8490 |
| Punto de inflamación, °C | 60 |
| Viscosidad cinemática a 37.8 °C, cSt. | 2500 |
| Viscosidad cinemática a 50 °C, cSt. | 1015 |
| Poder Calorífico Neto (PCTN) / lit | 37620 |
| Poder Calorífico Neto (PCTN) / gal | 141510 |
| Contenido de Azufre, % masa | 1.80 |
| Contenido de agua y sedimentos, % masa | 0.05 |
| Residuo Carbono Compadem, % masa | 15.1 |
| Contenido de Cenizas, % masa | 0.09 |
| Punto de fluidez, °C | 25 |
| Temperatura máxima de almacenamiento, °C | 60 - 70 |
| Temperatura mínima de bombeo, °C | 55 |
| Temperatura de Aceleración, Tipo Forzado, °C | 115 - 125 |
| Temperatura de Aceleración, Tipo Natural, °C | 125 - 135 |

3.4. Justificación económica para la conversión a gas

En este capítulo aplicamos una metodología para determinar de manera preliminar la factibilidad económica de una conversión a consumo de gas natural, para un parque de calderas. Para ello usaremos los cuadros siguientes, que son valores referenciales para el cálculo económico.

CUADRO N° 5

| COMBUSTIBLE INDUSTRIAL | PODER CALORÍFICO SUPERIOR | PODER CALORÍFICO INFERIOR |
|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Gas Natural Seco (BTU / pie ³) | 1,000 | 885 |
| GLP (BTU / gal) | 97,200 | 89,424 |
| Diesel 2 (BTU / gal) | 138,667 | 130,215 |
| Residual (BTU / gal) | 150,802 | 142,543 |

CUADRO N° 6

| COMBUSTIBLE INDUSTRIAL | EFICIENCIA DE COMBUSTION |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Gas Natural seco (BTU / scft) | 99 -100% |
| GLP (BTU / gal) | 98 % |
| Diesel 2 (BTU / gal) | 85 % |
| Residual (BTU / gal) | 80 % |

La fórmula siguiente nos da el consumo equivalente para cualquier otro combustible, esta se deduce, que para generar una determinada cantidad de energía, se puede obtener a partir del uso de cualquier combustible, con cantidades que varían de acuerdo a su poder calorífico y eficiencia en la combustión.

Consumo Equivalente de GNS

$$CE_{GN} (\text{pie}^3) = \frac{CCx (\text{gal} / \text{ton}) * PCS_x (\text{BTU} / \text{gal}) * E_{cx} (\%)}{PCS_{GN} (\text{BTU} / \text{pie}^3) * EC_{GN} (\%)}$$

- **CE_{GN}** = Consumo Equivalente de Gas Natural Seco en pies cúbicos por tonelada de harina (pie³/ton).
- **CCx** = Consumo del Combustible "X" (gal/ton).
- **PCS_x** = Poder Calorífico Superior del Combustible "X" (BTU/gal) de acuerdo al Cuadro N° 1.
- **EC_x** = Eficiencia de Combustión del combustible " X " (%) de acuerdo al Cuadro N°2.
- **PCS_{GN}** = Poder Calorífico Superior del Gas Natural Seco (BTU/pie³) de acuerdo al Cuadro N° 1.
- **EC_{GN}** = Eficiencia de Combustión del Gas Natural Seco (%) de acuerdo a

Basado en el consumo promedio anual de R-500, los cuadros N° 1 y 2 y con el criterio de equivalencia en el consumo de combustible para la generación de energía, pasamos a realizar la evaluación económica de nuestra propuesta de conversión a gas, la cual resumimos en el cuadro comparativo siguiente:

CUADRO N° 7

RESUMEN ECONOMICO COMPARATIVO

| COMBUSTIBLE INDUSTRIAL | PODER CALORÍFICO SUPERIOR | UNIDAD DE MEDIDA | PRODUCCION DE HARINA TON | EFICIENCIA COMBUSTION % | CONSUMO DE COMBUSTIBLE EQUIVALENTE | ENERGIA REQUERIDA MMBTU | PRECIOS DE COMBUSTIBLES \$/MMBTU | GASTO TOTAL \$ |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|-----------------------|
| D-2 | 138,667.00 | BTU / gln | 22,360.90 | 85% | 45.42 | 119,721.92 | 14.27 | 1,708,431.77 |
| GLP | 97,200.00 | BTU / gln | 22,360.90 | 98% | 56.21 | 119,721.92 | 11.79 | 1,411,521.41 |
| Residual | 150,802.00 | BTU / gln | 22,360.90 | 80% | 44.38 | 119,721.92 | 5.98 | 715,937.07 |
| Gas Natural Seco | 1,000.00 | BTU / pie ³ | 22,360.90 | 99% | 5,463.34 | 119,721.92 | 3.85 | 460,929.38 |

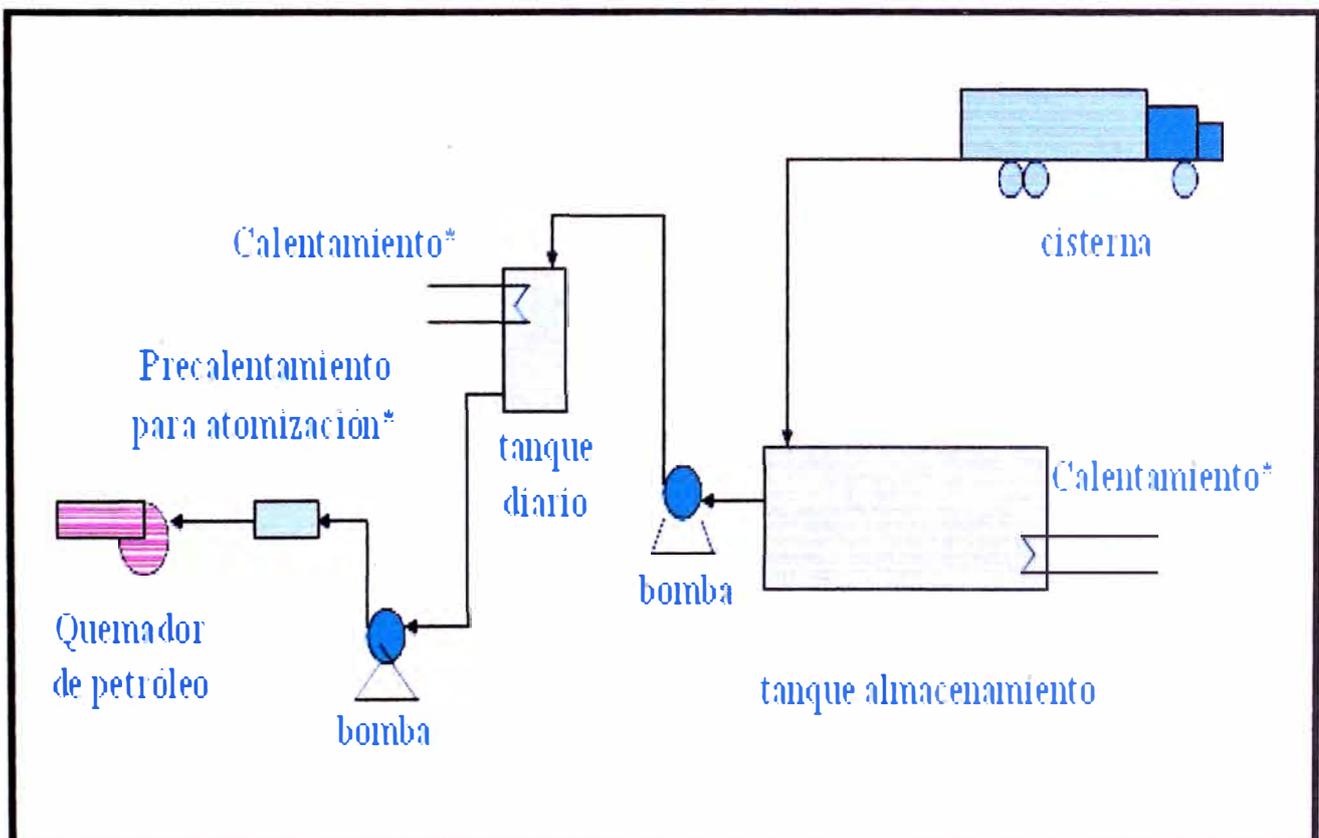
Cabe señalar que este ahorro en consumo de gas natural en comparación con el R-500, no considera la reducción de costo de operación y mantenimiento, que también se obtendrían para los calderos por realizar el cambio.

3.5. Costos de operación y mantenimiento usando R-500

Uno de los factores de mayor relevancia a la hora de decidir acerca del uso de un combustible en un proceso industrial, es el costo generado por su utilización.

El gas natural representa hoy día para aquellos países y regiones que poseen estructuras de transporte tales como gasoductos y redes de distribución hasta los centros de consumo, la opción más limpia, segura y económica que existe. Por tal motivo es necesario conocer los beneficios económicos reales derivados del consumo del gas natural.

3.5.1 Cuadro de Instalación actual para el suministro de R-500 a calderas.



1. Determinación de Demandas de vapor para las Cocinas

DATOS REQUERIDOS PARA EL CALCULO

| Parametros | | Linea Prime | Linea FAQ | |
|-------------------------------------|------------|-------------|-----------|-------|
| Temperatura de ingreso de M/P(°C) | | 18 | 18 | T1 |
| Temperatura de salida de M/P | | 95 | 95 | T2 |
| Temperatura de ingreso de Sanguaza | | ***** | 18 | T3 |
| Presion de vapor en eje | Bar | 2.5 | 2.5 | Pe |
| Presion de vapor en chaqueta | | 2 | 2 | Pch |
| Coefficiente transferencia de calor | Kcal/m2h°C | 350 | 350 | Ueje |
| Coefficiente transferencia de calor | Kcal/m2h°C | 260 | 260 | Uchaq |
| Materia prima a procesar | (Kg/H) | 50,000 | 42,700 | Ma |
| Sanguaza a procesar | (Kg/H) | ***** | 7,200 | Ms |
| Solidos Pama | (Kg/H) | ***** | 2,700 | Mp |
| Calor latente | (Kcal/Kg) | 520.4 | 520.4 | Λ |

| | Prime | FAQ | Sanguaza | Soldos Pama |
|---------------|--------|--------|----------|-------------|
| %S | 22.30% | 22.30% | 5.70% | 19.70% |
| %G | 6.30% | 6.30% | 2% | 1.70% |
| %H | 71.40% | 71.40% | 92.30% | 78.60% |
| Cp Kcal/Kg °C | 0.86 | 0.86 | 0.96 | 0.90 |

| Capacidades calorificas | |
|-------------------------|-----------------|
| Cp solido | 0.52 Kcal/Kg °C |
| Cp agua | 1 Kcal/Kg °C |
| Cp aceite | 0.4 Kcal/Kg °C |

Calculo:

$$Q \text{ necesario} = (M_a * C_{pa} * (T_2 - T_1))_{\text{prime}} + ((M_s * C_{ps} * (T_3 - T_1)) + (M_a * C_{pa} * (T_2 - T_1)) + (M_p * C_p * (T_2 - T_1)))_{\text{faq}}$$

$$Q \text{ necesario} = 6,822,745.78 \text{ Kcal/hr}$$

| | | |
|----------------------------|-----------|------|
| Flujo de vapor necesario = | 13,110.58 | Kg/h |
|----------------------------|-----------|------|

Cuadro de datos requeridos para el calculo (Cap.3)

DATOS REQUERIDOS PARA EL CALCULO

Secadores Prime

| Parametros | Um | Rotadisc | | | Secador-Enfriador | | |
|----------------------------------|-------------|----------------|----------|----------|-------------------|----------|--------|
| | | torta Integral | Scrap | Vahos | torta | Scrap | Vahos |
| Temperatura de Ingreso de M/P | (°C) | 70 | *** | *** | 85 | | |
| Temperatura de salida de M/P | (°C) | *** | 110 | 100 | | 45 | 100 |
| Flujo masico | (Kg/h) | 25283.57 | 14349.35 | 10934.22 | 14349.35 | 13711.60 | 637.75 |
| %S | | 42.47% | 78% | *** | 78% | 81.60% | *** |
| %G | | 4.43% | 8% | *** | 8% | 8.40% | *** |
| %H | | 53.10% | 14% | 100% | 14% | 10% | 100% |
| Cp | (Kcal/Kg°C) | 0.770 | 0.578 | *** | 0.578 | 0.558 | *** |
| λ: calor latente de vaporizacion | (Kcal/Kg) | *** | *** | 540.4 | *** | *** | 540.4 |
| Presion de trabajo secador | Bar | 6 | | | 6 | | |
| λv: Calor latente vapor a P=6bar | (Kcal/Kg) | 497.4 | | | 497.4 | | |

Secadores FAQ

| Parametros | Um | Enercom 1 | | Enercom 2 | |
|-------------------------|--------|-----------|-------|-----------|--------|
| | | torta | Scrap | torta | scrap |
| Flujo masico a procesar | (Kg/h) | 16.39 | 10.77 | 10.77 | 9.18 |
| %S | | 49.1% | 69% | 69% | 81.30% |
| %G | | 6.7% | 9% | 9% | 10.20% |
| %H | | 44.2% | 22% | 22% | 8.50% |
| Diametro de la tuberla | mm | 20 | | | |
| Presion de vapor | psi | 45 | | | |

2. Determinacion de Demandas de vapor para las Secadores Rotadisc

| | | | |
|-------------------------------|-----------------|------------|------|
| Ms:masa de solidos secos | $\%S*Fi+\%G*Fi$ | 11,857.994 | Kg/h |
| M1:masa de liquido al ingreso | $\%H*Fi$ | 13,425.575 | Kg/h |
| M2:masa de liquido al final | $\%H*Ff$ | 2,008.909 | Kg/h |

$$Q=Ms*Cps*(T2-T1)+M1*Cpl*(T3-T1)+(M1-M2)*\lambda_1+M2*Cpl*(T2-T3)+(M1-M2)*Cpv*(T4-T3) = 6,911,915.82 \text{ Kcal/h}$$

| | | |
|--------------------------|-------------------|-------------|
| Vapor requerido = | 13,896.091 | Kg/h |
|--------------------------|-------------------|-------------|

Donde:

| | |
|---|-------|
| Cpl:Capacidad calorifica del liquido = | 1 |
| Cps:Capacidad calorifica de solidos secos = | 0.674 |
| T2:temperatura de salida del secador = | 110 |
| T1:temperatura de ingreso al secador = | 70 |
| T3:Temperatura de salida de Vahos = | 100 |
| T4:Temperatura final de vapor = | 100 |

3. Determinacion de Demandas de vapor para las Secadores Enercom

El vapor empleado en los secadores Enercom es para la atomización del petróleo, calcularemos la demanda de vapor de acuerdo a diámetro de tubería de transporte de vapor y presión de vapor de transporte, por lo tanto de tablas calcularemos la capacidad de carga de transporte en la tubería de vapor.

Datos :

| | |
|-------------------|----|
| Presion (psi) | 45 |
| Velocidad (m/s) : | 40 |
| Diámetro (mm) | 20 |

Por lo tanto : De tablas de acuerdo a nuestros datos tenemos:

| | | |
|-----|--|--------|
| F = | 87 | Kg / h |
| F: | Vapor de atomizacion de calderas necesario | |

| | | |
|---|------------|---------------|
| Vapor requerido para 2 equipos = | 174 | Kg / h |
|---|------------|---------------|

4. Determinacion de Demandas de vapor para las Secadores Enfriador

| | | | |
|-------------------------------|-------------|------------|------|
| Ms:masa de solidos secos | %S*Fi+%G*Fi | 12,340.443 | Kg/h |
| M1:masa de liquido al ingreso | %H*Fi | 2,008.909 | Kg/h |
| M2:masa de liquido al final | %Hf*Ff | 1,371.160 | Kg/h |

$Q = Ms * Cps * (T3 - T1) + M1 * Cpl * (T3 - T1) + (M1 - M2) * \lambda 1 =$

| | | |
|--|-------------|--------|
| | 479,869.339 | Kcal/h |
| | 1904275.441 | BTU/h |

DATOS DEL AIRE

| | | | | |
|---|--------|----------------------------|-------|----|
| Temp. Bulbo humedo Ambiente, $T_{bh} =$ | 15 | °C = | 59 | °F |
| Temp. Bulbo Seco Ambiente, $T_{bs} =$ | 15 | °C = | 59 | °F |
| Temp. Ingreso del Aire, $T_{ha} =$ | 140 | °C = | 284 | °F |
| Temp. Salida del Aire, $T_{hb} =$ | 48 | °C = | 118.4 | °F |
| Húmedad del Gas Entrada = | 0.01 | Lb Vapor Agua/Lb Aire Seco | | |
| Calor Húmedo del Gas a la Entrada = | 0.2445 | BTU/ °F-Lb Aire Seco | | |
| | 0.2443 | Kcal/°C-Kg Aire Seco | | |

$Q_T = Mg \cdot (1 + H_a) \cdot C_{SA} \cdot (T_{ha} - T_{hb})$

| | | | |
|--|--------|------------|-------|
| | $Mg =$ | 46566.0282 | lb/ h |
|--|--------|------------|-------|

| | | | |
|---------------------------------|------|------------------|--------------------|
| | Mg = | 21140.9768 | Kg/h |
| Velocidad masica del gas humedo | | 21352.3866 | Kg/h |
| Flujo de aire de entrada | | 17448.3724 | m ³ / h |
| Vapor requerido = | | 1297.8525 | Kg/h |

Donde:

| | |
|---|-------|
| Cpl:Capacidad calorifica del liquido. | 1 |
| Cps:Capacidad calorifica de solidos secos | 0.568 |
| T2:temperatura de salida del secador | 45 |
| T1:temperatura de ingreso al secador | 85 |
| T3:Temperatura de vaporizacion | 100 |
| T4:Temperatura de vapor saturado | 161 |
| Mg:Velocidad masico del gas | |
| F : flujo masico de ingreso (Kg/h) | |

5. Determinacion de Demandas de vapor para Pre calentador de caldo de separadora

| Parámetros | | Linea Prime | Linea FAQ | |
|----------------------------------|-----------|----------------|---------------|----|
| | | Intercambiador | Vapor directo | |
| Temperatura de ingreso del licor | °C | 80 | 80 | Ti |
| Temperatura de salida del licor | °C | 95 | 95 | Ts |
| Flujo masico a procesar | (Kg/h) | 29,903 | 31,515 | M |
| Presion de vapor | Bar | 3 | 2 | Pv |
| Calor latente | (Kcal/Kg) | 516.1 | 525.49 | λ |

| | Prime | FAQ |
|---------------|-------|------|
| %S | 8.10% | 9% |
| %G | 5.90% | 6% |
| %H | 86% | 85% |
| Cp(Kcal/Kg°C) | 0.93 | 0.92 |

| Capacidades calorificas | | |
|-------------------------|------|------------|
| Cp solido | 0.52 | Kcal/Kg °C |
| Cp agua | 1 | Kcal/Kg °C |
| Cp aceite | 0.4 | Kcal/Kg °C |

Calculo:

$$Q = \text{Calor necesario para calentamiento} = C_p * M * (T_s - T_i) = M_v * \lambda$$

$$Q_{\text{prime}} = 415227.731 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{FAQ}} = 435282.005 \text{ Kcal/h}$$

Donde :

Mvp: Masa de vapor empleado en 1 intercambiador prime

Mvf: Masa de vapor empleado en tanque FAQ.

Mvp= 804.549 Kg/h

Para los dos intercambiadores sera: 1609.098 Kg/h

Mvf= 828.335 Kg/h

Vapor requerido = 2437.433 Kg/h

6. Determinacion de Demandas de vapor para Precalentador de espumas de sanguaza

| Parámetros | Unidades | Sanguaza | Espumas |
|-------------------------|-------------|----------|---------|
| Temperatura de ingreso | °C | 18 | 18 |
| Temperatura de salida | °C | 95 | 98 |
| Flujo masico a procesar | (Kg/h) | 7200 | 2343 |
| Presion de vapor | Bar | 2 | 2 |
| Calor latente | (Kcal/Kg) | 525.49 | 525.49 |
| Cp | (Kcal/Kg°C) | 0.96 | 0.83 |

| Capacidades calorificas | | |
|-------------------------|------|------------|
| Cp solido | 0.52 | Kcal/Kg °C |
| Cp agua | 1 | Kcal/Kg °C |
| Cp aceite | 0.4 | Kcal/Kg °C |

| | Sanguaza | Espumas |
|----|----------|---------|
| %S | 5.70% | 5.30% |
| %G | 2.00% | 24.70% |
| %H | 92% | 70.00% |

Calculo:

$$Q = C_p * M * (T_s - T_i) = M_v * \lambda$$

Qsanguaza= 532,578.82 Kcal/h Mvs= 1013.490 Kg/h

Qespumas= 154,892.92 Kcal/h Mve= 294.759 Kg/h

| |
|---------------------------------------|
| Vapor requerido = 1308.25 Kg/h |
|---------------------------------------|

7. Cuadro resumen de consumo de vapor requerido en planta

| Equipo | Consumo de vapor (Kg/h) |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| Cocinas | 13,110.58 |
| Secadores Rotadisc | 13,896.09 |
| Secadores Enercom | 174.00 |
| Secador – Enfriador | 1,297.85 |
| Precalentador de Caldo de Separadora | 2,437.43 |
| Precalentador de Espumas- Sanguaza | 1,308.25 |
| Perdidas (5 %) | 1,611.21 |
| Consumo total general (Kg/ h) | 33,835.42 |

Los cálculos efectuados son aproximados pero nos sirven de patrón para estimar el consumo de vapor en planta

3.5.3 Cálculos de uso de energía para el suministro de R-500 ESTA CONSIDERADO DENTRO DEL CALCULO DE LOS COSTOS POR OPERACIÓN

3.5.4 Costos de operación del parque de caldera

Costo de operación (servicios industriales y aditivos).

Para el consumo de gas natural no se consideran costos por servicios industriales lo que si ocurre cuando se usan combustibles líquidos como el R-500.

1. Costo de calentamiento del R-500.

El calor requerido para llevar el combustible R-500 de la temperatura ambiente (20°C) a la temperatura de 80°C para la obtención de la viscosidad del combustible especificado por el quemador se calcula mediante el siguiente procedimiento:

$$Q \text{ calent.} = W \times C \times \Delta T.$$

C : Coeficiente calórico del R-500 : 0.53 BTU / Lb-°K.

W : Cantidad másica de R-500 por galón : 7.9 lbs / galón.

ΔT : Diferencia de temperatura °K.

$$Q \text{ calent.} = 7.9 \text{ lbs/gln} \times 0.53 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{K} \times (353-293)^\circ\text{K}$$

$$Q \text{ calent.} = 251 \text{ BTU / gln.}$$

Precio de la electricidad industrial: 0.035 \$/KWH

Costo por galón: 251 BTU/gln x 0.032 \$/KWH x 0.0002907

KWH/BTU

Costo de calentamiento por galón = 0.0023 \$/gln

(1MM BTU = 290.7 KWH)

Para el parque de 6 calderas y factor de servicio de 0.6 tenemos:

$$\text{Costo de calentamiento} = 1069.39 \text{ gln/hr} \times 432 \text{ hr/mes} \times 0.0023 \text{ \$/gln}$$

Costo de calentamiento = 1,062.5 \\$/mes.

2. Costo de calentamiento para facilitar la atomización del combustible

Por calentamiento de combustible:

$$Q \text{ calent.} = W \times C \times \Delta T.$$

Rango de calentamiento (80°C a 100°C)

$$Q \text{ calent.} = 7.9 \text{ lbs/gln} \times 0.53 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{K} \times (373-353)^\circ\text{K}$$

$$Q \text{ calent.} = 83.7 \text{ BTU / gln.}$$

Costo por galón =

$$\frac{83.7 \text{ BTU / g ln} \times 0.035 \text{ \$KWH}}{3439.97 \text{ BTU / KWH}} = 0.00085 \text{ \$g ln}$$

Para el parque de 6 calderas y factor de servicio de 0.6 tenemos:

Costo de calentamiento :

$$= 1,069.39 \text{ gln/hr} \times 432 \text{ hr/mes} \times 0.00085 \text{ \$/gln}$$

Costo de calentamiento para facilitar la atomización del combustible = 392.6 \\$/mes.

3. Costo de energía de atomización.

CUADRO N° 8

ESPECIFICACIONES DE CONSUMO Y PRODUCCION DE CALDERAS PIROTUBULARES

| Parque de calderas BHP | Producción de vapor lb / hr | Carga Térmica MMBTU / hr | Potencia de Bombeo Hp | Potencia de atomización Hp |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 900 | 31050 | 29.99 | 1.5 | 6 |
| 800 | 27600 | 26.66 | 1.5 | 6 |
| 700 | 24150 | 23.33 | 1.5 | 5 |
| 600 | 20700 | 20.1 | 1.5 | 5 |
| 500 | 17250 | 16.75 | 1.5 | 5 |
| 400 | 13800 | 13.4 | 1 | 5 |
| Total = | | | 8.5 | 32 |

Según la tabla anterior el consumo de potencia para la atomización del combustible R-500 para las 6 calderas es de:

Costo de atomización = 32 HP x 0.746 KW / HP x 0.035 \$/KWH

Costo de atomización = 0.76 \$/hr

Costo por mes = 0.76 \$/hr x 432 hr/mes.

Costo de atomización = 328.3 \$/mes.

4. Costo por bombeo del combustible liquido.

Según la tabla anterior el consumo de potencia para bombear el R-500 para las 6 calderas es de:

Costo de atomización = $8.5 \text{ HP} \times 0.746 \text{ KW} / \text{HP} \times 0.032$
\$/KWH.

Costo de atomización = 0.20 \$/hr.

Costo por mes = $0.20 \text{ $/hr} \times 432 \text{ hr/mes}$.

Costo por bombeo = 86.4 \$/mes.

5. Costo de aditivo por mes.

Los crudos pesados en oportunidades requieren aditivos mejoradores de combustión y homogenización para evitar su estratificación por temperatura y tiempo de almacenamiento, con ello se garantiza una combustión correcta.

Dosificación del aditivo HISA 3302 : 1gln por cada 4000 glns.

Consumo de combustible: 1,069.39 gln/hr

Consumo de combustible por mes : $1,069.39 \text{ gln/hr} \times 432$
hr/mes

= 461,976.48 gln/mes

Consumo de aditivo : $461,976.48 \text{ gln/mes} \times 1 \text{ gln aditivo} /$
4000 gln

= 115.5 gln aditivo/mes

Costo promedio del galón de aditivo: \$ 18

Costo aditivo por mes: $115.5 \text{ glns/mes} \times 18 \text{ $/gln}$

Costo por aditivos : 2,079 \$/mes

Costo Total por operación del R-500 de 3,948.8 \$/mes.

Costo de Mantenimiento

Los requerimientos de una caldera que consume R-500 respecto al mantenimiento comparado con el gas se muestra a continuación:

CUADRO N° 9

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA CALDERA R- 500 Vs. GAS NATURAL

| Mantenimiento preventivo en el quemador | Tipo de combustible | |
|---|----------------------------|--------------------|
| | R - 500 | Gas natural |
| Control de la combustión y la eficiencia | Quincenal | Semestral |
| Limpieza y verificación del filtro de combustible | Quincenal | Semestral |
| Limpieza y verificación de electrodos | Quincenal | Semestral |
| Limpieza y verificación de boquillas | Quincenal | Semestral |
| Verificación de válvulas solenoides | Quincenal | Semestral |
| Verificación de presostatos | Quincenal | Semestral |
| Limpieza y verificación de mirilla | Quincenal | Semestral |
| Limpieza y verificación de platos deflectores | Quincenal | Semestral |
| Limpieza y verificación de fotocelda | Quincenal | Semestral |
| Verificación del programador de llama | Quincenal | Quincenal |
| Verificación del transformador de encendido | Quincenal | Quincenal |
| Verificación de la presión de combustible | Diario | Diario |
| Limpieza de chimeneas y ducto de gases | Semestral | Anual |

Recomendado por fabricantes de quemadores

Fuente: GASTECNIC

Los costos de mantenimiento están asociados a los costos del personal de mantenimiento asignado a la caldera y a lo relacionado con los costos de repuestos utilizados durante el mantenimiento.

1. Costo de mano de obra por mantenimiento

Para el análisis se tomara en cuenta el costo adicional en que se incurre al utilizar R-500 como combustible, bajo la afirmación de multiplicar por dos los costos cuando se usa gas natural. Para un parque de 6 calderas pirotubulares se tiene un mantenimiento programado de 6 meses con una duración de 5 días de inspección y mantenimiento, con una asignación de 2 mecánicos y un obrero laborando 8 horas al día.

Costo mano de obra incluyendo factor laboral (1.8) = 90 \$/día.

Días requeridos para mantenimiento 10 días/año = 0.83 días/mes.

Costo de mantenimiento programado = 75 \$/mes.

2. Costo de repuestos y materiales

En este reglón se tiene en cuenta la historia que posee el equipo de combustión en cuanto a repuestos requeridos en los últimos 3 años. De los historiales de maquinas nos reporta un costo por caldera de:

Costo de repuestos y materiales = 600 \$/año.

Costo Total por mantenimiento del R-500 de 675 \$/mes.

3.5.5 Conclusiones previas

Es importante analizar los beneficios económicos del uso de gas natural como combustible desde dos aspectos:

- Primero los beneficios propios de su uso derivado de sus propiedades.
- Y segundo los beneficios por diferencia de precios con respecto a los restantes combustibles.

Beneficios económicos por las propiedades del gas

El uso del gas natural como combustible posee grandes ventajas al compararse con otros combustibles, que reflejados en una evaluación económica deben cuantificarse para facilitar una decisión que determina su uso como energético.

Los criterios de evaluación en el análisis de un combustible son:

- Costos de operación (servicios industriales y aditivos)
- Costo de mantenimiento
- Inversión inicial referida a equipos
- Adquisición de área para su instalación
- Costo por manejo de inventario de combustible líquidos
- Incidencia en la producción
- Costo ambiental
- Costo de prima para aseguramiento de instalaciones

CUADRO N° 9**TABLA COMPARATIVA DE LOS COMBUSTIBLES POR CONTENIDO
ENERGETICO**

| | Gas Natural ft ³ | GLP (1) gln | Diesel (1) gln | Residual (500) gln | Residual 6 (1) gln | Electricidad Kw-h |
|----------|-----------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 MM BTU | 1000 | 10.43 | 7.63 | 6.97 | 6.98 | 290.7 |

MM BTU = Millón de BTU.

(1) = Fuente Petroperú

Determinación del beneficio por uso del gas natural en razón a sus propiedades

A continuación se desarrolla una evaluación comparativa del uso del gas natural con respecto al uso de un combustible residual como el R-500.

Cada una de las variables evaluadas se deriva de las propiedades de los combustibles para su uso como combustible.

Los costos de operación y mantenimiento ya fueron calculados anteriormente, estos son:

Costos de operación (servicios industriales y aditivos)

Costo Total por operación del R-500 de 3,948.8 \$/mes.

Costo de mantenimiento

Costo Total por operación del R-500 de 675.0 \$/mes.

A continuación los otros costos en las que se incurre:

Inversión inicial referida a los equipos.

El gas natural no requiere almacenamiento, su suministro en cuanto a cantidad y confiabilidad esta garantizada por las reservas existentes y la instalación de una red nacional de transporte que une los centros de producción con los de consumo.

Para un parque de 6 calderas del tipo pirotubular, con un consumo de R-500 de 44.38 gln / ton harina y con factor de servicio de 0.6, se requiere un almacenamiento para manejo de inventario de 7 días una capacidad de:

Consumo por hora

$$44.38 \text{gln/ton harina} \times 100 \text{ton pescado/hr} / 4.15 \text{ ton harina/ton pescado}$$

$$= 1,069.39 \text{ gln/hr}$$

Horas de trabajo

$$24 \text{ hrs. día} \times 0.6 = 14.4 \text{ hrs. día}$$

$$14.4 \text{ hrs. día} \times 7 \text{ días} = 100.8 \text{ hrs.}$$

Capacidad de almacenamiento

$$1,069.39 \text{ gln/hr} \times 100.8 \text{ hrs} = 107,794.51 \text{ glns.}$$

Entonces estaríamos hablando de un tanque de 110,000 glns aproximadamente para almacenamiento.

De igual manera un tanque para suministro diario del combustible con calentamiento de una capacidad de:

$$110,000 \text{ glns} / 7 \text{ días} = 15,714.28 \text{ glns.}$$

Entonces estaríamos hablando de un tanque diario de 16,000 glns aproximadamente.

Equipo de bombeo requerido: 3 bombas de 1 HP, especificadas para fluidos viscosos y temperaturas superior a 150° F. (Caso R-500).

Sistema de calentamiento: Para el caso del uso de crudos pesado o R-500 se requiere un calentador eléctrico o a vapor que garantice una temperatura de 80°C en el quemador.

El sistema de suministro requiere filtros que eliminen arrastres de sólidos a los quemadores.

El costo de los anteriores equipos de manejo de R-500 representa aproximadamente US\$ 38,000.

Los costos en que se incurre para facilitar un suministro seguro del combustible al quemador se supones iguales para el caso R-500 como para el gas natural (regulador, válvulas automáticas y manuales, control de flujo-aire, tubería, etc.).

Adquisición de área para la instalación.

El gas natural por su facilidad de suministro no requiere área de almacenamiento, como si ocurre con los combustibles líquidos. El área requerida para la instalación de almacenamiento y manejo del R-500 para un tanque de 110,000 glns es aproximadamente:

$$110 \% \times 110,000 \text{ glns} \times 3.785 \text{ lts} / 1\text{gln} \times 1\text{m}^3 / 1000 \text{ lts} = 457.98 \text{ m}^3$$

El tanque en mención tiene las características siguientes:

Diámetro: 7.5 m

Altura: 9.4 m

Si consideramos una altura para la zona estanca en caso de derrames de 1.2 m tendremos un área igual a:

$$457.98 / 1.2 + \pi \times (7.5)^2 / 4 = 425.83 \text{ m}^2$$

Cumpliendo con el reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos Decreto Supremo N° 052-2001-EM.

Costo por manejo de inventario de combustible líquidos

Dada la necesidad de mantener inventarios mínimos de combustible líquido que aseguren el suministro ante contingencias de abastecimiento se causa por este efecto unos costos que vienen determinados por el interés del valor de dicho inventario.

Para un parque de calderas se debe mantener un inventario de 7 días de suministro cuando el punto de compra a entrega distante más de 300 Km. y con alta posibilidad de contingencias.

Volumen del inventario = 1069.39 gln/hr x 0.6 x 24 hr/días x 7 días

$$= 107,794.51 \text{ glns}$$

Costo del inventario, tomaremos 110,000 glns x 0.86 \$/gln = \$ 94,600

Costo por manejo de inventario:

$$\text{\$ } 94,600 \times 1\% \text{ (interés mes)} = 946 \text{ \$/mes}$$

Incidencia en la producción

El gas natural es un combustible de mayor eficiencia si se compara con un combustible líquido, de igual manera se caracteriza por su fácil control en los procesos de combustión que incide directamente en el nivel de producción.

Para cuantificar los beneficios del uso del gas es necesario identificar la importancia que para el proceso mismo representa el uso del energético.

Costo ambiental

El gas natural es un combustible limpio, amigable al medio ambiente y por lo tanto no requiere equipos de tratamiento de los gases de combustión que garanticen el cumplimiento de las normas sobre emisiones por fuentes fijas en procesos de combustión.

Las emisiones debidas al uso del R-500 como combustible en el sector Pesca no han sido normados aun; pero como referencia tomaremos a Colombia que son monitoreadas respecto al material particulado y componentes de azufre con una frecuencia de 02 veces por año.

Su Ministerio de Energía y Minas es la entidad gubernamental encargada de hacer cumplir dichas normas por lo cual ha dispuesto una serie de obligaciones por parte de los usuarios de los combustibles líquidos como son las tasas retributivas o contribuciones de dinero al estado proporcionales a la cantidad de contaminantes emitidos, lo mismo que informes periódicos de monitoreos sobre material particulado NOx y Sox, los cuales tienen costos aproximados de 50 \$/por fuente fija.

Para el caso de Colombia el decreto 1697 del 27 de Junio de 1987 en el párrafo quinto dice textualmente “ Las calderas u hornos que utilicen como combustible gas natural o gas licuado del petróleo en un establecimiento industrial o comercial o para la operación de plantas termoeléctricas con calderas, turbinas o motores no requerirán permiso de emisión atmosférica”.

Costo de monitoreo ambiental 83 \$/mes para el caso de dos monitoreos al año.

Costo de prima para aseguramiento de la instalación

Durante el proceso de valoración de riesgos a instalaciones industriales, el almacenamiento de combustibles en áreas internas es un factor determinante en el incremento de las pólizas o formas de aseguramiento por alto índice de accidentalidad con las que están calificadas. La eliminación de áreas de almacenamiento debido al uso del gas natural representa menores riesgos y a su vez costo, el cual es determinado por la tecnología, equipos y medidas de seguridad implementadas que cada industria posee.

Beneficios económicos por su costo comparado con otros combustibles

Para el caso del Perú el costo por unidad energética del gas natural es más bajo que los restantes combustibles a utilizar en el sector industrial, por esta razón existe un beneficio por facturación que incide de manera importante en la decisión del sector en adaptarse al uso del gas natural, esta diferencia ayuda a recuperar la inversión de la conversión.

CUADRO N° 10
PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES EN EL PERU

| Combustible | Poder calorifico (BTU / gln) | Precio* (US\$ / gln) | Precio equivalente (US\$ / MMBTU) |
|--------------------|---|-----------------------------------|--|
| Gas natural seco** | 1000 BTU/pie ³ | | 3.85 |
| GLP | 97 083 | 1.14 | 11.79 |
| Diesel | 131 036 | 1.87 | 14.27 |
| R-500 | 143 421 | 0.86 | 5.98 |
| Residual 6 | 143 150 | 0.87 | 6.10 |

*Precio estimado-Osinerg (precio del gas + transporte y distribución)

Determinación del beneficio por uso del gas natural en razón a su precio

Del cuadro de resumen económico comparativo tenemos:

Facturación mensual con R-500 : \$ 715,937.07

Facturación mensual con Gas Natural : \$ 460,929.38

Lo que hace un ahorro de $715,937.07 - 460,929.38 =$
 255,007.69 \$/ mes

Ahorro en la facturación anual por uso de gas natural :

255,007.69 \$/año

Observando los siguientes cuadros resúmenes podemos apreciar la diferencia significativa en cuanto a eficiencia y ahorro energético que nos lleva al efectuar el cambio a gas natural.

CUADRO N° 11

DETERMINACION DEL BENEFICIO POR USO DEL GAS NATURAL EN RAZON A SU PRECIO

| N° | CONCEPTOS | R-500 \$ | GAS NATURAL \$ |
|----------------------------|--|----------------------|---------------------------|
| 1 | Facturación anual por consumo de combustible | 715,937.07 | 460,929.38 |
| | | % 35.6 | |
| AHORRO EN CONSUMO : | | \$ 255,007.69 | |

(*) Concepto no cuantificado

**DETERMINACION DEL BENEFICIO POR USO DEL GAS NATURAL EN
RAZON A SUS PROPIEDADES**

| Nº | CONCEPTOS | R-500 \$ | GAS NATURAL \$ |
|--|--|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Inversión inicial referida a equipos | 38,000 | 38,000 |
| 2 | Adquisición de área para su instalación | 0 | 0 |
| 3 | Costos de operación : | | |
| | Servicios industriales | 0 | 0 |
| | Costo por calentamiento | 1,062.5 | 0 |
| | Costo de calentamiento para facilitar la atomización | 392.6 | 0 |
| | Costo de energía de atomización | 328.3 | 0 |
| | Costo de energía por bombeo del combustible liquido | 86.4 | 0 |
| | Costo por aditivos | 2,079 | * |
| 4 | Costos de mantenimiento : | | |
| | Mano de obra | 75 | 150 |
| | Repuestos | 600 | 1,200 |
| 5 | Costos por manejo de inventario de combustible liquido | 946 | 0 |
| 6 | Incidencia en la producción | * | * |
| 7 | Costo ambiental | * | * |
| 8 | Costo de prima para aseguramiento de instalaciones | * | * |
| COMPARACION DE COSTOS POR MES : | | 5,569.8 | 1,350 |
| POR UN AÑO (6 MESES) : | | 33,418.8 | 8,100 |
| AHORRO EN OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y OTROS COSTOS | | | \$ 25,318.8 75 % |

CAPITULO IV

4. Termodinámica del gas y R-500

Según la definición de Mendeleiev “el nombre de **combustible** se le da a una sustancia que se quema intencionalmente para obtener el calor”.

El concepto de “**combustible**” es una categoría no solo técnica, si no también económica, y los conceptos acerca de este varían a medida de que se desarrolle la técnica para el uso eficiente de la energía que estos poseen.

CUADRO N° 12

ENTALPIAS DE FORMACION DE COMPUESTOS INORGANICOS

TABLE 2-221 Enthalpies and Gibbs Energies of Formation, Entropies, and Net Enthalpies of Combustion of Inorganic and Organic Compounds (Concluded)

| Comp. no. | Name | Formula | CAS no. | Mol wt | Ideal gas enthalpy of formation, $\text{J/kmol} \times 10^{-7}$ | Ideal gas Gibbs energy of formation, $\text{J/kmol} \times 10^{-7}$ | Ideal gas entropy, $\text{J/(kmol}\cdot\text{K)} \times 10^{-5}$ | Standard net enthalpy of combustion, $\text{J/kmol} \times 10^{-9}$ |
|-----------|------------------|----------------------|---------|--------|---|---|--|---|
| 228 | Hydrogen sulfide | H_2S | 7782064 | 34.082 | -2.0630 | -3.3440 | 2.0560 | -0.5180 |
| 229 | Sulfur dioxide | SO_2 | 7446005 | 64.065 | -20.6540 | -30.0120 | 2.4810 | 0 |
| 230 | Sulfur trioxide | SO_3 | 7446119 | 80.064 | -30.5720 | -37.0950 | 2.5651 | 0.0950 |
| 231 | Water | H_2O | 7732185 | 18.015 | -24.1814 | -22.8590 | 1.8872 | 0 |

All substances are listed in alphabetical order in Table 2-6a.

Compiled from Daubert, T. E., R. P. Danner, B. M. Sibul, and C. C. Stebbins, DIPPR Data Compilation of Pure Compound Properties, Project 801 Sponsor Release, July, 1993, Design Institute for Physical Property Data, AIChE, New York, NY; and from Thermodynamics Research Center, "Selected Values of Properties of Hydrocarbons and Related Compounds," Thermodynamics Research Center Hydrocarbon Project, Texas A&M University, College Station, Texas (variant 1994).

The compounds are considered to be formed from the elements in their standard states at 298.15 K and 101.325 Pa. These include C (graphite) and S (rhombic).

Enthalpy of combustion is the net value for the compound in its standard state at 298.15 K and 101.325 Pa.

Products of combustion are taken to be CO_2 (gas), H_2O (gas), F_2 (gas), Cl_2 (gas), Br_2 (gas), I_2 (gas), SO_2 (gas), N_2 (gas), H_2O_2 (solid), and SiO_2 (cristobalite).

$\text{J/kmol} \times 2.300\text{E-}24 = \text{cal/gmol}$; $\text{J/kmol} \times 4.20206\text{E-}24 = \text{Btu/lbmol}$.

$\text{J/(kmol}\cdot\text{K)} \times 2.300\text{E-}24 = \text{cal/(gmol}\cdot\text{K)}$; $\text{J/(kmol}\cdot\text{K)} \times 2.30069\text{E-}24 = \text{Btu/(lbmol}\cdot\text{K)}$.

CUADRO N° 13

ENTALPIAS DE FORMACION DE COMPUESTOS ORGANICOS

HEATS OF COMBUSTION

TABLE 2-221 Enthalpies and Gibbs Energies of Formation, Entropies, and Net Enthalpies of Combustion of Inorganic and Organic Compounds at 298.15 K

| Compd. no. | Name | Formula | CAS no. | Molwt | Ideal gas enthalpy of formation, $\text{J/kmol} \times 10^{-7}$ | Ideal gas Gibbs energy of formation, $\text{J/kmol} \times 10^{-7}$ | Ideal gas entropy, $\text{J/kmol} \cdot \text{K} \times 10^{-5}$ | Standard net enthalpy of combustion, $\text{J/kmol} \times 10^{-7}$ |
|------------|------------------------|------------------------------|---------|---------|---|---|--|---|
| 1 | Methane | CH_4 | 74828 | 16.043 | -7.4520 | -5.0400 | 1.8627 | -8.9126 |
| 2 | Ethane | C_2H_6 | 74840 | 30.070 | -8.3820 | -3.1020 | 2.2912 | -1.4286 |
| 3 | Propane | C_3H_8 | 74986 | 44.097 | -10.4680 | -2.4300 | 2.7020 | -2.0431 |
| 4 | <i>n</i> -Butane | C_4H_{10} | 106678 | 58.123 | -12.5790 | -1.6700 | 3.0661 | -2.6573 |
| 5 | <i>n</i> -Pentane | C_5H_{12} | 106660 | 72.150 | -14.6760 | -0.8813 | 3.4945 | -3.2449 |
| 6 | <i>n</i> -Hexane | C_6H_{14} | 110543 | 86.177 | -16.6940 | -0.0666 | 3.8874 | -3.8551 |
| 7 | <i>n</i> -Heptane | C_7H_{16} | 142825 | 100.204 | -18.7650 | 0.8165 | 4.2798 | -4.4617 |
| 8 | <i>n</i> -Octane | C_8H_{18} | 111650 | 114.231 | -20.8750 | 1.6000 | 4.6723 | -5.0742 |
| 9 | <i>n</i> -Nonane | C_9H_{20} | 111842 | 128.258 | -22.8740 | 2.4060 | 5.0640 | -5.6846 |
| 10 | <i>n</i> -Decane | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | 124185 | 142.285 | -24.9460 | 3.2180 | 5.4570 | -6.2942 |
| 11 | <i>n</i> -Undecane | $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ | 112024 | 156.312 | -27.0430 | 4.1160 | 5.8493 | -6.9036 |
| 12 | <i>n</i> -Dodecane | $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ | 112403 | 170.338 | -29.0720 | 4.9810 | 6.2415 | -7.5137 |
| 13 | <i>n</i> -Tridecane | $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ | 629505 | 184.365 | -31.1770 | 5.7710 | 6.6337 | -8.1229 |
| 14 | <i>n</i> -Tetradecane | $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ | 629504 | 198.392 | -33.2440 | 6.5900 | 7.0259 | -8.7328 |
| 15 | <i>n</i> -Pentadecane | $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ | 629620 | 212.419 | -35.3110 | 7.4290 | 7.4181 | -9.3424 |
| 16 | <i>n</i> -Hexadecane | $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ | 544763 | 226.446 | -37.4170 | 8.2160 | 7.8102 | -9.9515 |
| 17 | <i>n</i> -Heptadecane | $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ | 629787 | 240.473 | -39.4450 | 9.0830 | 8.2023 | -10.5618 |
| 18 | <i>n</i> -Octadecane | $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ | 583453 | 254.500 | -41.5120 | 9.9100 | 8.5945 | -11.1715 |
| 19 | <i>n</i> -Nonadecane | $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$ | 629625 | 268.527 | -43.5790 | 10.7400 | 8.9866 | -11.7812 |
| 20 | <i>n</i> -Eicosane | $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ | 112958 | 282.553 | -45.6460 | 11.5700 | 9.3787 | -12.3908 |
| 21 | 2-Methylpropane | C_4H_{10} | 75285 | 58.123 | -13.4180 | -2.0760 | 2.9530 | -2.6490 |
| 22 | 2-Methylbutane | C_5H_{12} | 75784 | 72.150 | -15.3700 | -1.4060 | 3.4374 | -3.2305 |
| 23 | 2,2-Dimethylbutane | C_6H_{14} | 79298 | 86.177 | -17.6800 | -0.3125 | 3.6392 | -3.8476 |
| 24 | 2-Methylpentane | C_6H_{14} | 107835 | 86.177 | -17.4550 | -0.5338 | 3.8086 | -3.8492 |
| 25 | 2,2-Dimethylpentane | C_7H_{16} | 565383 | 100.204 | -19.4100 | 0.5717 | 4.1435 | -4.4608 |
| 26 | 2,2,3-Trimethylpentane | C_7H_{16} | 569214 | 114.231 | -21.8450 | 1.8290 | 4.2702 | -5.0688 |
| 27 | 2,2,4-Trimethylpentane | C_7H_{16} | 540841 | 114.231 | -22.4010 | 1.3040 | 4.2206 | -5.0653 |
| 28 | Ethylene | C_2H_4 | 74851 | 28.054 | 5.2510 | 6.8440 | 2.1920 | -1.3220 |
| 29 | Propylene | C_3H_6 | 115071 | 42.081 | 1.9710 | 6.2150 | 2.6660 | -1.9257 |

CUADRO N° 14

**ENTALPIAS DE GASES IDEALES PRODUCTOS DE LA
COMBUSTION**

TABLE 2-222 Ideal Gas Sensible Enthalpies, $h_r - h_{298}$, (kJ/kgmol), of Combustion Products

| Temperature K | CO | CO ₂ | H | OH | H ₂ | H ₂ O | NO | NO ₂ | N ₂ | N ₂ O | O | O ₂ | SO ₂ | H ₂ O |
|------------------|-------|-----------------|--------|--------|----------------|------------------|--------|-----------------|----------------|------------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| 200 | -2886 | -3414 | -2040 | -2676 | -2774 | -2040 | -2951 | -3460 | -2567 | -3303 | -2196 | -2566 | -3756 | -3252 |
| 240 | -1892 | -2979 | -1299 | -1756 | -1656 | -1299 | -1742 | -2194 | -1692 | -2164 | -1298 | -1702 | -2298 | -1946 |
| 260 | -1116 | -1833 | -792 | -1120 | -1091 | -792 | -1142 | -1392 | -1110 | -1133 | -849 | -1115 | -1486 | -1279 |
| 280 | -629 | -965 | -377 | -646 | -622 | -629 | -643 | -872 | -625 | -662 | -386 | -633 | -748 | -699 |
| 298 K | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 300 | 51 | 69 | 35 | 55 | 53 | 58 | 55 | 68 | 54 | 72 | 41 | 54 | 71 | 62 |
| 320 | 638 | 522 | 454 | 634 | 639 | 454 | 652 | 816 | 636 | 854 | 478 | 645 | 881 | 735 |
| 340 | 1221 | 1594 | 1579 | 1291 | 1299 | 879 | 1245 | 1571 | 1219 | 1684 | 948 | 1254 | 1792 | 1410 |
| 360 | 1926 | 2752 | 2555 | 1847 | 1791 | 1286 | 1545 | 2347 | 1592 | 2470 | 1346 | 1525 | 2538 | 2055 |
| 380 | 2859 | 4154 | 3791 | 2442 | 2372 | 1701 | 2442 | 3190 | 2356 | 3302 | 1777 | 2425 | 3387 | 2769 |
| 400 | 2976 | 4993 | 2117 | 3032 | 2959 | 2117 | 3040 | 3927 | 2971 | 4149 | 2207 | 3025 | 4230 | 3452 |
| 420 | 3563 | 4535 | 2532 | 3627 | 3544 | 2532 | 3635 | 4738 | 3557 | 5049 | 2638 | 3629 | 5126 | 4139 |
| 440 | 4129 | 5653 | 2945 | 4219 | 4131 | 2949 | 4249 | 5537 | 4143 | 5884 | 3069 | 4236 | 6015 | 4829 |
| 460 | 4643 | 6544 | 3364 | 4819 | 4715 | 3364 | 4844 | 6332 | 4741 | 6771 | 3499 | 4845 | 6917 | 5523 |
| 480 | 5338 | 7416 | 3779 | 5404 | 5295 | 3789 | 5459 | 7129 | 5329 | 7679 | 3948 | 5463 | 7834 | 6222 |
| 500 | 5661 | 8395 | 4196 | 5992 | 5882 | 4186 | 6059 | 8009 | 5911 | 8699 | 4343 | 6054 | 8738 | 6925 |
| 560 | 7428 | 10572 | 5235 | 7385 | 6769 | 5235 | 7592 | 10349 | 7395 | 10957 | 5492 | 7633 | 11123 | 8699 |
| 600 | 8942 | 12997 | 6274 | 8943 | 8843 | 6274 | 9144 | 12338 | 8594 | 13296 | 6492 | 9244 | 13444 | 10501 |
| 660 | 10477 | 15292 | 7314 | 10423 | 10275 | 7314 | 10716 | 14882 | 10407 | 15744 | 7545 | 10559 | 16022 | 12321 |
| 700 | 12022 | 17754 | 8353 | 11992 | 11749 | 8353 | 12297 | 17269 | 11937 | 18213 | 8579 | 12499 | 18816 | 14192 |
| 760 | 13892 | 20269 | 9392 | 13899 | 13225 | 9392 | 13919 | 19871 | 13481 | 20791 | 9629 | 14156 | 21117 | 16052 |
| 800 | 15177 | 22806 | 10431 | 15389 | 14792 | 10431 | 15545 | 22136 | 15046 | 23383 | 10671 | 15535 | 23721 | 17602 |
| 860 | 16784 | 25398 | 11471 | 16984 | 16456 | 11471 | 17195 | 24641 | 16624 | 26011 | 11718 | 17391 | 26369 | 19654 |
| 900 | 18491 | 28039 | 12519 | 18585 | 17676 | 12519 | 18835 | 27179 | 18223 | 28681 | 12767 | 19241 | 29023 | 21935 |
| 960 | 20691 | 30659 | 13559 | 19412 | 19175 | 13559 | 20537 | 29749 | 19834 | 31381 | 13812 | 20965 | 31714 | 23954 |
| 1000 | 21699 | 33297 | 14609 | 20409 | 20659 | 14609 | 22229 | 32344 | 21463 | 34119 | 14869 | 22793 | 34426 | 26099 |
| 1100 | 25023 | 38554 | 16667 | 24924 | 23719 | 16667 | 25652 | 37938 | 24769 | 39647 | 16999 | 26212 | 39644 | 30191 |
| 1200 | 28439 | 44173 | 18746 | 27169 | 26797 | 18746 | 29129 | 43936 | 26499 | 45271 | 19099 | 29761 | 45461 | 34596 |
| 1300 | 31956 | 50145 | 20824 | 30341 | 29915 | 20824 | 32626 | 49331 | 31593 | 50976 | 21126 | 33344 | 50999 | 39422 |
| 1400 | 36412 | 56596 | 22992 | 33569 | 33092 | 22992 | 36164 | 55936 | 34926 | 56749 | 23212 | 36957 | 56748 | 44493 |
| 1500 | 38886 | 61795 | 24982 | 36839 | 36299 | 24982 | 39729 | 63039 | 38495 | 63857 | 25296 | 40599 | 62491 | 49451 |
| 1600 | 42388 | 67569 | 27060 | 40131 | 39511 | 27060 | 43319 | 70436 | 41994 | 69429 | 27381 | 44266 | 68123 | 52995 |
| 1700 | 46043 | 74469 | 29139 | 43502 | 42835 | 29139 | 46929 | 78441 | 45429 | 76329 | 29494 | 47955 | 73879 | 57755 |
| 1800 | 49826 | 79431 | 31217 | 46889 | 46169 | 31217 | 50557 | 86967 | 49073 | 83294 | 31647 | 51673 | 79642 | 62693 |
| 1900 | 53126 | 85419 | 33296 | 50319 | 49511 | 33296 | 54291 | 94824 | 52545 | 90216 | 33839 | 55413 | 85436 | 67796 |
| 2000 | 56744 | 91439 | 35375 | 53762 | 52951 | 35375 | 57959 | 102289 | 56137 | 98226 | 36113 | 59175 | 91259 | 72799 |
| 2100 | 60676 | 97485 | 37453 | 57243 | 56397 | 37453 | 61599 | 109311 | 59742 | 106212 | 37796 | 62964 | 97084 | 77911 |
| 2200 | 64921 | 103962 | 39532 | 60762 | 59876 | 39532 | 65212 | 116077 | 63361 | 114249 | 39678 | 66769 | 102929 | 83133 |
| 2300 | 69383 | 109669 | 41619 | 64285 | 63357 | 41619 | 68994 | 122737 | 66995 | 122354 | 41692 | 70609 | 108792 | 88421 |
| 2400 | 74021 | 115779 | 43669 | 67841 | 66925 | 43669 | 72866 | 129407 | 70649 | 130344 | 43805 | 74452 | 114829 | 93711 |
| 2600 | 79682 | 121917 | 45766 | 71419 | 70495 | 45766 | 76716 | 136085 | 74296 | 138417 | 46139 | 78325 | 121039 | 99105 |
| 2800 | 85873 | 128073 | 47846 | 75017 | 73996 | 47846 | 80664 | 142787 | 77963 | 146801 | 48216 | 82224 | 128492 | 104529 |
| 2900 | 92369 | 134246 | 49925 | 78633 | 77529 | 49925 | 84645 | 149509 | 81679 | 155366 | 50316 | 86141 | 135276 | 109973 |
| 3000 | 99074 | 140437 | 52004 | 82267 | 81069 | 52004 | 88663 | 156269 | 85323 | 164091 | 52394 | 90079 | 142392 | 115464 |
| 3200 | 9756 | 146626 | 54082 | 85915 | 85643 | 54082 | 92729 | 163069 | 89015 | 173011 | 54484 | 94096 | 149728 | 120999 |
| 3400 | 9394 | 152852 | 56161 | 89584 | 89249 | 56161 | 96825 | 170929 | 92715 | 182033 | 56574 | 98113 | 157184 | 126549 |
| 3600 | 11216 | 159199 | 58244 | 93279 | 92955 | 58244 | 100956 | 179029 | 101396 | 191266 | 58679 | 102465 | 164937 | 132165 |
| 4000 | 13669 | 219622 | 79947 | 126639 | 126574 | 79932 | 132671 | 204889 | 129927 | 244433 | 77676 | 135596 | 219145 | 153592 |
| 4500 | 14669 | 247354 | 97349 | 149921 | 146669 | 88511 | 151662 | 239766 | 145559 | 28386 | 139872 | 159572 | 249127 | 212764 |
| 5000 | 16689 | 279253 | 117733 | 168246 | 166576 | 101111 | 179739 | 286692 | 167763 | 376269 | 160222 | 186749 | 276993 | 242313 |

Converted and usually rounded off from JANAF Thermochemical Tables, NSRDS-NBS-37, 1971 (144 pp.)

4.1. Combustión del Gas natural y R-500

El combustible es un elemento primordial en nuestro proceso industrial, en la generación de vapor.

Mejorar el proceso de combustión requiere la habilidad para oxidar ciertos combustibles, lo más completo posible (tales como gas natural y R-500, entre otros); esto mejora las características de transformación de energía de las máquinas, reduce el consumo de combustible y produce emisiones más limpias.

Combustión estequiométrica .- La cantidad mínima de aire necesaria para la combustión completa de un combustible recibe el nombre de aire estequiométrico o aire teórico. De manera que cuando un combustible se queme por completo con aire teórico, no estará presente oxígeno en los gases de combustión.

Todos los productos resultantes de la reacción están en el máximo grado posible de oxidación (CO₂, H₂O, SO₂,...)

Combustible + Comburente ---> Productos

C + O₂ ---> CO₂ + 32.8 MJ/kg

H₂ + ½ O₂ ---> H₂O + 142 MJ/kg

S + O₂ ---> SO₂ + 166 MJ/kg

Combustión incompleta o imperfecta .- Resulta cuando cualquiera de los elementos del combustible, C, H o S, no es completamente oxidado en el proceso de combustión. Un proceso de combustión es incompleto si los productos de combustión contienen cualquier combustible o componente no quemado tales como C, CO, H₂ y radical OH que se reconocen por la formación de

humo espeso y hollín. Cuando la combustión es completa y sin ceniza los gases de combustión son prácticamente transparentes.

La combustión incompleta indica un uso de combustible ineficiente y por tanto es antieconómica; puede ser peligrosa, debido a que el CO es combustible y tóxico, y contribuye a la contaminación ambiental.

En la realidad si solo se suministra el oxígeno teórico la reacción no se lleva a cabo completamente o con la rapidez suficiente, dando origen a reacciones incompletas, como por ejemplo



En este caso parte de la energía calorífica de la combustión no se libera y permanece en el monóxido de carbono (CO). Se entiende como combustión incompleta aquella en que algún componente del combustible no ha llegado al grado máximo de oxidación. En la combustión incompleta no se obtiene la máxima energía disponible en el combustible.

Combustión real .- En los procesos de combustión real es una práctica común emplear mayor cantidad de aire a la estequiometricamente requerida con el fin de aumentar la oportunidad de combustión completa o para controlar la temperatura de la cámara de combustión. La cantidad de aire en exceso de la cantidad estequiométrica se llama exceso de aire.

Un exceso de aire superior al necesario para la combustión completa es perjudicial ya que este exceso se calienta durante la combustión arrastrando por la chimenea en su masa una cantidad de calor la cual se pierde. Por lo tanto hay que utilizar el menor exceso de aire posible para una combustión completa.

A continuación veamos la composición química de los combustibles, para realizar primero una combustión teórica estequiométrica y segundo una combustión incompleta, pudiendo de esta manera evaluar teóricamente los productos de combustión para ambos combustibles:

CUADRO N° 15

COMPOSICION EN VOLUMEN TIPICA DEL GAS NATURAL COMERCIAL

| COMPONENTE | COMPOSICION |
|--------------------|--------------------|
| Metano | 70 a 96 % |
| Etano | 1 a 14 % |
| Propano | 0 a 4 % |
| Butano | 0 a 2 % |
| Pentano | 0 a 0.5 % |
| Hexano | 0 a 2 % |
| Bióxido de carbono | 0 a 2 % |
| Oxígeno | 0 a 1.2 % |
| Nitrógeno | 0.4 a 1.7 % |

La mayoría de los combustibles conocidos se componen por la mezcla de muchos hidrocarburos diferentes, por conveniencia en el cálculo consideraremos uno solo.

CUADRO N° 16

| Combustible | Composición (% peso) | | |
|-------------|--------------------------|-----|-------|
| | % C | % H | % S |
| Hidrogeno | - | 100 | - |
| Gas natural | 75 | 25 | - |
| Propano | 82 | 18 | - |
| Gasolina | 85 | 15 | 0.003 |
| R-500 | 86 | 13 | 1 |
| Carbón | 60 | 12 | 0.4 |

4.1.1 Balance de materia

El oxidante empleado con mayor frecuencia en los procesos de combustión es el aire, el cual para los procesos de combustión se puede considerar compuesto aproximadamente por:

- El 21% de oxígeno y el 79% de nitrógeno en volumen o molar.
- A bajas temperaturas de combustión, el nitrógeno se comporta como un gas inerte y no reacciona; pero aun así, el nitrógeno influye de manera considerable en el resultado de un proceso de combustión, absorbiendo una gran proporción de la energía química liberada durante la combustión.

El aire que entra en una cámara de combustión puede contener algo de vapor de agua o humedad, el cual se considera como un gas inerte, pero es importante tenerlo presente ya que a bajas temperaturas este tiende a condensarse y combinado con dióxido de azufre llega a formar ácido sulfúrico, el cual es muy corrosivo.

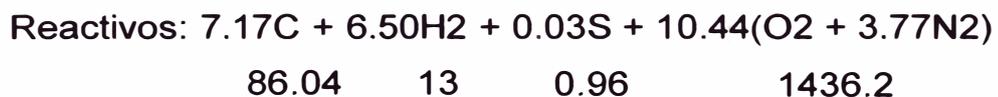
Durante un proceso de combustión, como en toda reacción química, se forman nuevos compuestos a partir de los que originaron la reacción. Sin embargo, el número de átomos y, por consiguiente, la masa de cada elemento involucrado permanece invariable. Los componentes que presentes después de la reacción se denominan productos. Las reacciones químicas se escriben en forma compacta por medio de ecuaciones químicas que tienen la siguiente forma:

Reactivos (Combustibles + oxidantes) —→ Productos (Gases de combustión)

Esto se conoce como ley de los pesos combinantes (otra forma de la ley de conservación de la masa). Basándonos en las consideraciones anteriores para los combustibles seleccionados, realizaremos las reacciones de combustión teóricas correspondientes, tomando como base 100 grs. de combustible:

CUADRO N° 17

| Combustibles | Composición | | Número Moles |
|---------------------|--------------------|----|---------------------|
| | (% peso) | | |
| Gas natural | % C | 75 | 6.25 |
| | % H | 25 | 12.5 |
| R-500 | % C | 86 | 7.17 |
| | % H | 13 | 6.50 |
| | % S | 1 | 0.03 |

Combustión del R-500

Simplificando los coeficientes estequiométricos tenemos:



Productos: $\text{CO}_2 + 0.91\text{H}_2\text{O} + 0.0042\text{SO}_2 + 5.5\text{N}_2$

44 16.38 0.27 154

Combustión del Gas Natural

Reactivos: $6.25\text{C} + 12.5\text{H}_2 + 12.5*(\text{O}_2 + 3.77 \text{N}_2)$

75 25 1719.64

Productos: $6.25\text{CO}_2 + 12.5\text{H}_2\text{O} + 47.13\text{N}_2$

275 225 1319.64

Simplificando los coeficientes estequiométricos tenemos :

Reactivos: $\text{C} + 2\text{H}_2 + 2*(\text{O}_2 + 3.77 \text{N}_2)$

16 275.12

Productos: $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 7.54\text{N}_2$

44 36 211.12

Ahora para poder comparar dichos resultados tenemos que tener las masas para ambos combustibles combustionados que generen la misma cantidad de energía, para ello recurrimos a los poderes caloríficos y a sus densidades.

CUADRO N° 18

| COMBUSTIBLES | PODER CALORIFICO | DENSIDAD |
|--------------|--------------------|--------------------------|
| Gas natural | 14395.00 Kcal./Kg. | 0.646 Kg./m ³ |
| R-500 | 10420.00 Kcal./Kg. | 3.66 Kg./Gal |

Sabemos que el consumo de R-500 por tonelada de harina producido es de 44.38 Gal/ Ton. y la producción de harina para el año 2005 fue de 22,360.90ton de harina, lo que hace un total en energía de:

- Cálculo de la energía consumida.

$$44.38 \text{ Gal./Ton} \times 22,360.90 \text{ Ton} = 992,376.74 \text{ Gal.}$$

$$99,2376.74 \text{ Gal} \times 151,700 \text{ Btu/Gal} \times 0.252 \text{ Kcal/Btu}$$

$$= 37936'974,967.416 \text{ Kcal}$$

- Cálculo del peso de Gas Natural :

$$37936'974,967.416 \text{ Kcal} / 14395.00 \text{ Kcal./Kg.}$$

$$= 2'635,427.23 \text{ Kg.}$$

- Cálculo del peso de R-500 :

$$37936'974,967.416 \text{ Kcal.} / 10420 \text{ Kcal./Kg.}$$

$$= 3'640,784.55 \text{ Kg.}$$

Cálculo del peso de los gases y vapor, tomando como referencia las reacciones anteriores y los pesos de los combustibles utilizados, para generar una misma cantidad de energía:

CUADRO N° 19

| Productos | R-500 Ton. | Gas Ton. |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Gases vapor | 55,150.08 | 47,951.59 |
| Agua proveniente de la combustión | 3,588.77 | 5,929.71 |
| Gas dióxido de carbono | 11,442.47 | 7,247.42 |
| Gas Nitrógeno | 40,048.63 | 34,774.46 |
| Oxido de azufre | 70.22 | ----- |

Se reduce la emisión de CO₂ en:

$$(1-7,247.42/11,442.47) \times 100\% = 36.6\%$$

Se reduce la emisión de N₂ en:

$$(1-34,774.46/40,048.63) \times 100\% = 13.2\%$$

Con el Gas natural no producimos SO₂

En el proceso de combustión real es difícil asegurar que la combustión sea completa incluso en presencia de exceso de aire, por lo que es imposible predecir con exactitud la composición de los productos con base solo en el principio de la conservación de masa, por lo que la única opción es medir directamente el contenido de los compuestos en los gases de combustión.

4.1.2 Estudios de Gases de chimenea

Como se menciona anteriormente, el proceso de combustión debe asegurarse que sea el más completo posible. La producción de CO en vez de CO₂ da como resultado la obtención de menos energía térmica y un desperdicio del combustible. Para el estudiar los gases de chimenea en nuestras Calderas, realizamos mediciones con el instrumento digital, cuyos resultados mostramos a continuación:



Figuras de instrumento digital

RESULTADOS DE ANALISIS DE GASES DE CHIMENEA**TESTO 325-1****18.11.2005 12:23:35****H OIL**

FT : 193.1 °C
 O2 : 5.2 %
 CO2 : 11.9 %
 CO : 150 ppm
 Effn : 91.0 %
 λ : 32.9 %
 PRES : -----
 Effg : 86.0 %

NAME : Caldera N°1**TESTO 325-1****18.11.2005 12:59:58****H OIL**

FT : 183.4 °C
 O2 : 9.6 %
 CO2 : 8.6 %
 CO : 100 ppm
 Effn : 88.4 %
 λ : 84.4 %
 PRES : -----
 Effg : 83.5 %

NAME : Caldera N°2**TESTO 325-1****18.11.2005 09:30:51****H OIL**

FT : 208.4 °C
 O2 : 3.7 %
 CO2 : 13.0 %
 CO : 88 ppm
 Effn : 90.9 %
 λ : 21.6 %
 PRES : -----
 Effg : 85.9 %

NAME : Caldera N°3**TESTO 325-1****18.11.2005 09:01:07****H OIL**

FT : 214.5 °C
 O2 : 6.3 %
 CO2 : 11.1 %
 CO : 90 ppm
 Effn : 89.0 %
 λ : 42.8 %
 PRES : -----
 Effg : 84.1 %

NAME : Caldera N°4

| <u>TESTO 325-1</u> | |
|---------------------------|-----------------|
| 18.11.2005 | 09:44:21 |
| H OIL | |
| FT : | 224.1 °C |
| O2 : | 2.8 % |
| CO2 : | 13.7 % |
| CO : | 90 ppm |
| Effn : | 90.5 % |
| λ : | 15.4 % |
| PRES : | ----- |
| Effg : | 85.5 % |
| NAME : Caldera N°5 | |

| <u>TESTO 325-1</u> | |
|---------------------------|-----------------|
| 18.11.2005 | 10:30:58 |
| H OIL | |
| FT : | 223.0 °C |
| O2 : | 3.0 % |
| CO2 : | 13.6 % |
| CO : | 128 ppm |
| Effn : | 89.5 % |
| λ : | 16.4 % |
| PRES : | ----- |
| Effg : | 84.6 % |
| NAME : Caldera N°6 | |

Sabemos que el calor generado por una reacción de combustión se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\sum n_P (h_f^\circ + \Delta h)_P - \sum n_R (h_f^\circ + \Delta h)_R = Q$$

Donde:

- n_P y n_R son los coeficientes de la ecuación de reacción (moles de productos y reactivos por mol de combustible).
- h_f° es la entalpía de formación a temperatura y presión standard.
- Δh cambio de entalpía desde la temperatura standard.

Cada componente de los productos de combustión se comporta como un gas ideal, la contribución a la entalpía de los productos depende solamente de la temperatura de los productos.

Combustión del R-500

Reactivos: $C + 0.91H_2 + 0.0042S + 1.46O_2$

Productos: $CO_2 + 0.91H_2O + 0.0042SO_2$

Q: -10420.00 Kcal./Kg.

Combustión del Gas Natural

Reactivos: $CH_4 + 2O_2$

Productos: $CO_2 + 2H_2O$

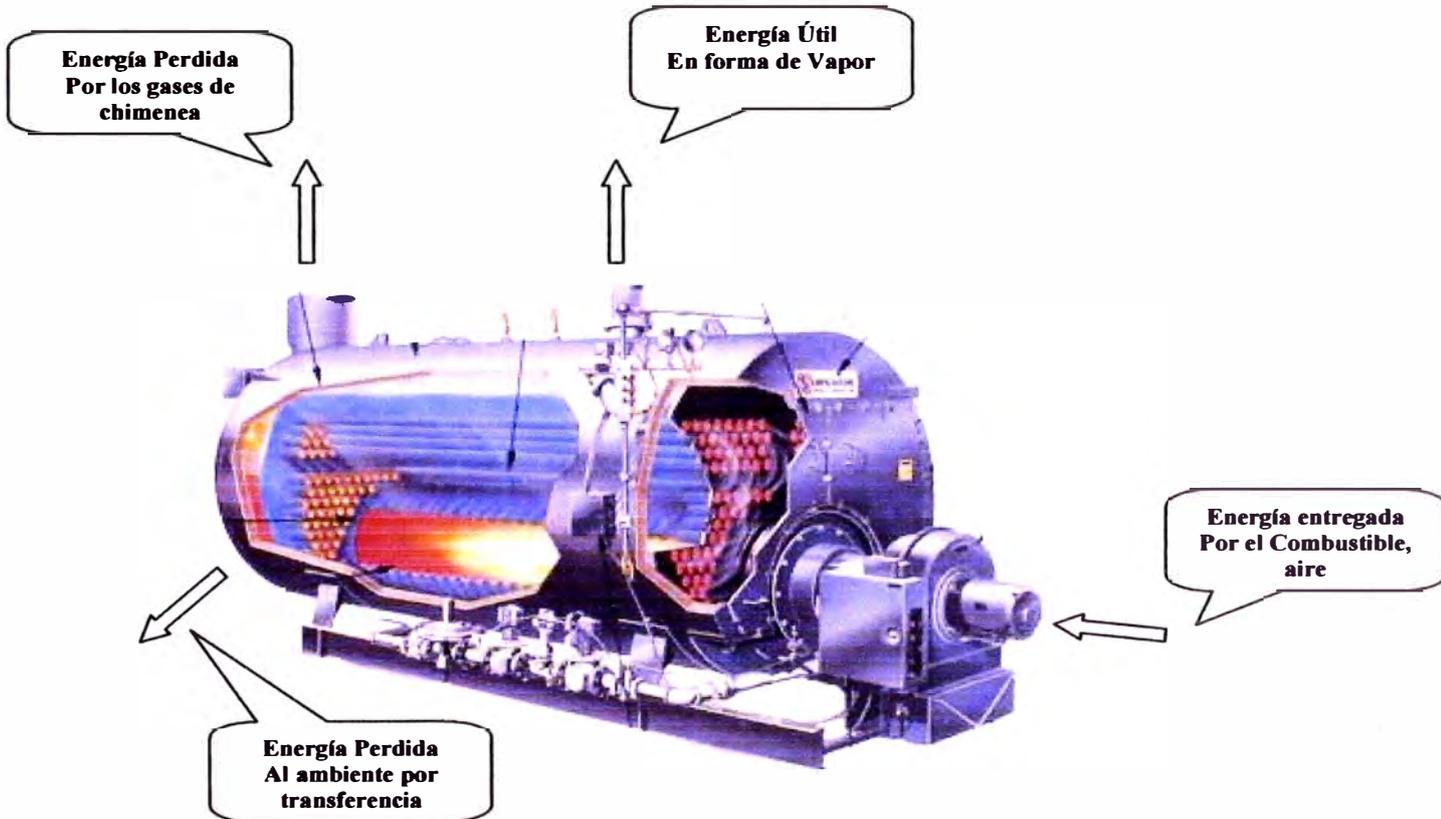
Q: -14395.00 Kcal./Kg.

Normalmente se analiza el porcentaje del contenido de oxígeno (%O₂) para poder determinar el exceso de aire con el que está operando la caldera:

$$\% E = (N - 1) \times 100\%$$

$$N = 21 / (21 - \%O_2)$$

4.2. Balance Energético de la Calderas



4.2.1.1. Cálculos de térmicos

El rendimiento de un caldero es la relación entre la cantidad de calor Q_v que se transfiere al agua o fluido térmico (calor útil) y el calor total Q_t aportado al sistema.

La ecuación general utilizada para la determinación del rendimiento es por lo tanto:

$$N = QV / Qt \Leftrightarrow 100 \times QV / Qt \%$$

La cantidad de calor QV del numerador en la fórmula está constituido por el contenido de calor total del vapor a la salida del caldero, absorbido.

El denominador Q_t esta conformado básicamente por el calor aportado por el combustible y el calor sensible del aire de combustión.

Existen 02 métodos para determinar el rendimiento de un caldero:

Método Directo.-

Como su nombre lo indica, consiste básicamente en medir directamente los flujos de ingreso y salida de calor al sistema, obteniendo los valores de Q_t y Q_v .

Exige la disponibilidad de instrumentos de medición adecuados para registrar el volumen, presión, temperatura y composición, en el caso de aire y combustible, y la presión y cantidad del vapor producido. La ecuación aplicable en este método es la siguiente:

$$n = \frac{C_v}{Q} (100) = \frac{V (h_v - h_a)}{C \times H_i} \times 100$$

Donde:

n : Rendimiento del caldero expresado en %

V : Cantidad de vapor Kg/hr

h_v : Entalpía del vapor en Kcal/Kg

h_a : Entalpía del agua de alimentación en Kcal/kg

C : Cantidad de combustible en Kg/hr

H_i : Poder calorífico inferior del combustible en Kcal/kg

Método Indirecto.- A la inversa del método directo, consiste en medir las pérdidas de calor en el sistema y

por diferencia respecto al calor total que ingresa Q_t calcular el valor del calor útil contenido en el vapor Q_V .

Las pérdidas que se determinan para el cálculo son las mismas que exige la elaboración del balance térmico y se encuentran incluidas en la siguiente fórmula:

$$n' = 100 - P_g - P_i - P_r - P_p$$

Donde:

P_g : Pérdidas con los gases de chimenea

P_i : Pérdidas por in quemados (sólidos y gaseosos)

P_r : Pérdidas por radiación y convención

P_p : Pérdidas por purgas

4.2.1.2. Diagrama de Sankey

El Diagrama de Sankey es una forma grafica de presentar las condiciones energéticas de operación de un caldero, que resulta de gran utilidad práctica para apreciar la distribución del calor que ingresa al sistema, permitiendo comparar la proporción de cada una de las perdidas y el calor útil que sale con el vapor.

Constituye básicamente una representación grafica del balance térmico del caldero, como puede apreciarse en ele esquema adjunto:

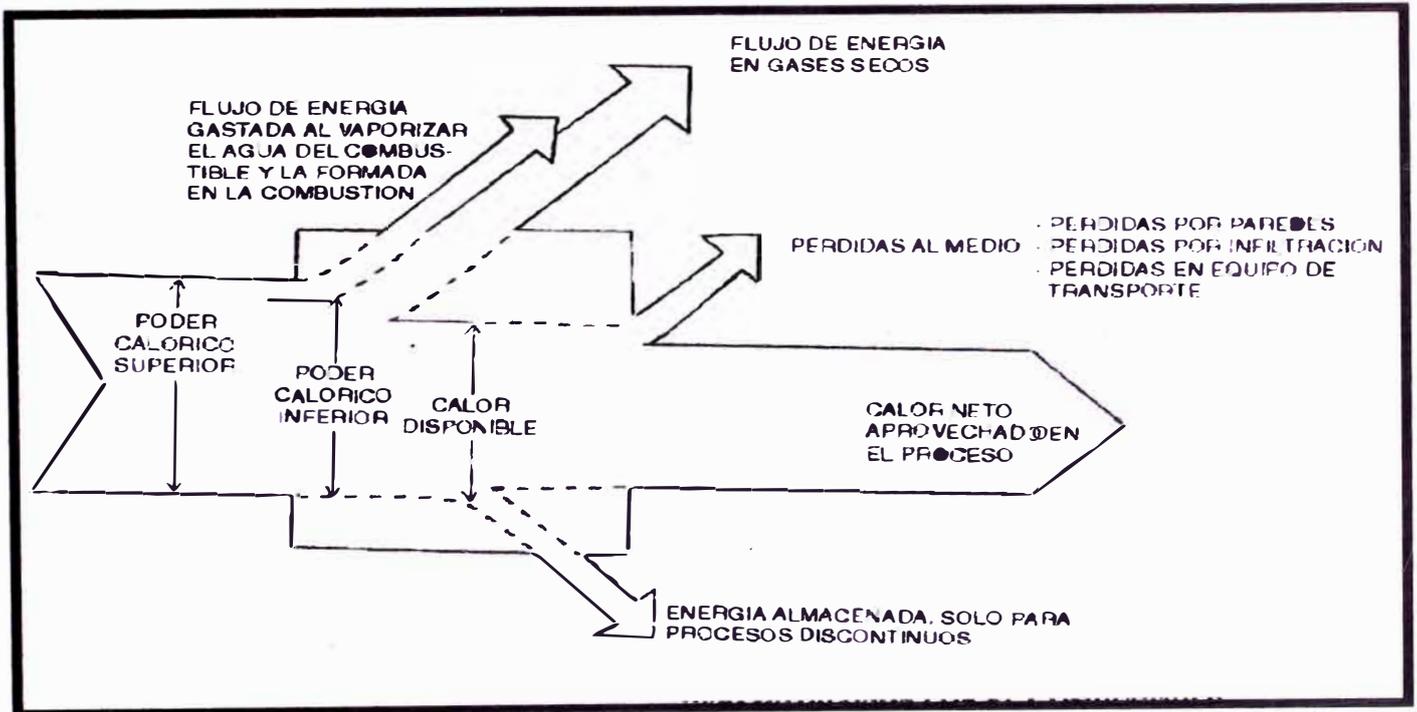


DIAGRAMA DE SANKEY

EFICIENCIA TERMICA DE CALDERAS

¿Qué impide que la mayoría de las calderas logren una eficiencia optima?

Existen una serie de barreras tales como:

- Técnicas
- Organizacionales
- Económico-financieras (altas inversiones)

Barreras Técnicas:

- Conocimiento limitado de técnicas de eficiencia en calderas
- Falta de prácticas eficientes de mantenimiento
- Antigüedad

Barreras Organizacionales:

- Resistencia al cambio
- Malas experiencias por proyectos de eficiencia mal realizados.
- Falta de cultura de eficiencia empresarial.

Barreras Económico-financieras:

- Falta de mecanismos financieros apropiados
- Menor costo-efectividad comparado con otras opciones de inversión
- No se “visualiza” en la contabilidad

OPCIONES TECNOLOGICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LAS CALDERAS

- 1) Medidas de buenas prácticas de gestión (good housekeeping)
- 2) Medidas de inversión

BENEFICIOS EN CALDERAS



Cuadro de beneficio en calderas

Beneficios:

- Las calderas en el Perú consumen aprox. 1.2 Millones TEP/año
- Las buenas prácticas permiten ahorrar 4.2% de energía:
 - 50 Mil TEP/año
 - 185 Mil Ton gases tóxicos
- Las tecnologías de inversión permiten ahorrar 7.3% de energía:

- 88 Mil TEP/año
- 321 Mil Ton gases tóxicos

En el sector industrial los combustibles de mayor consumo en las calderas son los :

- Petróleos Residuales (PR-500, PR-6, PR-5 y PR-4) : 65,4%
- Diesel 2 : 25,6%

El 80,5% de la potencia instalada de calderas consume petróleo Industriales

CUADRO N° 20

CONSUMO DE ENERGIA EN LAS CALDERAS INDUSTRIALES INSTALADAS A NIVEL NACIONAL

| COMBUSTIBLE | NUMERO DE CALDERAS | CAPACIDAD (MW) | CONSUMO DE COMBUSTIBLE (TJ/año) |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| Residual (4,5,6,500) | 940 | 6,239 | 41,533 |
| Diesel 2 | 652 | 968 | 3,164 |
| Otros | 99 | 710 | 6,384 |
| TOTAL | 1,691 | 7,917 | 51,081 |

Las calderas consumen el 46% del total de la energía de la industria peruana 112,217 TJ/año

CAPITULO V

5. INGENIERIA DEL PROYECTO

Los cálculos y los criterios de selección para equipos y accesorios en la instalación están basados en las Normas Técnicas siguientes:

5.1. NORMATIVIDAD LEGAL

5.1.1. Marco legal del Gas Natural

Ley Orgánica de Hidrocarburos N° 26221

A través de la Dirección General de Hidrocarburos (DGH), el Ministerio de Energía y Minas cumple entre otros, los objetivos específicos siguientes:

- Promover el uso del gas natural en el país a fin de que en el plazo más corto posible sea un combustible de uso masivo.
- Y continuar con la política de respeto y cuidado del Ambiente.

Ley N° 27133

Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural.

- Declara de interés nacional y necesidad pública el fomento y desarrollo de la industria de Gas natural.

DS N° 042-99-EM para Consumidores

- Regulado consume volúmenes menores a 30,000m³/día. Sólo puede comprar gas al concesionario o al Comercializador.
- Independiente consume volúmenes mayores a 30,000 m³ /día por un plazo contractual no menor a 6 meses.
- Puede comprar gas directamente del Productor, Comercializador o Concesionario.

5.1.2. NORMA NTP 111.001.2003 Terminología Básica

Contiene definiciones de términos para el proyecto, se encuentra en el anexo.

5.1.3. NORMA NTP 111.010.2003 Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales

El comité Técnico de Normalización de Gas Natural Seco, presento a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales CRT, con fecha 2003-07-18, el PNTP 111.010:2003, para su revisión y aprobación; siendo sometido al etapa de Discusión Publica el 2003-08-20. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 111.01:2003 Gas Natural Seco, Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales. Se encuentra en el anexo.

5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GAS

5.2.1. Cálculos de accesorios y equipos para la instalación a gas.

El cálculo se hará referido a los consumos nominales de combustible para cada caldera y no del consumo real, ya que estas se alimentan de combustible desde un solo tanque diario de R-500:

CUADRO DE RESISTENCIA DE CODOS, ACCESORIOS Y VALVULAS PARA GAS NATURAL EXPRESADA EN LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA RECTA EN METRO

| Nominal pipe size in (Schedule 40) | Inside diameter (d) mm | Threaded fittings† | | Valves (threaded, flanged, or welded) | | | | | 90° welding elbows and smooth bends‡ | Welding tees | |
|------------------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|
| | | Elbows | | Tee | Plug | Globe | Angle | Swing check | R/d§ = 1-1/2 | Forged | Mitre** |
| | | 45° | 90° | | | | | | | | |
| k factor = | | 0.42 | 0.9 | 1.8 | 0.9 | 10 | 5 | 25 | 0.36 | 1.35 | 1.8 |
| n = L/D ratio†† = | | 14 | 30 | 60 | 30 | 333 | 167 | 83 | 12 | 45 | 60 |
| | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3/8 | 12.52 | 0.18 | 0.37 | 0.75 | 0.37 | 4.18 | 2.09 | 1.04 | 0.15 | 0.56 | 0.75 |
| 1/2 | 15.80 | 0.22 | 0.47 | 0.94 | 0.47 | 5.27 | 2.64 | 1.29 | 0.19 | 0.17 | 0.94 |
| 3/4 | 20.93 | 0.29 | 0.63 | 1.26 | 0.63 | 6.98 | 3.47 | 1.74 | 0.25 | 0.94 | 1.26 |
| 1 | 26.64 | 0.37 | 0.80 | 1.60 | 0.80 | 8.87 | 4.45 | 2.22 | 0.32 | 1.20 | 1.60 |
| 1-1/4 | 35.05 | 0.49 | 1.05 | 2.10 | 1.05 | 11.67 | 5.82 | 2.92 | 0.42 | 1.58 | 2.10 |
| 1-1/2 | 40.89 | 0.49 | 1.23 | 2.45 | 1.23 | 13.62 | 6.83 | 3.41 | 0.49 | 1.84 | 2.45 |
| 2 | 52.50 | 0.73 | 1.58 | 3.14 | 1.58 | 17.50 | 8.75 | 4.39 | 0.63 | 2.36 | 3.14 |
| 2-1/2 | 62.71 | 0.88 | 1.88 | 3.75 | 1.88 | 20.88 | 10.45 | 5.21 | 0.75 | 2.82 | 3.75 |
| 3 | 77.93 | 1.09 | 2.34 | 4.66 | 2.34 | 25.97 | 12.98 | 6.49 | 0.94 | 3.51 | 4.66 |
| 4 | 102.3 | 1.23 | 3.08 | 6.16 | 3.08 | 34.14 | 17.07 | 8.53 | 1.23 | 4.60 | 6.16 |
| 5 | 128.2 | 1.79 | 3.84 | 7.68 | 3.84 | 42.67 | 21.33 | 10.67 | 1.54 | 5.76 | 7.68 |

Dimensionamiento de la línea de entrega de la red principal:

| POTENCIA TERMICA BHP | CONSUMO DE GAS NATURAL pie ³ /h cond. Standard (15,5 °C, y 14,73 psia) | CONSUMO TOTAL GAS NATURAL pie ³ /h |
|----------------------------|---|---|
| 900 | 37800 | 205800 |
| 800 | 33600 | |
| 700 | 29400 | |
| 600 | 25200 | |
| 500 | 21000 | |
| 400 | 16800 | |
| 1000 | 42000 | |

Futura ampliación

Según Norma la condición de velocidad debe ser siempre menor de 30 m/s :

Inicialmente suponemos una velocidad de :

| | | |
|---|---------|-----------|
| Q = | 205,8 | MPCSH |
| P ₁ = | 264,7 | psia |
| P ₂ = | 214,7 | psia |
| Factor P ₁ ² - P ₂ ² = | 23970 | psia |
| G = | 0,6 | |
| L = | 6560 | pies |
| T = | 500 | °R |
| Z = | 0,98 | |
| Factor (GLTZ) = | 1928640 | |
| Tb = | 520 | °R |
| Pb = | 14,65 | psia |
| Factor (Tb/Pb) = | 35,49 | °R / psia |
| Factor ((P ₁ ² - P ₂ ²) / GLTZ) ^{1/2} = | 0,11148 | |
| Q = 1,3124 x (Tb/Pb) x ((P ₁ ² -P ₂ ²)/(GTLZ)) ^{1/2} x D ^{8/3} | | |
| Despejando D de la ecuación de WEYMOUTH tenemos | | |
| D = | 4,0 | pulg |

Verificación de velocidad :

| | | |
|------------------------------------|--------|-----|
| V = Q / A | 202,27 | m/s |
| Factor de corrección por presión : | 14,65 | |
| V = | 13,81 | m/s |

Con lo que la solicitud sería de 5,827 m³/hr, calificándonos como cliente regulado según Calidda.

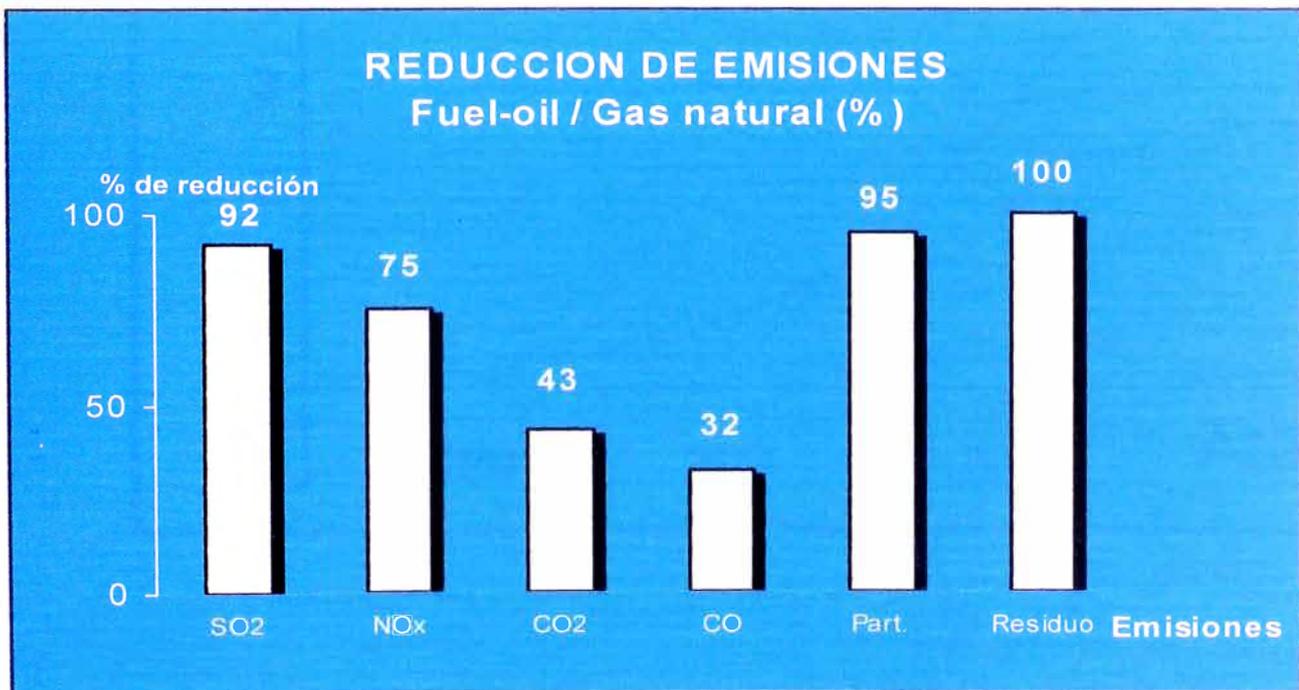
5.2.2. Selección de equipos y accesorios para la instalación a gas

La selección de los accesorios esta realizada en el presupuesto, que la empresa TIS nos presenta .

5.3. Estudio de impacto ambiental

El impacto sobre la calidad de vida de 350,000 habitantes en Chimbote que son afectados por el 60% de la industria ubicada en zonas urbanas, la cual provoca enfermedades respiratorias y alérgicas.

5.3.1. Emisión de gases



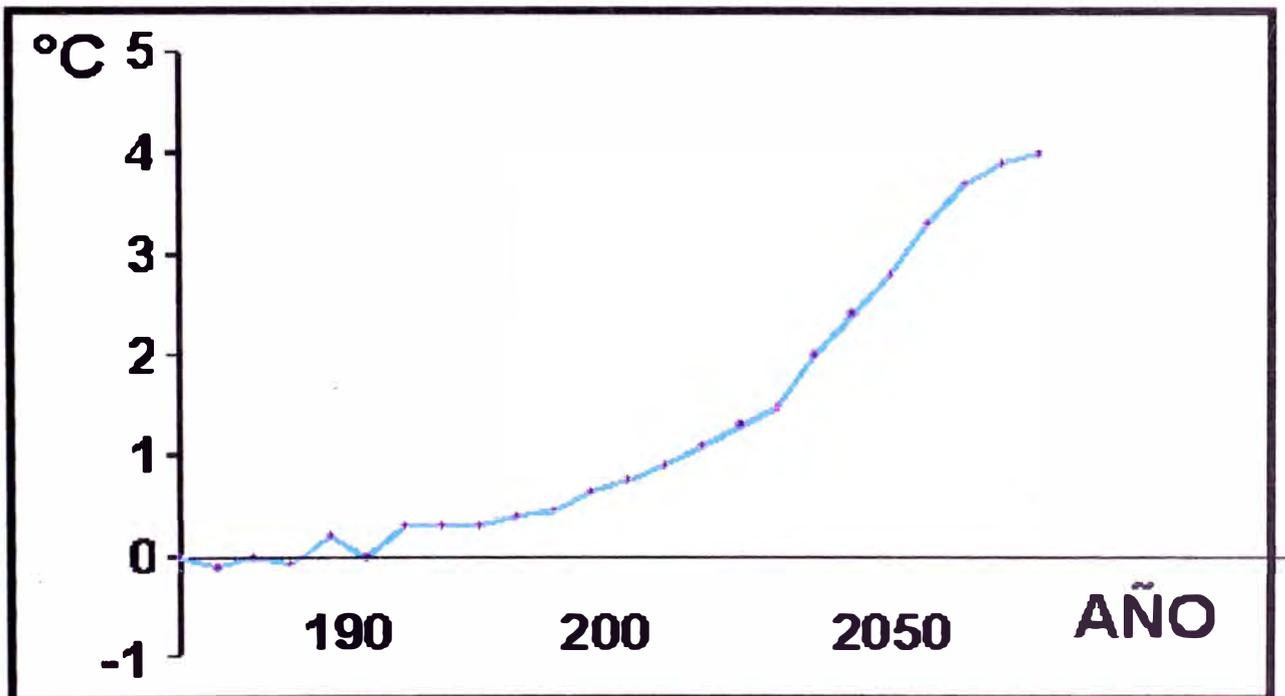
Cuadro de emisión de emisiones (Cap.5)

5.3.2. Efecto invernadero

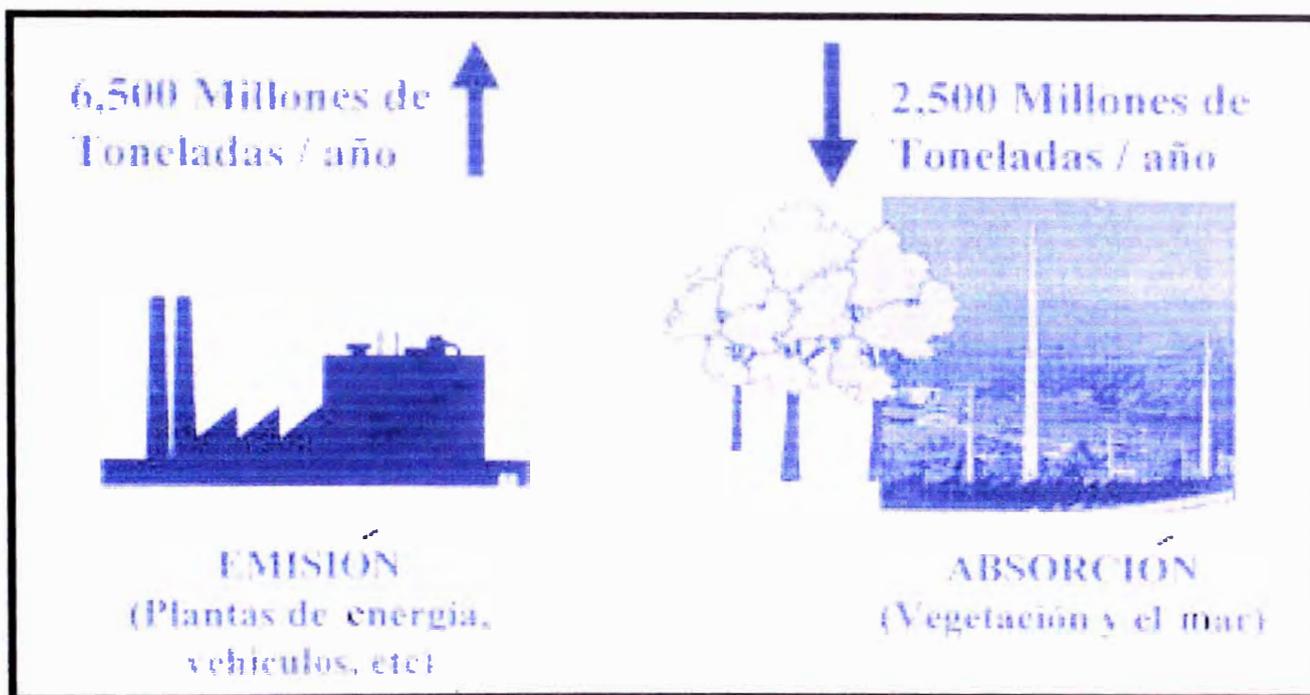
El Sol calienta la tierra parte de este calor, en vez de escapar de nuevo al espacio, es atrapado en la Tierra por las nubes y los GEI, el incremento de los GEI, hace que una mayor cantidad de calor sea atrapado en la atmósfera.

Una de las consecuencias más dañinas del uso de combustibles fósiles es el efecto invernadero como consecuencia del alto contenido de dióxido de carbono CO₂ en la atmósfera.

**CUADRO DE LA TEMPERATURA DEL PLANETA DURANTE
LOS ULTIMOS 100 AÑOS VIENE AUMENTANDO DEBIDO
AL EFECTO INVERNADERO**



CUADRO DE DESBALANCE MUNDIAL ENTRE LA EMISION Y ADSORCION DE CO2



5.3.3. Leyes sobre medio ambiente

Las leyes nacionales sobre estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles solo están aprobadas para los sectores de:

- Energía y minas
- Transportes y comunicaciones
- Y para el sector de producción solo en las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel, mas no aun para el sector pesca.

Estándares Nacionales de Calidad ambiental del Aire

(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico. NE significa no exceder)

| Contaminantes | Periodo | Forma del estándar | | Método de análisis |
|----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|---|
| | | Valor | Formato | |
| Dióxido de Azufre | Anual | 80 | Media aritmética anual | Fluorescencia UV (método automático) |
| | 24 horas | 365 | NE más de 1 vez al año | |
| PM-10 | Anual | 50 | Media aritmética anual | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |
| | 24 horas | 150 | NE más de 3 veces/año | |
| Monóxido de Carbono | 8 horas | 10000 | Promedio móvil | Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático) |
| | 1 hora | 30000 | NE más de 1 vez/año | |
| Dióxido de Nitrógeno | Anual | 100 | Promedio aritmético anual | Quimiluminiscencia (Método automático) |
| | 1 hora | 200 | NE más de 24 veces/año | |
| Ozono | 8 horas | 120 | NE más de 24 veces/año | Fotometría UV (Método automático) |
| Plomo | Anual ² | | | Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica) |
| | Mensual | 1.5 | NE más de 4 veces/año | |
| Sulfuro de Hidrógeno | 24 horas ² | | | Fluorescencia UV (Método automático) |

¹ O método equivalente aprobado

² A determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del presente reglamento

CAPITULO VI

6. EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO PARA EL PROYECTO

6.1. Presupuesto de equipos y accesorios para la instalación a gas

| ITEM | CANT. | DESCRIPCION DE ACCESORIOS | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|--------------------------------------|-------|--|-----------------|--------------------|
| 01 | 1 | Kit de conversión a gas natural | 23,200.00 | 23,200.00 |
| 02 | 1 | Estación de regulación secund. | 3,800.00 | 3,800.00 |
| 03 | 1 | Instalación y puesta en marcha | 2,250.00 | 2,250.00 |
| COSTO POR CALDERA : | | | | \$29,250.00 |
| COSTO TOTAL POR 6 CALDERAS : | | | | \$175,500.0 |
| 04 | 1 | Estación de regulación y medic. | 51,500.00 | 51,500.00 |
| 05 | 1 | Cercado de la ERM | 7,850.00 | 7,850.00 |
| 06 | 1 | Diseño e instalación de redes internas a Gas natural | 37,200.00 | 37,200.00 |
| COSTO TOTAL DE LA INVERSION : | | | | \$272,050.0 |

6.2. Recuperacion de la inversion y beneficios logrados

Monto Total de la inversion : 272,050.00 \$
Taza de interes : 25% ANUAL
Horizonte del proyecto: 6 AÑOS
Periodo de evaluacion : 24 MESES

| N° PERIODO | DESEMBOLSOS REALIZADOS | INTERES GENERADO | SALDO DE INVERSION | AHORRO RECUPERO | FLUJO DE CAJA |
|------------|------------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| 0 | 68,012.50 | | 68,012.50 | | -68,012.50 |
| 1 | 68,012.50 | 1,416.93 | 137,441.93 | | -68,012.50 |
| 2 | 68,012.50 | 2,863.37 | 208,317.80 | | -68,012.50 |
| 3 | 68,012.50 | 4,339.95 | 280,670.25 | | -68,012.50 |
| 4 | | 5,847.30 | 263,157.01 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 5 | | 5,482.44 | 245,278.91 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 6 | | 5,109.98 | 227,028.34 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 7 | | 4,729.76 | 208,397.56 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 8 | | 4,341.62 | 189,378.64 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 9 | | 3,945.39 | 169,963.48 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 10 | | 3,540.91 | 150,143.85 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 11 | | 3,128.00 | 129,911.30 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 12 | | 2,706.49 | 109,257.25 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 13 | | 2,276.19 | 88,172.90 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 14 | | 1,836.94 | 66,649.30 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 15 | | 1,388.53 | 44,677.28 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 16 | | 930.78 | 22,247.52 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 17 | | 463.49 | -649.53 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 18 | | -13.53 | -24,023.61 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 19 | | -500.49 | -47,884.64 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 20 | | -997.60 | -72,242.78 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 21 | | -1,505.06 | -97,108.38 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 22 | | -2,023.09 | -122,492.01 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 23 | | -2,551.92 | -148,404.46 | 23,360.54 | 23,360.54 |
| 24 | | -3,091.76 | -174,856.77 | 23,360.54 | 23,360.54 |

Tasa interna de retorno

Valor actual neto

Periodo recuperacion de inversion

TIR :

VAN :

PIR :

2%

\$108,154.75

1.1/2 años

CONCLUSIONES

1. Con la conversión a gas natural, hemos podido reducir el costo de generación de vapor por consumo de combustible en un 35.6% y en operación y mantenimiento en un 75%, lo cual nos lleva a una reducción del 62.6% dentro de los 9.87% de participación en el costo de producción por tonelada de harina.
2. Con la conversión a gas natural disminuimos la generación de dióxido de carbono en un 36.6%, la del óxido de azufre en un 13.2%, con lo que aportamos a la preservación del medio ambiente.
3. Con la conversión a gas natural reducimos nuestros costo de producción dando un mayor margen a la utilidad, con lo que no tendremos necesidad de sobre explotar nuestro recurso marino dando un desarrollo sostenible al sector pesca quien es el segundo de mayor aporte de divisas a nuestro país.
4. Y finalmente con la conversión a gas natural aportamos a la balanza comercial de hidrocarburos que se encuentra en déficit, consumiendo lo nuestro sin tener necesidad de importar petróleo para nuestra industria nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Operación y Mantenimiento de Calderos industriales (Curso auspiciado por REPSOL).
- Manual de laboratorio de Ingeniería Mecánica III UNI.
- Curso de vapor Spirax Sarco.
- I Seminario de Calderas Industriales UNMSM.
- Manual de Eficiencia Energética de Calderas Industriales INTINTEC.
- Instalaciones de Gas natural POCOBRE CHILE
- Instalaciones internas para Gas Natural UNIGAS FIM.
- Revista rumbo Pesquero de la SNP
- Revista Desde adentro de la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía.
- Manual Selmec de Calderas
- Paginas WEB

www.calidda.com.pe

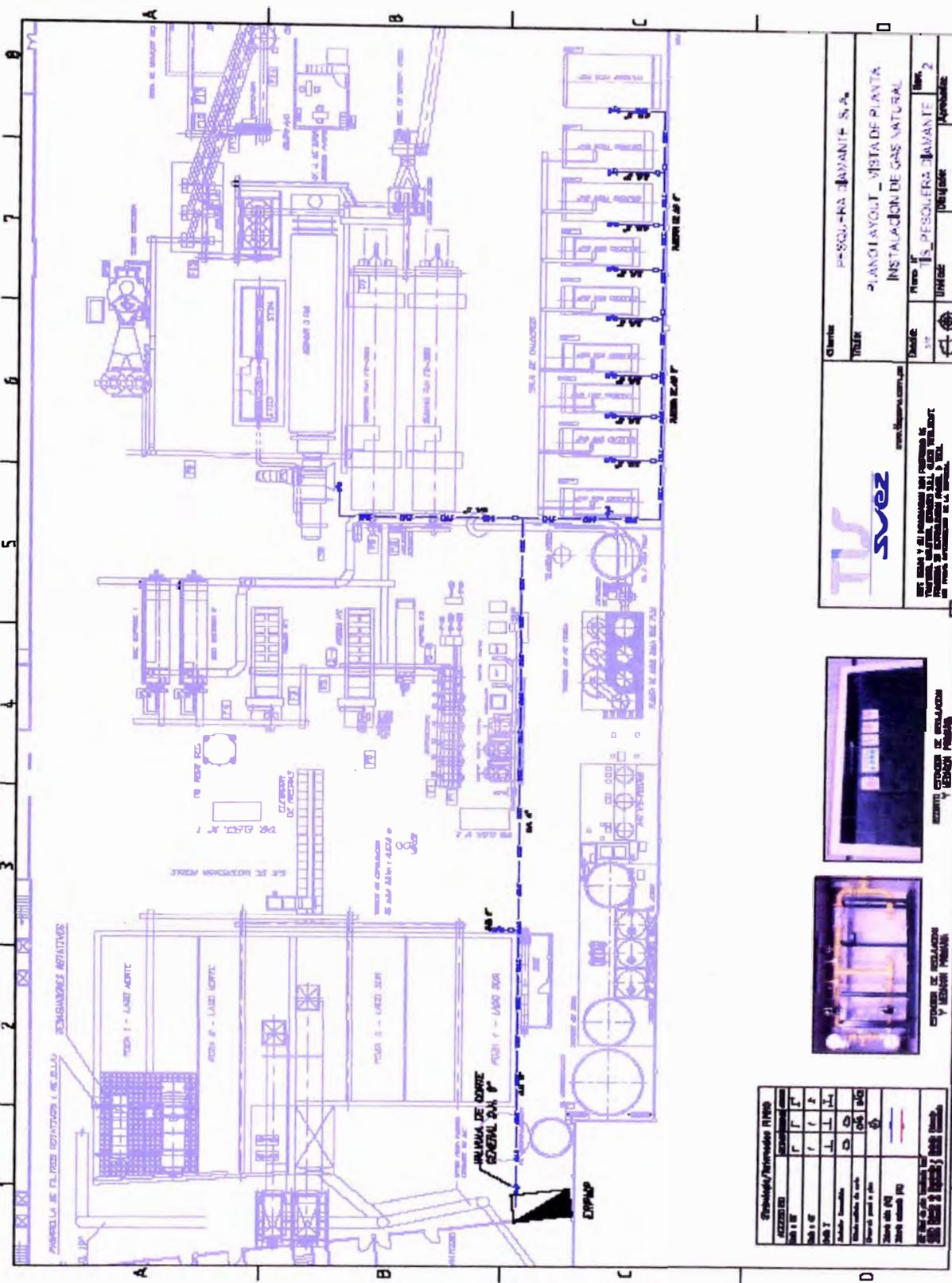
www.mim.gob.pe

www.shell.com.pe

www.tiss.com.pe

www.indecopi.gob.pe

PLANOS



Cliente: PESQUERA MARAVANTE S.A.
TITULO: PLANO LAYOUT - VISTA DE PLANTA
INSTALACION DE GAS NATURAL
Unidad: PISO 2
UNIFICADO: 1111
UNIFICADO: 1111



Simbología/Propiedades (PISO)

| ACCIONES | LINEAS | TIPO |
|----------|--------|------|
| M 1.1 | 1 | 1 |
| M 1.2 | 1 | 2 |
| M 1.3 | 1 | 3 |
| M 1.4 | 1 | 4 |
| M 1.5 | 1 | 5 |
| M 1.6 | 1 | 6 |
| M 1.7 | 1 | 7 |
| M 1.8 | 1 | 8 |
| M 1.9 | 1 | 9 |
| M 1.10 | 1 | 10 |
| M 1.11 | 1 | 11 |
| M 1.12 | 1 | 12 |
| M 1.13 | 1 | 13 |
| M 1.14 | 1 | 14 |
| M 1.15 | 1 | 15 |
| M 1.16 | 1 | 16 |
| M 1.17 | 1 | 17 |
| M 1.18 | 1 | 18 |
| M 1.19 | 1 | 19 |
| M 1.20 | 1 | 20 |

SEÑALES Y SIMBOLOS:
 - Línea roja: Línea de vida
 - Línea azul: Línea de agua
 - Línea verde: Línea de gas
 - Línea amarilla: Línea de electricidad
 - Línea negra: Línea de estructura

ESTRUCTURA DE ARRANQUE Y SERVIDOR PRINCIPAL

ESTRUCTURA DE REGULACION Y SERVIDOR PRINCIPAL

APENDICE

Maxon Shut-Off and Vent Valves General Purpose



2 1/2" Series 600
position "TD"



2" Series 600-CP
position "H"
with stainless steel body



2 1/2" Series 170-4CP
position "R"

- Electrically actuated valves shut off gas or oil lines reliably
- Normally open versions available for vent or process purge lines with Maxon's long-lasting metal-to-metal seating
- Application flexibility provided with 3/8" through 6" diameter line sizes, C_v flow factors up to 1230, and line pressures up to 600 PSIG
- All Maxon top assembly enclosures meet approval sanctions:
 - NEMA 1, 3, 3B, 4, and 12; CSA 2, 4, and 5; Available with NEMA 4X trim (optional)

MAXON
CORPORATION

201 East 18th Street, P.O. Box 2069, Mishawaka, Indiana 47307-4069, Phone: (755) 298-5300, FAX: 755-298-6226

Normally open or normally closed valves



4" Series 5000-90P
position -1



1.5" Series 3704M
position -1



4" Series 7000
position -1

- Sanctioned service valve approvals:
 - FM (Factory Mutual) sanctioned
 - UL (Underwriters Laboratories) sanctioned
 - CGA (Canadian Gas Association) sanctioned
 - IRI (Industrial Risk Insurers) approvable for back/bleed/vent systems
 - Contact your Maxon sales representative for international sanction information
- Handles flowing fluid temperatures:
 - Rising stem bodies from -20°F (-28°C) to $+140^{\circ}\text{F}$ ($+60^{\circ}\text{C}$)
 - Swinging gate bodies from -20°F (-28°C) to $+660^{\circ}\text{F}$ ($+349^{\circ}\text{C}$)
 - Any ambient temperature from -20°F (-28°C) to $+140^{\circ}\text{F}$ ($+60^{\circ}\text{C}$)
- Valve body connections designed to ANSI (American National Standards Institute) standards, ISO (International Standards Organization) standards also available
- Various application requirements met with manual reset or automatic reset actuator operators.
- Minimize line pressure drops with straight-through flow swinging gate or rising stem (guillotine action) valve bodies

Maxon Valves – large or small, gas or oil, open or closed



V¹ Series 2390G
position "L"



V¹ Series 2730
position "TC"



V¹ Series 760
position "L"

- Minimal field maintenance required.
 - Positive visual indication of valve body position is provided by large two-color open-shut indicator.
 - Bodies built for heavy duty industrial service of one-piece cast iron, cast steel or cast stainless steel.
 - Installation piping convenience obtained from field rotatable top assemblies.
 - Special operating features available in Special Service Packaged versions.
 - Micro-lapped seating wears in, not out.
-

Accessory Options

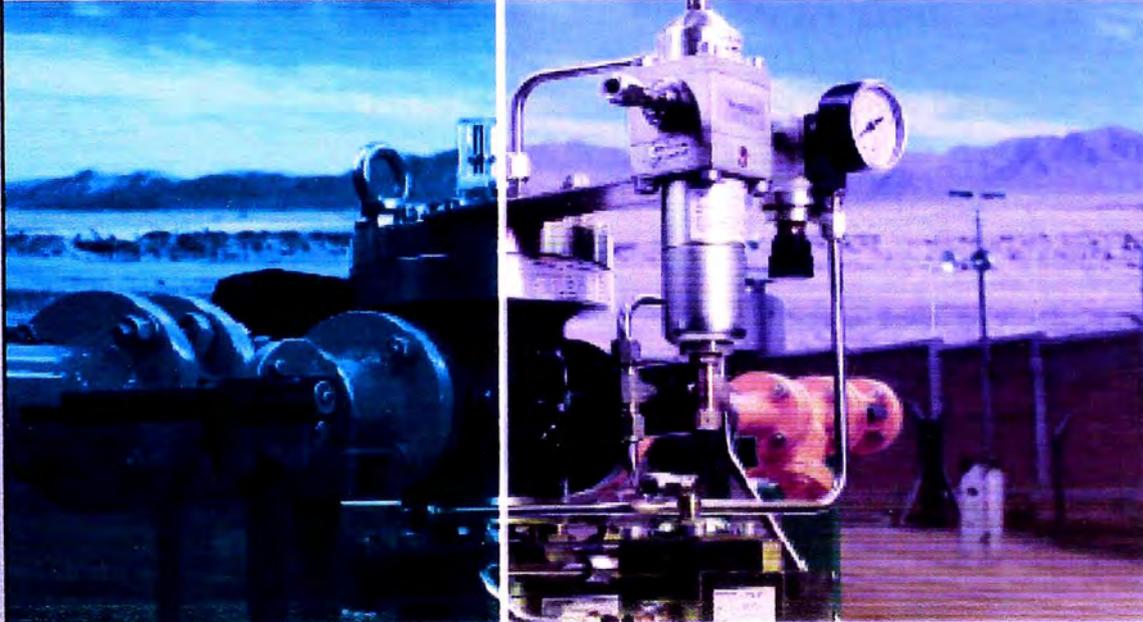


*1.25" Series 200
Position -R"
with wheel & chain assembly*



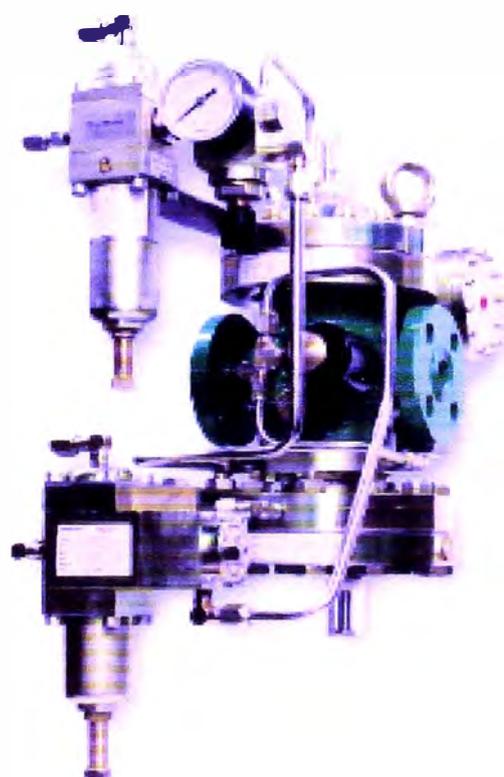
*1" Series 2500
Position -L"
with cocker welded nipple & flange*

- **Positive indication of valve body position provided through:**
 - Auxiliary SPDT and DPDT signal switches mounted inside valve top enclosure.
 - Proof-of-open and/or Proof-of-closed position switches.
- **Built-in over travel valve body design** meets requirements of insurance standards.
- **External junction box requirement eliminated** with built-in valve wing compartment and electrical terminal block.
- **Manual reset valves may be mounted in overhead lines** with use of wheel and chain option.
- **Companion flange sets available** to simplify installation.



Regulador Integrado TA-956
Integrated Regulator TA-956

Regulador Integrado Modelo TA-956 Integrated Regulator Type TA-956



Reguladores de Presión / Pressure Regulators

Especificaciones | Manufacturing Specifications

Datos Técnicos | Technical Data

Conexión | Connection

Enchufe | Flanged

Materiales | Materials

Cuerpo principal | Frame body

Fundición nodular #750 | Nodular iron #750
Acero al Carbono ASTM A 216 WCB #600-600
Carbon Steel ASTM A 216 WCB #600-600

Acero | Frame

Acero inoxidable y elastómeros
Stainless and elastomer

Regulador Integrado Modelo TA-956 Integrated Regulator Type TA-956

Funcionamiento | Performance

La familia de reguladores integrados Torrance Americana Modelo TA-956 son auto-reguladores presurizados sobre una sola o baja presión de entrada que integran un proceso de calidad de extremo a extremo.

Estos compuestos por un cuerpo principal acero o que se integran las capacidades reguladoras operativas fall to open, fall to close y bloqueo con sus correspondientes alambres cerrando una gran variedad de funciones según las necesidades operativas desde un solo regulador hasta dos reguladores y válvulas integradas.

Los modelos reguladores y o válvulas operan con precisión y exactitud como un solo instrumento entre sí y con sus propios alambres funcionando realmente como distintos unidades de regulación y válvulas.

Con los reguladores integrados TA-956 se puede realizar la modificación de las tasas de los alambres a distancia. Los equipos admiten su conexión con sistemas de control más complejos como el SCADA o similares.

Como accesorios adicionales a línea de reguladores TA-956 dispone de la posibilidad de incorporar válvulas de Internos para operar a altas presiones en el caso de operar a valores superiores por las normas vigentes.

Type TA-956 integrated regulators by Torrance Americana are self-regulated gas pressure regulators suited for high or low inlet pressures that deliver comprehensive pressure downstream.

They are composed of a main body in which fall to open, fall to close, sensitive regulating heads and CVV are integrated, each with their corresponding wires. This structure provides great versatility of functions depending on the various operative requirements. It can vary from only one regulator to two or incorporate safety shut-off valve.

Regulating heads and CVV operate with each and others completely independent from one another and with their own wires. This makes them function as actual different regulating or blocking units.

Integrated regulators type TA-956 allow for remote modifications of pilot settings. These units can be connected to more complex control systems such as SCADA or similar.

Regulators type TA-956 allow for the incorporation of internal valves. These help in eliminating the noise produced by abrupt changes in pressure to valves actuated by control regulators.

Formulas de dimensionamiento | Dimension formula

En régimen crítico $P_1 > 1.2 P_2$
Critical condition $P_1 > 1.2 P_2$

$$C_d = \frac{Q}{P_1 \sqrt{P_1 - P_2}}$$

En régimen sub-crítico $P_1 < 1.2 P_2$
Subcritical condition $P_1 < 1.2 P_2$

$$C_d = \frac{Q}{P_1 \sqrt{P_1 - P_2}}$$

Referencias | References

Q = Caudal en GPM / Flow measured in GPM

P_1 = Presión absoluta de Entrada / Absolute Inlet Pressure

P_2 = Presión absoluta de Salida / Absolute Outlet Pressure

C_d = Coeficiente específico / Specific gravity

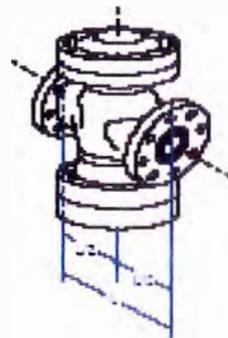
T_1 = Temperatura en °C / Temperature measured in °C

Taño de dimensiones face to face | Face-to-face dimensions

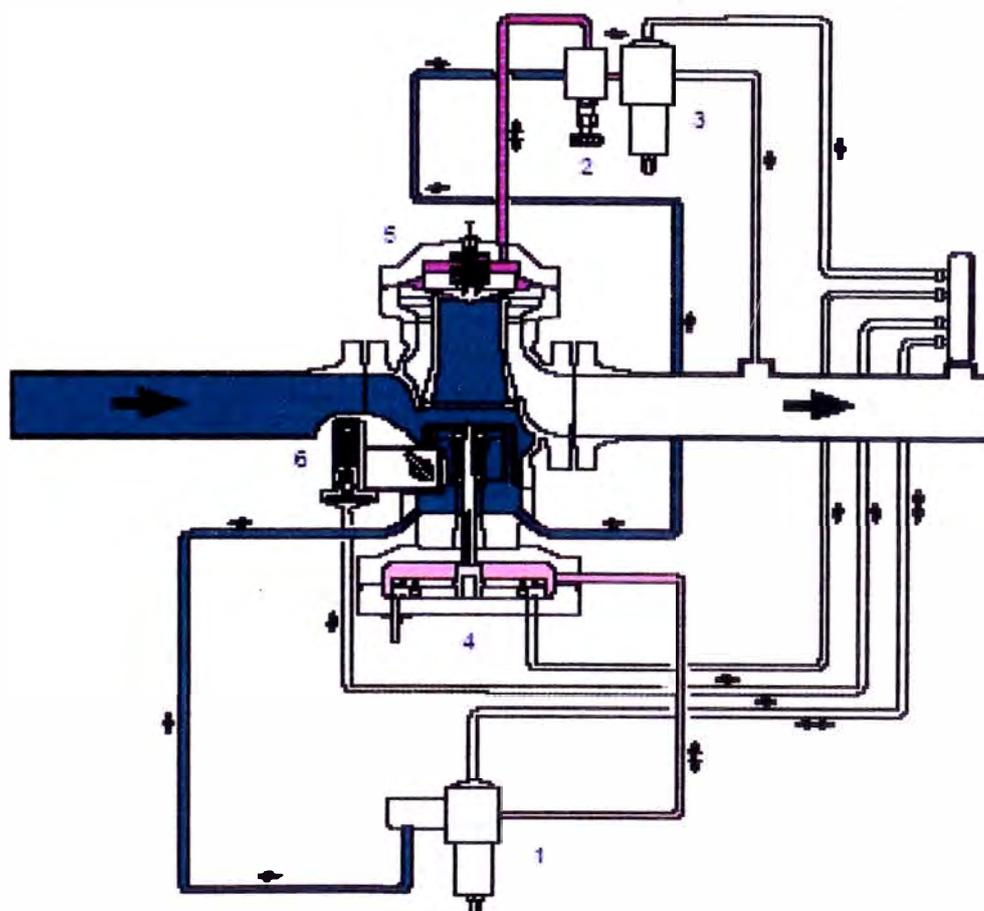
| Medida / Size | L (mm.) | | | | | | |
|---------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1" | 2" | 3" | 4" | 6" | 8" | 10" |
| AN2 150 | 154 | 254 | 298 | 352 | 431 | 542 | 672 |
| AN2 200 | 167 | 267 | 312 | 366 | 445 | 556 | 706 |
| AN2 300 | 210 | 308 | 357 | 411 | 490 | 601 | 751 |

Taño de capacidades | Capacities Chart

| Medida / Size | L (mm.) | | | | | | |
|---------------|---------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 1" | 2" | 3" | 4" | 6" | 8" | 10" |
| C_d | 350 | 2200 | 4700 | 8400 | 15900 | 28900 | 46000 |
| C_v | 26 | 29 | 39 | 39 | 26 | 26 | 26 |



Posición de falla abierta – Posición de falla cerrada – Bloqueo – Working DFC – Monitor FC – DDV

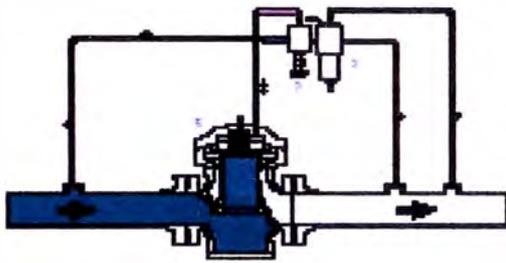


Referencias | Referencias

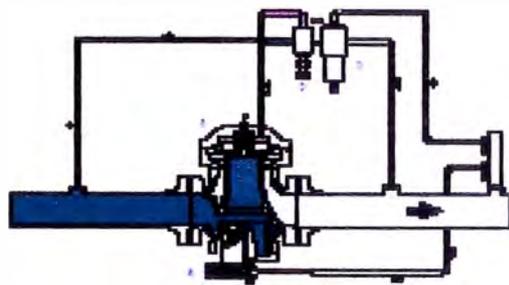
- | |
|--|
| 1. Flotador de Regulador Monitor Monitor Float |
| 2. Válvula Agua con Retención Water Valve with Check Valve |
| 3. Flotador de Regulador Activo Working Float |
| 4. Regulador Monitor Monitor |
| 5. Regulador Activo Working |
| 6. Dispositivo de Bloqueo Clam Shut Device |

- | |
|--|
| ■ Presión de Entrada Inlet Pressure |
| ■ Presión de Salida Outlet Pressure |
| ● Presión de Comando Reg. Activo Command Pressure Working |
| ● Presión de Comando Reg. Monitor Command Pressure Monitor |

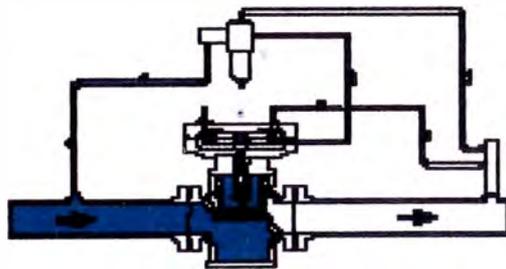
Posición de falla abierta | Warner DRD



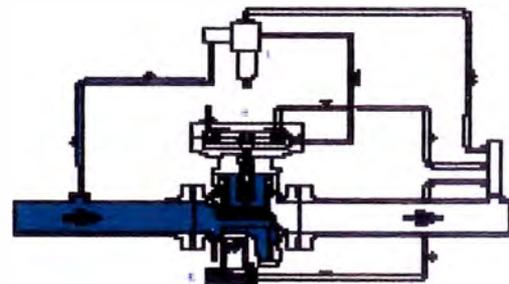
Posición de falla abierta + Bloqueo | Warner DRD + 220v



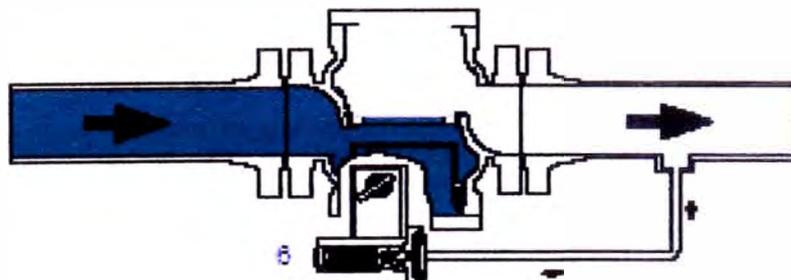
Posición de falla cerrada | Monitor FC

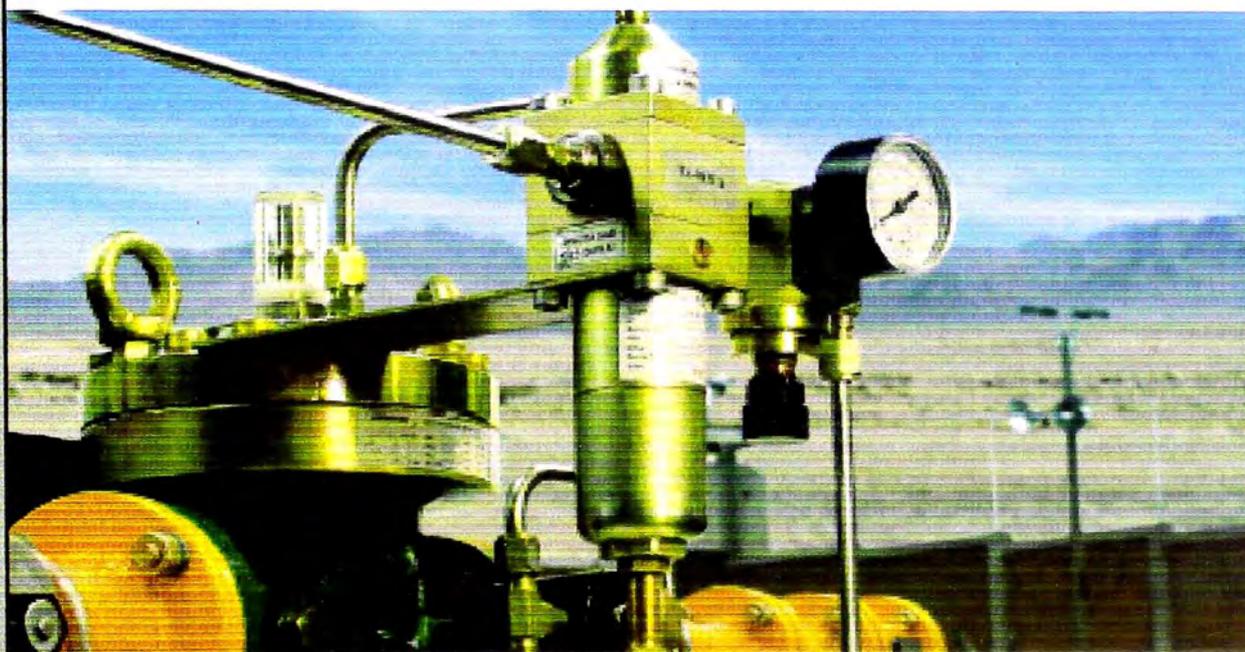


Posición de falla cerrada + Bloqueo | Monitor FC + 220v



Válvula de Bloqueo | 220v

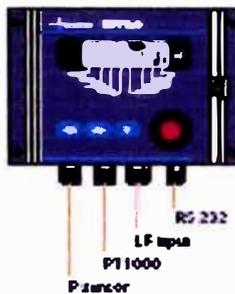




Integrati al Gruppo Torrone Americana

Compagnie di Torrone Americana SpA

| | |
|---|--|
|  Torrone Americana SpA | Regione: Valle Aosta Incarichi: Direzione |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | CIMA: Direzione Generale CIMA: Direzione Generale |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Divisione: Direzione Generale Divisione: Direzione Generale |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Divisione: Direzione Generale Divisione: Direzione Generale |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Regione: Valle Aosta Incarichi: Direzione |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Torre: Direzione Torre: Direzione |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Regione: Piemonte Incarichi: Direzione |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Regione: Valle Aosta Incarichi: Direzione |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Regione: Valle Aosta Incarichi: Direzione |
|  Torrone Americana SpA - CIMA | Regione: Valle Aosta Incarichi: Direzione |



Operating Conditions

- Ambient temperature and Environment: -20°C to $+50^{\circ}\text{C}$
- Temperature of the gas: -10°C to $+60^{\circ}\text{C}$ (5-60000)
- -40°C to $+70^{\circ}\text{C}$ (20000 to 40000)
- Protection rating IP 65
- Suitable for installation in hazardous areas:
Intrinsic Safety Classification
Ex ia IIC T4 (UL 95, D095X)
- Electromagnetic compatibility:
according to the European standards
EN50081-1 and EN50082-1

Technical features

Approvals

The EB7C-D10 is approved by many metrology bodies according to the EN12405 European standard. It is also approved for use in hazardous areas according to the Intrinsic Safety Classification Ex ia IIC T4.

Temperature Sensor

- Platinum PT 1000 (1000 Ω at 0°C) probe
- Class A accuracy according to IEC 60751 standard
- Coding standard: thick tube for insertion into a furnace
- Cable length: 2.5 m

Volume Input

- Dry contact pulse LF read type switch
- Maximum frequency: 2Hz
- Programmable input pulse weight: 1001, 011, 10, 100 ms
- Tamping detection input

Pressure Sensor

- The absolute pressure sensor (2-PT) was specially designed for this application.
- Absolute type 501 (Silicon On Isolation)
 - Over-pressure up to 150% of Pmax
 - Available in 4 pressure ranges:
 - 0 to 4.5 bar absolute
 - 2 to 10 bar absolute
 - 4 to 20 bar absolute
 - 15 to 75 bar absolute
 - Pressure over connection adapter: 1/4" BSP or 1/2" NPT male
 - Cable length: 2.5 m, 0.5 m
 - Typical Accuracy: $\pm 0.3\%$ of the measurement on the whole temperature range -20°C to $+50^{\circ}\text{C}$ and pressure range (able: Pmax-Prmin-5)

Overall Accuracy on the Converted Volume

The overall accuracy on the converted volume is better than $\pm 0.5\%$ of the measurement. The metrology approval meets the EN 12405 standard.

Display

- LCD with 8 digits (h = 8 mm)
- Displayed parameters:
 - Unconverted volume (m)
 - Converted volume (M)
 - Converted flow rate
 - Gas pressure
 - Gas temperature
 - Conversion factor
 - Conversion factor
 - Alarm codes
- 2 symbols on the display indicate:
 - Presence of an alarm (active or memorized)
 - Battery end-of-life warning
 - Volume input pulse incorrect

Outputs

- 3 digital isolated outputs for:
 - Unconverted volume (transmission, programmable pulse weight)
 - Converted volume (transmission, programmable pulse weight)
 - Active alarm status
- Retransmission of the pressure or the temperature or the converted flow rate via an optional FI converter (4-20mA) (not possible with an externally powered SEAC-D).

Alarms

- Pressure measurement out-of-range or sensor failure
- Temperature measurement out-of-range or sensor failure
- Maximum unconverted flow rate overrun
- End of battery life line
- Abnormal status on the ON/OFF input
- Abnormal status on the anti-tampering input
- Internal power failure
- Maximum daily converted consumption overrun

Communication

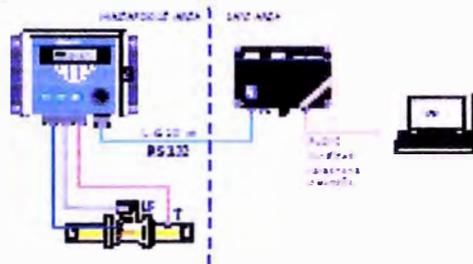
- Optical serial infrared port (2400 baud)

- RS232 serial port (maximum speed 9600 baud)

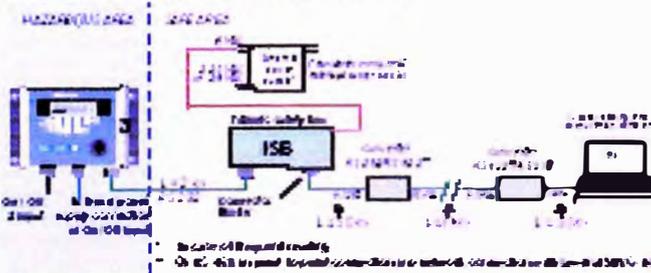
For RS232 local communication an ISB intrinsic safety box is required between the SEVC-D and the PC. Possible, or utilizing an RS232 RS422 or 485 converter after the ISB for point-to-point connections through a PC or PLC.

An ISM modem (PSTN) or a FOCUS modem (GSM) can also be connected directly to the RS232 port for remote reading with Supervisory software through the PSTN phone network.

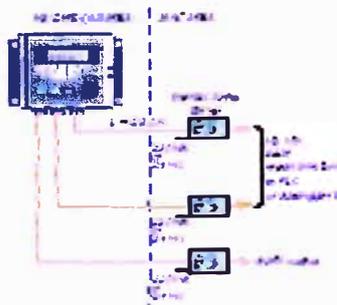
- Remote reading via PSTN access



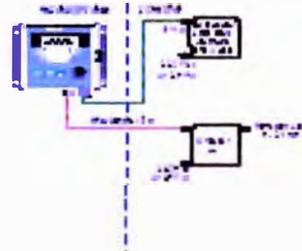
- Local reading through RS 422 (or RS 485) interface



- Configuration with pulse outputs



- Configuration with one 4-20 mA output (RT or Cb)

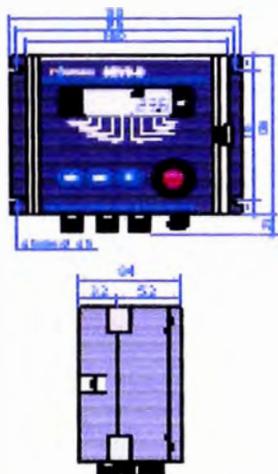


- Pulse output +7b or 7ms) or -4.20mA output +Cb, R, T)
- Pulse output +7b or 7ms)
- Alarm output
- On/OFF 2
- On/OFF external supply

Accessories

- External power module: 24V / 6V or 250V / 6V
- External RI 4-20mA converter: 24VDC supply or 230V AC
- PC configuration software
- Intrinsic safety box ISB with PC/ISB and ISB/SEVC-D cables
- Optical head
- 3-wire cable for RT for the pressure sensor
- Thermocouples

Dimensions



Information to be specified when ordering

- Pressure range
- Distance pressure and temperature
- Status of the gas
- LF input cable weight
- Formula for calculation of Z
- Pressure sensor adapter type
- LF input cable type
- Battery or external supply
- Accessories

Main Specifications

| | |
|---|--|
| Overall accuracy of the Z factor | Maximum error: ± 0.5 % Typical error: 0.2 % |
| Compressibility range | Pressure: 0.9 bar to 75 bar absolute Temperature of the gas: using formula of Z factor correction |
| Power supply | Battery or external (220V) power supply |
| Allowed temperature range | -20° C to +50° C |
| Gas status | RFID external compressor flow |
| Volume output | LF input cable weight |
| Temperature sensor | PT1000 class A |
| Pressure sensor range | 0.9/4.5 bar / 0.1/0.5 bar / 4.0/20 bar / 10/75 bar |
| Pressure sensor type | SDI absolute |
| Output | Flow output for compressed and uncorrected volume Alarm output |
| Communication | Optical sensor (2400 baud) RS232 serial port (9600 baud) |
| Language | Several languages available |
| User interface | 3-button keyboard |
| Display | LCD display with 8 digits resolution |
| Gas | Neutral gas, butane, propane, compressed air, nitrogen, nitrogen, etc. |

Database

- Flow database with more than 3500 records and programmable intervals: 5 min, 15 min, 30 min, 1 hour or 24 hr
- Unconverted consumption during the interval
 - Converted consumption during the interval
 - Average Temperature and Pressure during the interval
- Event log
 - Up to 200 events stored
 - Date and monthly maximum converted consumption
 - Last 2 days and last 2 months
 - Monthly indexes (last 14 months)
 - Daily and maximum unconverted and converted consumption interval during each month

Power supply

- Anti-circuit breaker specific pack with lithium battery and the protection required by intrinsic safety. The pack can be changed in hazardous areas without interrupting the normal operation of the device
- Internal power module specific intrinsic safety module with 24V DC or 230V AC input voltage. A small back-up battery is used in case of main power cut for normal operation during 3 months

© 2011 by ...

Order 565

For more information, contact us at:
 82381 Chemnitz, Am Felschen 1, Phone
 For more information, see www.fox.com

fax +49 30 91 49 42 70 00
 tel +49 30 91 49 42 70 00

Fluxi 2000/TZ

Turbine Gas Meter

- ▶ PTB approved with both ICH inner pipe, O CH outer pipe version with various penetration.
- ▶ Full compliance with all current European and International Standards.
- ▶ Reduced pressure loss for low pressure section.
- ▶ Excellent high-pressure behavior.
- ▶ IP 67 protection of the register.
- ▶ Various options available: integrated thermal-well, oil pump, pulse transmitter, etc.

Turbine gas meters are flow meters. The flow of gas turns a turbine wheel, and thus, the rotating speed of the turbine is proportional

to the linear speed of the gas. The measurement is mechanically transferred to the display through the magnetic coupling.

Applications

Fluxi 2000/TZ meters are designed to measure natural gas, and various flared and non-corrosive gases. They are used to measure medium to high gas flow, at low medium or high pressure.

The Fluxi 2000/TZ meters have been optimized for use in all applications related to the transportation and distribution of gas. Fluxi 2000/TZ meters are approved for field use.

Features

| | |
|--------------------------|---|
| Identification number | 60 0185 133 027 104 8014 024 |
| Compliance | EN 50521-2 |
| Flow rate | From 0 m ³ /h to 10000 m ³ /h, 0.05 to 0.0500 |
| Nominal diameter | From DN 50 to 500 mm (2 to 20") |
| Maximum working pressure | up to 100 bar depending on the body material and flange |
| Mounting | Fluxi 2000/TZ meters are available with horizontal or vertical, for the DN 50 to DN 150, and horizontal for the DN 170 and 200. |
| Body material | Ductile iron, cast steel, stainless steel |
| | Complies with the Pressure Equipment Directive (PED) class |
| Temperature range | Ambient: -20°C to +50°C Gas: -10°C to +40°C Operating medium: -40°C to +70°C |

Description

The Fluxi 2000/TZ meter is composed of five main parts:

- a body containing all the components (1);
- a flow straightener (2) before and accelerates the gas flow before the turbine wheel (3);
- a measuring unit including the turbine wheel (3);
- a magnetic coupling to transfer the movement of the turbine wheel to the display (4);
- a display to register the measured gas (5).



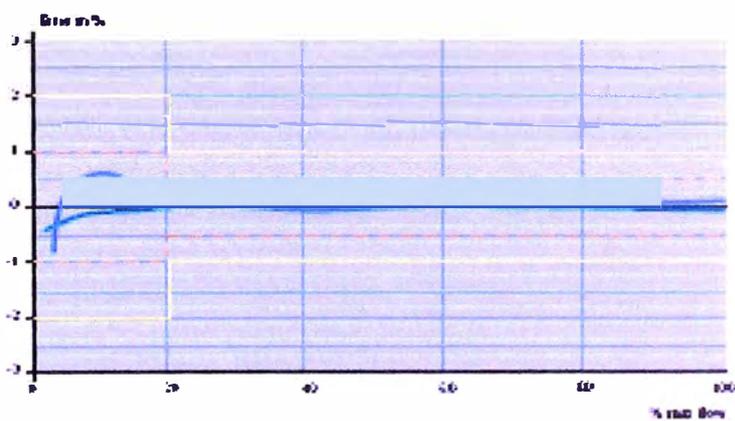
Turbine Gas Meter Fluxi 2000/TZ
DN 80 G160



Metrology

In accordance with EC and OIML standards. Depending on the G size and the DP, the meters are available with EC approval L20. Rangeability of 1:50 depending on the G size is available as an option with a certified approval. According to the EN 17047, for high-pressure tests, the rangeability can be extended to 1:50, depending on the pressure.

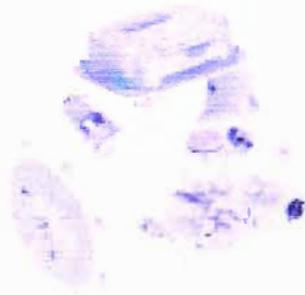
In line with EC standards, the maximum permissible error is $\pm 2\%$ from 0 mm to 0.2 GPa, and $\pm 1\%$ from 0.2 GPa to 0.5 GPa. The WPE (Weighted Mean Error) is less than 0.4%. Typical A class accuracy is $\pm 1\%$ from 0 mm to 0.2 GPa, $\pm 0.5\%$ from 0.2 GPa to 0.5 GPa.



low pressure high pressure Typical A class accuracy EC accuracy

Totaliser:

- 8-digit value
- IP67 protection
- My reset button
- Equipped with a built-in storage cartridge, as an option, equipped with an external cartridge to enable easy maintenance even in extreme conditions
- Free adjustable to Editor
- Filled with a reflecting disc on the test drive
- Integrated optical disc to facilitate the periodic calibration of the meter
- Equipped with a magnet to allow the possibility of installing an external LF
- Customised name plate (logo, customer serial number, etc.)
- Unit: m³ or GPa

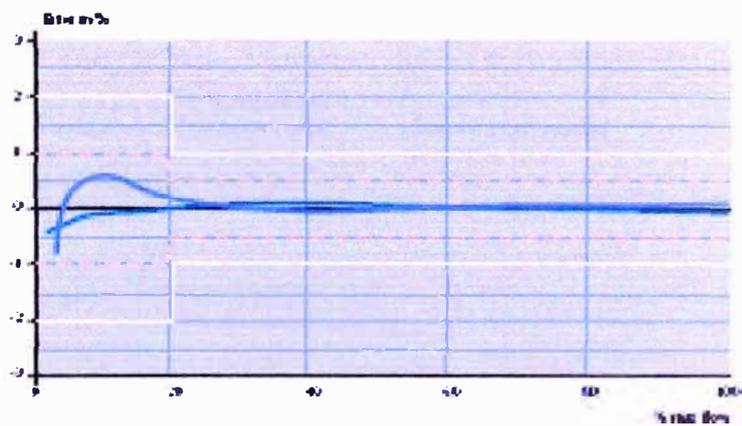


Metrology

In accordance with EC and OIML standards. Depending on the G size and the OPL, the meters are available with EC approval 120. Rangeability of 1:50 depending on the G size. It is available as an option with a national approval. According to the PTB TR 03, for high-pressure tests, the rangeability can be extended to 1:50, depending on the pressure.

In line with EC standards, the maximum permissible error is $\pm 2\%$ from 0.1 bar to 0.2 GPa, and $\pm 1\%$ from 0.2 GPa to 0.1 GPa. The WME (Weighted Measured Error) is less than 0.4%.

Typical Accuracy across is $\pm 1\%$ from 0.1 bar to 0.2 GPa, $\pm 0.5\%$ from 0.2 GPa to 0.1 GPa.



0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

Totaliser:

- 8-digit code
- E67 protection
- UV-protective cover
- Equipped with built-in integral controller, as an option, equipped with external controller, suitable for maintenance even in hazardous conditions
- Fully adjustable to order
- Filled with anti-freeze dielectric
- Integrated optical disc to facilitate the periodic calibration of the meter
- Equipped with a magnet to allow the possibility of controlling an external LF
- Customised nameplate (logo, customer serial number, ...)
- 0.1m³ or 0.1



➤ Flow 2000T2 with PTE SEVC-D

Accessories

SEVC-D Bracket

This device allows the Active PTE volume converter to be adapted directly onto the meter.

Thermowells

This device allows the temperature of the measured gas to be read at the reference point downstream of the turbine. As an option, the meter can be prepared for the installation of two thermowells in our factory and the device inserted. If the meter has been prepared like this, the thermowells can be installed without recalibration of the meter (described in the type approval). The thermowells cannot be installed on the DN50 (PN 50) and on the DN90.

Orifice plate

For DN50 to DN200, an orifice plate can be supplied for installation between 2 KF flanges in front of the meter to Air that enhances the performance of the meter when subjected to severe performance.

For DN200 to 400 (3 + DN) meters only, the orifice plate can be installed directly in the inlet of the flow straightener. The integration of the orifice plate in the meter provides a very compact solution without need for any extra flanging.

External silencing orifice

This accessory is used to carry out maintenance on the installed external silencing orifice in service conditions.



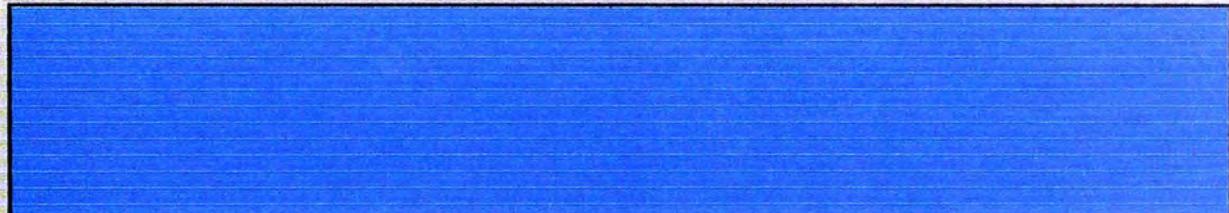
➤ Flow 2000T2 with integrated orifice plate

Characteristics

A) Technical data sheet
Rangeability and pipe sizes

| Gate | DN mm | Max. Flow m ³ /h | Rangeability 1:1 | 1 Imp LP range | With the correction gear 32,4g (correction 9%) | | | | | | |
|-------|----------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | | 1 Imp HF at Qmax (bar) | Freq HF at Qmax (Hz) | 1 Imp HF2 at Qmax (bar) | Freq HF2 at Qmax (Hz) | 1 Imp HF3 at Qmax (bar) | Freq HF3 at Qmax (Hz) | FSH at Qmax (bar) |
| 145 | 50 | 130 | 10 | 1 | 5.0415 | 5.24 | - | - | 0.03071 | 3.83 | 104.9 |
| 150 | 50 | 150 | 20 | 1 | 22.8514 | 154 | 0.07121 | 54 | 0.03760 | 102 | 54.0 |
| 160 | | 250 | 20 or 30 | | 22.8514 | 3.04 | 0.07121 | 54 | 0.03760 | 1847 | 30.94 |
| 170 | | 400 | 20 or 30 | | 397246 | 2.80 | 0.03071 | 550 | 0.04531 | 1700 | 30.07 |
| 175 | 75 | 250 | 20 | 1 | 22.8514 | 3.04 | 0.03071 | 5.8 | 0.03071 | 113 | 4.94 |
| 180 | | 400 | 20 or 30 | | 22.8514 | 4.33 | 0.03071 | 739 | 0.03071 | 739 | 37.13 |
| 190 | | 550 | 20 or 30 | | 397246 | 4.51 | 0.03071 | 570 | 0.03071 | 1.73 | 32.72 |
| 195 | 100 | 550 | 20 | 1 | 22.8514 | 7.00 | 0.03071 | 1185 | 0.03071 | 1185 | 31.85 |
| 1950 | | 1000 | 20 or 30 | | 22.8514 | 12.15 | 0.03071 | 1923 | 0.03071 | 1823 | 34.59 |
| 19500 | | 1920 | 20 or 30 | | 397246 | 11.39 | 0.03071 | 1573 | 0.03071 | 1573 | 33.95 |
| 19500 | 200 | 1200 | 20 | 1 | 215.3474 | 1.27 | 0.03071 | 7.7 | 0.03071 | 7.7 | 2.92 |
| 2000 | | 1500 | 20 or 30 | | 215.3474 | 2.13 | 0.03071 | 244 | 0.03071 | 244 | 37.12 |
| 2000 | | 2500 | 20 or 30 | | 127.2474 | 1.75 | 0.03071 | 107 | 0.03071 | 107 | 37.12 |
| 20000 | 250 | 1600 | 20 | 10 | 228.8714 | 1.94 | 0.03071 | 173 | 0.03071 | 773 | 19.93 |
| 20000 | | 2500 | 20 or 30 | | 228.8714 | 3.04 | 0.03071 | 1212 | 0.03071 | 1212 | 30.29 |
| 22500 | | 4000 | 20 or 30 | | 397246 | 2.80 | 0.03071 | 1185 | 0.03071 | 1185 | 27.99 |
| 2300 | 300 | 2500 | 20 | 10 | 215.3474 | 3.7 | 0.03071 | 807 | 0.03071 | 807 | 72.9 |
| 23000 | | 4000 | 20 or 30 | | 215.3474 | 5.17 | 0.03071 | 129 | 0.03071 | 129 | 27.7 |
| 2400 | | 6500 | 20 or 30 | | 127.2474 | 4.51 | 0.03071 | 156 | 0.03071 | 156 | 24.13 |
| 24000 | 400 | 4000 | 20 | 10 | 215.3474 | 5.07 | 0.03071 | 540 | 0.03071 | 540 | 11.9 |
| 24000 | | 6500 | 20 or 30 | | 215.3474 | 8.25 | 0.03071 | 879 | 0.03071 | 879 | 13.94 |
| 24000 | | 10000 | 20 or 30 | | 397246 | 6.99 | 0.03071 | 748 | 0.03071 | 748 | 16.97 |
| 24000 | 500 | 6500 | 20 or 30 | 10 | 215.3474 | 5.25 | 0.03071 | 879 | 0.03071 | 879 | 73.4 |
| 24000 | | 10000 | 20 or 30 | | 397246 | 5.59 | 0.03071 | 740 | 0.03071 | 740 | 8.97 |

2) See page 14 for technical data and flow curves.



Body material and approximate weight (kg)

| DN (mm) | Length (meters) | ISO PN16-8 | ISO PN20 | ISO PN25 | ISO PN40 | ISO PN50 | ISO PN110 | ANSI 150 | ANSI 300 | ANSI 600 |
|---------|-----------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 10 | 10 | Δ | Δ | Δ | Δ | - | - | Δ | - | - |
| 20 | 240 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 30 | 391 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 40 | 542 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 50 | 693 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 60 | 844 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 70 | 995 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 80 | 1146 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 90 | 1297 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 100 | 1448 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 125 | 1810 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 150 | 2172 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 200 | 2896 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 250 | 3620 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 300 | 4344 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 350 | 5068 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 400 | 5792 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 450 | 6516 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |
| 500 | 7240 | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ | Δ |

Δ Data not available
 Δ Length is 20% longer than standard length
 Δ All dimensions are in millimeters
 Δ All dimensions are in inches

Note: For the pressure and temperature range of the body material, please check your National Code.

B) Pressure loss of the Flux 2000 T2 meters

| Gate | DN (mm) | Max. Flow rate (m³/h) | Pressure loss of the Flux 2000 T2 meter (bar) | |
|------|---------|-----------------------|---|-------------------------------------|
| | | | Standard ΔP | With integrated orifice plate ΔP |
| | | | at 0.5 bar | at 1.0 bar |
| 065 | 50 | 100 | 0.1 | 0.1 |
| 077 | 60 | 150 | 0.4 | 0.4 |
| 091 | 75 | 200 | 0.5 | 0.5 |
| 110 | 90 | 300 | 1.0 | 1.0 |
| 125 | 100 | 350 | 1.0 | 1.0 |
| 150 | 125 | 450 | 1.5 | 1.5 |
| 175 | 150 | 600 | 2.0 | 2.0 |
| 200 | 175 | 750 | 2.5 | 2.5 |
| 250 | 200 | 1000 | 3.5 | 3.5 |
| 300 | 250 | 1500 | 4.5 | 4.5 |
| 350 | 300 | 2000 | 5.5 | 5.5 |
| 400 | 350 | 2500 | 6.5 | 6.5 |
| 450 | 400 | 3000 | 7.5 | 7.5 |
| 500 | 450 | 3500 | 8.5 | 8.5 |
| 550 | 500 | 4000 | 9.5 | 9.5 |
| 600 | 550 | 4500 | 10.5 | 10.5 |
| 650 | 600 | 5000 | 11.5 | 11.5 |
| 700 | 650 | 5500 | 12.5 | 12.5 |
| 750 | 700 | 6000 | 13.5 | 13.5 |
| 800 | 750 | 6500 | 14.5 | 14.5 |
| 850 | 800 | 7000 | 15.5 | 15.5 |
| 900 | 850 | 7500 | 16.5 | 16.5 |
| 950 | 900 | 8000 | 17.5 | 17.5 |
| 1000 | 950 | 8500 | 18.5 | 18.5 |

Where:

- ΔP - Pressure loss in the calculated condition
- ΔP₀ - Pressure loss in the reference condition
- ρ - Gas density (kg/m³ at 0°C and 1013 mbar)
- P₀ - Operating pressure (Bar gauge)
- q - Flow rate (m³/h)
- Q_{max} - Maximum flow rate (m³/h)
- T₀ - Gas temperature (°C)

Calculation of pressure loss

$$\Delta P = \Delta P_0 \times \frac{(\rho)}{0.85} \times (P_0 + 1) \times \left[\frac{q}{Q_{max}} \right]^2 \times \left[\frac{273}{12.75 + T_0} \right]$$

C) Dimensions (mm)

| DN | A | B | B'bores | C | C'bores | D | E | L | L'bores |
|-----|-----|-----|---------|-----|---------|-----|-----|------|---------|
| 50 | 150 | 50 | - | 45 | - | 25 | 70 | 150 | - |
| 80 | 250 | 100 | - | 80 | - | 50 | 175 | 240 | - |
| 100 | 280 | 125 | - | 85 | - | 75 | 190 | 300 | - |
| 150 | 385 | 185 | 90 | 120 | 100 | 205 | 290 | 450 | 395 |
| 200 | 525 | 240 | 100 | 170 | 150 | 230 | 330 | 600 | 400 |
| 250 | 595 | 310 | 105 | 275 | 120 | 300 | 385 | 750 | 400 |
| 300 | 750 | 380 | - | 300 | - | 300 | 345 | 900 | - |
| 400 | 850 | 480 | - | 350 | - | 350 | 345 | 1000 | - |
| 500 | 950 | 580 | - | 400 | - | 350 | 375 | 1100 | - |

Unit: mm

D) Thermowell sizes

| DN | Thread | Order Number with PG-connections | d'bores mm | d'cable mm | Min. Soldering Depth mm | L mm | X mm |
|---------|---------|----------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|---------|---------|
| 50/100 | G 1/4 Δ | 1992-044-04 | 75 | 4.8 | 50 | 19 | 2 |
| 150/200 | G 3/4 Δ | 1992-044-04 | 75 | 4.8 | 90 | 90 | 12 |
| 25/350 | G 1/2 Δ | 1992-044-05 | 75 | 4.8 | 150 | 147 | 14 |

