



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Influencia del cambio de combustible de petróleo R500 a GNL en la  
mejora de indicadores de desempeño energético a Empresa Pesquera  
Catarana-Chimbote**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Ascurra Martino, Luis Ricardo ([orcid.org/0000-0003-0960-126x](https://orcid.org/0000-0003-0960-126x))

Castillo Eslava, Jesus Alberto Saul ([orcid.org/0000-0003-3147-8675](https://orcid.org/0000-0003-3147-8675))

**ASESOR:**

Dr. Carranza Montenegro, Daniel ([orcid.org/0000-0001-6743-6915](https://orcid.org/0000-0001-6743-6915))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

**TRUJILLO – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que siempre me apoyan y me motivan a seguir adelante a no rendirme y ser siempre una motivación para ser una mejor persona cada día.

**ASCURRA MARTINO, LUIS RICARDO**

Dedico esta tesis, primero a Dios por estar siempre guiando mis pasos y a la vez a mis padres que siempre fueron la guía para la consecución de mis objetivos.

A mi esposa por estar siempre conmigo en todo.

**Castillo Eslava, Jesús Alberto**

## **Agradecimiento**

A Dios por guiarnos, cuidarnos, y no desampararnos, permitiendo lograr a cumplir nuestras metas en la carrera profesional que tomamos desde su inicio y ahora en la elaboración de la tesis que sería un logro final de este camino iniciado.

A la universidad privada César Vallejo por ser parte de nuestros estudios para la culminación de nuestra carrera, por contar con docentes profesionalmente calificados.

A su vez, también agradecer a nuestros padres por el apoyo incondicional para lograr nuestros Objetivos. A nuestros amigos que siempre están brindándonos su apoyo.

El autor

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
índice de tablas y figuras .....	iv
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
i. INTRODUCCIÓN .....	1
ii. MARCO TEÓRICO: .....	3
iii. METODOLOGÍA: .....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	10
3.2. Variables y operacionalización .....	11
3.3. Población, Muestra: .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	13
3.5. Procedimientos: .....	13
3.6. Método de análisis de datos:.....	14
3.7. Aspectos éticos: .....	14
IV. RESULTADOS:.....	15
4.1 Diagnóstico para determinar el estado situacional de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con petróleo R500.....	15
4.2 Determinar las características técnicas y económicas del cambio de combustible R500 a gas natural licuado. ....	21
4.3 Dimensionamiento de las instalaciones. ....	25
4.4 Potencial de mejora de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con gas natural licuado. ....	28
4.5 Evaluación económica por sustitución de combustible.....	30
V. DISCUSIÓN: .....	33
vi. CONCLUSIONES. ....	35
vii. RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS .....	

## Índice de tablas y figuras

### Tablas:

Tabla 1.variables: .....	1
Tabla 2.características nominales de calderos de la empresa: .....	16
Tabla 3.banlance de energía en calderos de la empresa:.....	18
Tabla 4.indicadores de desempeño energético con petróleo residual 500:.....	20
Tabla 5.estadísticas de consumo de petróleo residual 500:.....	21
Tabla 6.flujo de energía suministrado por el petróleo residual 500: .....	22
Tabla 7.flujo de energía suministrado por el petróleo residual: .....	23
Tabla 8.Comparativo de costos gas natural licuado y petróleo R500:.....	24
Tabla 9.determinación de la demanda de gas natural licuado para diseño:.....	26
Tabla 10.consideraciones de diseño: .....	26
Tabla 11.indicadores de desempeño con GNL: .....	28
Tabla 12.Mejora de indicadores de desempeño energético:.....	30
Tabla 13.presupuesto de obras y pruebas: .....	30
Tabla 14:indicadores de evaluación económica:.....	32

### Figuras:

figura 1.caldera pirotubular con gas natural licuados .....	6
figura 2.flujos intervinientes en un caldero .....	7
figura 3.Quemador estático para petróleo presurizado .....	9
figura 4.distribución de componentes de la ERM: .....	27

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo general determinar la influencia del cambio de combustible petróleo residual 500 por gas natural en los indicadores de desempeño energético, realizando un diagnóstico inicial de los mencionados indicadores operando la planta con petróleo residual 500, evaluar el flujo de energía equivalente del gas natural para la operación de 09 calderos pirotubulares, caracterizar la instalación de red interna de gas natural y costos por consumo de gas natural, identificar el potencial de mejora de los indicadores de desempeño energético y su evaluación económica. El trabajo de investigación es del tipo descriptivo y no experimental porque se describe todos los elementos que conforman el área de generación de vapor operando con petróleo residual 500 y con gas natural, con una propuesta de diseño referido a la red interna de gas natural y sus estaciones de regulación y medición.

El análisis comparativo de los indicadores de desempeño energético son el método que permite evaluar la mejora de un sistema desde un punto de vista técnico, económico y con su efecto al medio ambiente.

**Palabras clave:** evaluación económica, cambio de combustible, medio ambiente.

## **Abstract**

The general objective of this research work is to determine the influence of the change from residual oil fuel 500 to natural gas in the energy performance indicators , carrying out an initial energy diagnosis of the aforementioned indicators operating the plant with residual oil 500 , evaluate the equivalent energy flow of natural gas for the operation of 09 fire tube boilers, characterize the installation of the internal natural gas network and costs for natural gas consumption, identify the potential for improvement of energy performance indicators and their economic evaluation . The research work is descriptive and not experimental because it describes all the elements that make up the steam generation area operating with residual oil 500 and with natural gas, with a design proposal referring to the internal natural gas network and its regulation and measurement stations. The comparative analysis of the energy performance indicators are the method that allows evaluating the improvement of a system from a technical and economic point of view and with its effect on the environment.

**Keywords:** economic evaluation, fuel change, environment.

## I. INTRODUCCIÓN

“En diciembre del año 2015, el Perú firmo el compromiso de descender en 30% sus emisiones de gases de efecto invernadero en un periodo de 15 años y a incrementar las políticas de adecuación y reducción del impacto al cambio climático, según lo acordado en el Acuerdo de París-Francia”.

Dentro de estos compromisos adoptados la llegada del gas natural a Chimbote es una alternativa para su empleo en las instalaciones industriales, sobre todo por ser un combustible de menor costo unitario y emitiendo menores volúmenes de contaminantes a la atmosfera.

“El alza de precio económico del petróleo residual 500 sujeto a un mercado inestable mundial, y más aun con los efectos al medio ambiente debido a las emisiones de gases de efecto invernadero de los cuales el petróleo es el principal responsable del calentamiento de la tierra de forma irreversible”, así mismo los sistemas de gestión industrial han implementado indicadores energéticos que permitan verificar el comportamiento de estos, lo que aun en la empresa no se realiza. Por lo cual formulamos la siguiente pregunta: ¿De qué manera la sustitución del combustible petróleo R500 por gas natural licuado influye en la mejora de los indicadores de desempeño energético en una planta pesquera?

Este proyecto de investigación se justifica porque se enfoca en la sustitución de un combustible tradicional, en este caso el Petróleo Residual 500 por gas natural licuado, en este caso en la empresa pesquera “cantarana” de alto consumo de energía, se justifica económicamente , debido a que los costos unitarios del gas natural es mucho menor con respecto al petróleo residual, lo cual con lleva a la reducción de los costos operativos de la empresa en lo referente al consumo de combustible lo cual se refleja en el mejor desempeño de sus indicadores energéticos. Más aun conocedores que el precio del petróleo es inestable y en función de la oferta y la demanda y con influencia de agentes externos tal como guerras en el medio oriente, pandemia covid 19, mercado de carbono entre otros.

Tecnológicamente se justifica porque en el dimensionamiento del sistema con gas natural se consideran equipos y materiales que cumplan con las consideraciones técnicas y normativas, que indican la legislación peruana vigente y la empresa concesionaria Quavii, tal como componentes de la estación de regulación primaria y secundaria, y así como los dispositivos que componen el sistema de combustión del

gas natural.

Socialmente se justifica en el sentido de que el personal de planta de sala de calderas operara un sistema de combustión de mejor tecnología, ganando tiempos antes dedicados a sistemas de operación manual. Encontrando un ambiente grato y ameno, de tal forma que su esfuerzo de trabajo se oriente a otros puntos críticos del área de generación de vapor.

Y ambientalmente es justificable porque la menor emisión de gases de efecto invernadero que emite el gas natural con respecto al petróleo residual 500, así tenemos que el gas natural emite 56.1 Ton. CO<sub>2</sub>/TJ mientras que el petróleo residual 500 emite 77.4 Ton. CO<sub>2</sub>/TJ, con lo cual la actitud de sustituir el petróleo R500 contribuye en el cumplimiento de las obligaciones contraídos por el Perú con respecto al cambio climático en la COP 15.

Objetivo General es determinar la mejora de los indicadores de desempeño energético mediante el cambio de combustible petróleo R500 a gas natural

Objetivos Específicos es realizar un diagnóstico para determinar el estado situacional de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con petróleo R500.

Determinar las características técnicas y económicas del cambio de combustible R500 a gas natural. Evaluar el potencial de mejora de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con gas natural.

Realizar una evaluación económica del cambio de combustible de petróleo R500 a gas natural.

Se proyectó que a través de la siguiente investigación de trabajo en el cual se aplique el cambio de combustible de petróleo R500 a gas natural influye en la mejora de los indicadores de desempeño energético en la empresa CANTARANA S.A.C.

La hipótesis formulada el cambio de combustible de petróleo R500 a gas natural influirá en la mejora de los indicadores de desempeño energético en la empresa CANTARANA S.A.C

## II. MARCO TEÓRICO

Para la recolección de datos hemos tomados como referente algunos profesionales investigadores que nos pueden ayudar con sus experiencias.

(Barrantes & Gómez ,2020) En su investigación: “Efecto del diseño de la red interna para suministro de gas natural licuado en la empresa Cogorno – planta Ventanilla.” para la obtención del título de Ingeniero en Energía manifiestan que debido a la necesidad de realizar la sustitución de combustible actual petróleo BD5 en su caldero de 125 BHP se opta por realizar el cambio a gas natural licuado. Dentro de sus resultados para la instalación interna de gas natural licuado, diseñó una tubería de 2” de diámetro de acero inoxidable SCH 40 con presión de 3 bar y un caudal de 120 Sm<sup>3</sup>/h de gas natural licuado, para una velocidad de 3.98 m/s y variación de presión menor a 0.0077 bar. Concluye que la máxima demanda de gas natural permitirá el reemplazo de 33.4 Galones de BD5/h el cual es el máximo valor de consumo con proyecciones para ampliaciones.

(Redhead ,2019) en su tesis “propuesta estratégica de gestión energética para disminuir el consumo energético de la caldera Piro-tubular Johnston Boiler de 900BHP de la empresa CNC S.A.C”, para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista tuvo como objetivo “proponer acciones de gestión energética para optimizar el consumo de combustible en el caldero Johnston Boiler de 900BHP, actividades tal como cambiar el actual combustible petróleo bunker N°6 por gas natural licuado”. En sus resultados obtuvo que se producía 2667.6 kg/h con una eficiencia de 77.08%. con un costo de generación de vapor igual a 53.10 \$/Tonelada. La implementación de sistemas de combustible con gas natural licuado permitió un económico de 2713,489.71 \$/año, invirtiendo 452,898.00 U\$\$ y con un retorno de la inversión con los propios ahorros de solo de 2 meses.

(Quezada, 2020) Realizo la investigación: “Arreglo del suministro de energía para optimizar la línea base energética en empresa Isadora S.A.C”, para obtener el título de Ingeniero en Energía “manifiesta que el performance energético contempla el empleo eficiente y racional de la energía, el desempeño óptimo de equipos y el consumo medido de energía, por lo que la organización puede elegir entre un amplio rango de actividades de mejora de los indicadores de desempeño energético”.

Dentro de sus resultados “obtuvo un ratio específica a kpi energético económico IEE igual a 48.81 S/ facturación de energía /Tonelada de harina procesada con una línea

base energética según la siguiente ecuación  $E = -0.3156 * X + 77.728$ ". Concluye que la línea base energética mejora cuando sus indicadores de desempeño energético mejorando estos valores en 2.94 % y 58,6 % según el tipo de indicador, llego a demostrar que el tipo de suministro de energía influye en la optimización de su línea base energética.

(Deza & Varas,2015) en su investigación: "Optimización del consumo de energía primaria con el uso del gas natural licuado en las plantas de harina de pescado de la zona industrial del 27 de octubre de Chimbote", para obtener el título de Ingeniero en Energía en el cual nos indica que la importancia del remplazo del petróleo R500 por un combustible de menores costos y emisiones de gases de efecto invernadero. En sus resultados tenemos que se cuantifico el consumo de energía primaria en 12 centros de producción de harina y aceite de pescado instaladas en la Zona Industrial de 27 de octubre, la cuales consumen como combustible al Petróleo R500 como fuente principal energética, en los cuales los calderos tienen eficiencias entre 84 a 85 %. Dentro de sus conclusiones tenemos que la disminución de costos por sustitución del petróleo residual 500 a gas natural licuado está entre 60 a 35 % así como el periodo de retorno de la inversión realizada fluctúa entre 6 meses a 5 años en función la tamaño de planta y volumen de producción.

(Patricio,2019) Realizo la tesis: "Reemplazo del combustible diésel B5 por gas natural licuado de una caldera acuotubular de 700HP a fin de mejorar la eficiencia", para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, En sus resultados se logró determinar que la relevancia que tiene la sustitución del combustible al caldero para una producción de vapor saturado de la Central Termoeléctrica de Ilo1 de la empresa de generación de energía ENGIE S.A. La investigación, permitió que con la reconversión tecnológica realizada desde petróleo DB5 a gas natural licuado, permitió alcanzar un rendimiento de 93,3 % y asimismo se logró disminuir los costos de facturación de consumo de combustible, operación y mantenimiento al año de 686 772,54 US\$. En la evaluación económica, se concluye que es factible la sustitución de combustible en el caldero, con ahorros anuales de 686 772,54 US\$, del mismo modo la inversión se recupera en 27 meses".

(Díaz, 2018) En su trabajo de investigación: "Modificación del sistema de combustión de calderas pirotubulares de 300 y 600 BHP de quemar petróleo residual a gas natural licuado de petróleo tesis para la obtención del título de ingeniero Mecánico, tuvo como

objetivo principal modificar el sistema de combustión en calderas pirotubulares de 300 y 600 BHP para el reemplazo del petróleo residual por gas natural licuado de petróleo. Dentro de sus resultados Usando el GLP, se dejaría de emitir: de 30 mil a 36 mil ton. de CO<sub>2</sub> por año. “Del mismo modo es muy importante que en el diseño del sistema el cumplimiento de las Normas vigentes en el Perú.

(Chucuya, 2017) en su publicación de investigación “Evaluación del cambio de combustible DB5 a GLP para mejorar indicadores de desempeño del caldero de 70 BHP”, publicado en la revista IGNOSIS de la Universidad Cesar Vallejo manifiesta : “El objetivo de la investigación es dimensionar un sistema alternativo de combustible que opere con gas licuado del petróleo y así mismo realizar la evaluación de los indicadores de desempeño económicos y ambientales de la caldera Pirotubular de 70 BHP del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón. Alcanzó en sus resultados una eficiencia del caldero de 81.50% y los indicadores de desempeño económico y ambiental de 210.7 soles/ton. vapor y 0.227 ton. CO<sub>2</sub>/ton. vapor, luego al realizar el dimensionamiento del sistema con GLP, se realizó un benchmarking entre indicadores de desempeño referente a la sustitución del combustible y se obtuvo mejores valores para los indicadores económico y ambiental en 191.4 soles/ton. vapor y 0.198 soles/ton. vapor, respectivamente, superándose la hipótesis en un 5%”.

(López & Corpus, 2017) “Un generador de vapor es un equipo térmico isobárico formado por un recipiente metálico, cerrado, hermético, destinado a generar vapor saturado o al calentamiento de agua u otro fluido mediante un proceso isobárico, a través del suministro de calor de reacción de un combustible o por medio del efecto de una resistencia eléctrica, la cual suministra un flujo de energía calorífica el cual es utilizado por un fluido de trabajo.

Los calderos pirotubulares son aquellos generadores de vapor tipo paquete en los cuales los gases calientes de un proceso de combustión circulan a través de los tubos, mientras que el agua tratada químicamente está contenida dentro del depósito del caldero cambiando de estado. El agua absorbe el flujo de energía calorífica que emiten los tubos sometidos a alta temperatura por acción de los gases de la combustión. Son equipos muy versátiles y de amplio uso en los procesos industriales tales como harinas, cerveza, textil, entre otros y centros de salud, saunas, lavanderías, piscinas y hoteles para la obtención de agua caliente sanitaria.

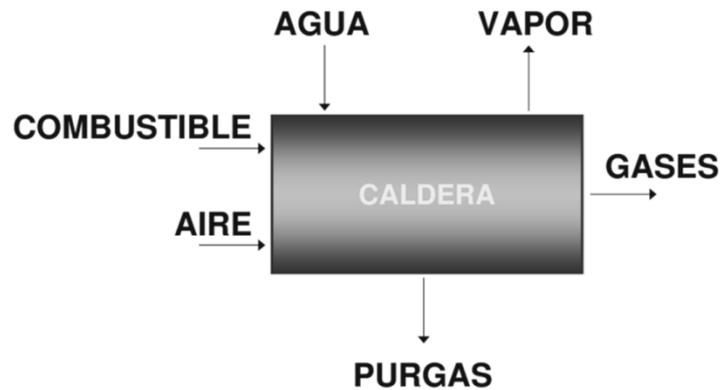


**figura 1.caldera pirotubular con gas natural licuados**

Fuente: Calderas INTESA Perú imagen de manual pag.5.

(Guevara,2019) “Los generadores de vapor con sus respectivos quemadores deberán dimensionarse para una operación optima. Un caldero deberá estar en condición de la cobertura de una carga puntual o variable según los requerimientos necesarios de tal modo que su factor de carga no sea menor al 75%. La presión de vapor debe ser tal que al momento de la distribución del vapor saturado en las tuberías no se generen arrastres de condensado, que puedan afectar la calidad del vapor. Se deberá disponer de un dispositivo manifold para una adecuada distribución del vapor en las redes de consumo y del mismo modo deberá contar con líneas de descarga de condensado, reguladores de presión y válvulas de alivio para la sobrepresión en caso de problemas de sobrecarga.

(Barreto & Quiñones, 2016) “El rendimiento es un indicador de performance o desempeño que permite evaluar el grado de aprovechamiento del flujo de calor suministrado por el combustible el cual es transformado en flujo de calor útil, valores que actualmente son cercanos al 87% para calderas modernas automatizadas con programadores electrónicos de control de la combustión. El control es un parámetro de relevante importancia controlar durante su operación así tenemos que los calderos cuentan con manómetros, presostatos, válvulas de alivio o de seguridad y de controles de nivel de agua. Del mismo se controla las propiedades del aire y combustible y de la calidad y temperatura del agua de alimentación.



**figura 2.flujos intervinientes en un caldero**

Fuente: Deza & Varas (2017)

(López, 2017) “BHP, es un valor técnico comparativo solo entre generadores de vapor del tipo pirotubular; este parámetro a la producción de generación de 15.65 Kg/hora de vapor saturado a la presión de 1 Kg/cm<sup>2</sup> y a una temperatura de 100 °C, dentro de una superficie de transferencia de calor de 0.929 m<sup>2</sup>. Donde el calor latente de vaporización es  $h_{fg} = 538.9 \text{ Kcal /Kg}$ ”, entonces:

$$1 \text{ BHP} = 538.9 \text{ Kcal /Kg} * 15.65 \text{ Kg/hora de vapor} = 8437 \text{ Kcal / hora de vapor.}$$

Equivale a 9,81 kW

“El método indirecto es una metodología de evaluación de la eficiencia térmica de un caldero teniendo en cuenta los flujos de energía calorífica de entrada y de salida de un caldero tomado como un volumen de control. Para lo cual el flujo de calor suministrado es aportado por el combustible en función a su poder calorífico inferior y temperatura a lo cual ingresa al al quemador. Por otro lado el flujo de calor útil está asociado al flujo masico de vapor obtenido multiplicado por la diferencia entre las entalpias de salida de vapor saturado a la presión de generación del caldero y la entalpia del agua suministrada al caldero en función a su presión y temperatura de suministro. Es muy importante la disponibilidad de instrumentación adecuada para la medición de los flujos y control de la presión y temperatura, se deberá tener cuidado en los valores del poder calorífico inferior del combustible el cual deberá provenir del ministerio de energía y minas o de OSINERGMIN”.

El rendimiento esta evaluado usando la fórmula:

$$\eta = \frac{\text{Energia o Potencia Calorifica Util}}{\text{Energia o Potencia Calorifica suministrada}} * 100\% \quad \dots (1)$$

$$\eta = \frac{\dot{m}_v * (h_2 - h_1)}{\dot{m}_c * Pci} * 100\% \quad \dots (2)$$

Dónde:

$\dot{m}_v$  =Flujo de vapor generado por hora,

$(h_2 - h_1)$ =Diferencias de entalpía de vapor.

$\dot{m}_c$  =Flujo másico del combustible,

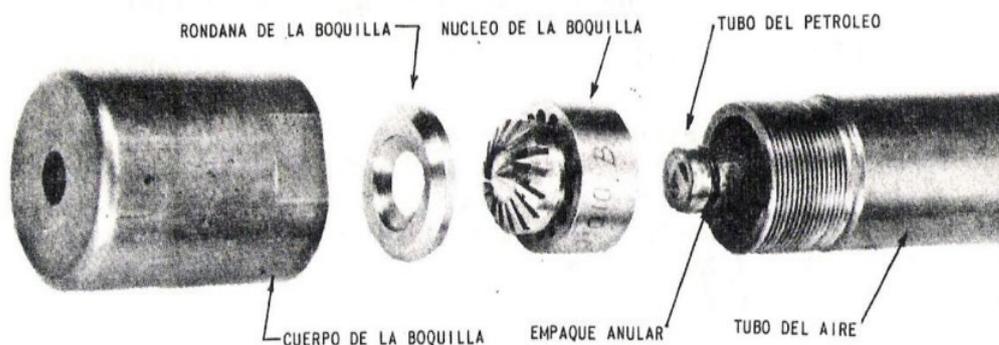
Pci: Poder calorífico inferior.

(Renovetec,2016) “El gas natural licuado que se suministra a una instalación industrial, comercial o de servicio debe estar sometido a condiciones de suministro normalizados para un ingreso seguro. Deberá tener una presión con un margen de seguridad tal como se estipula en la normativa técnica vigente, del mismo modo debe llegar a una temperatura correcta y el grado de limpieza debe ser cumplido. Con lo referente a su composición química, el gas natural licuado deberá contener la proporción de metano y etano libre de impurezas y humedad. Deberá tenerse conocimiento que el flujo de gas consumido y el valor exacto de su poder calorífico con la finalidad de aplicarse correctamente las tarifas de gas natural vigente según su volumen de consumo. Por otro lado, la estación de regulación y medida (ERM) tiene la función principal de regular la presión del suministro”.

(Bocanegra,2017) “El petróleo residual 500, es un combustible propio del Perú obtenido del proceso de fraccionamiento del petróleo crudo en la refinería de talara y la pampilla, se caracteriza porque su viscosidad no debe exceder a los 500 SSF, a la temperatura de 122°F. Se distingue del Petróleo Industrial N°6 o bunker 6 básicamente por la densidad y la temperatura de ignición, así como tienen poderes caloríficos inferiores son similares. Este combustible se obtiene o se prepara mezclando los residuales obtenidos de las diferentes operaciones de refinación cuyas

viscosidades son muy superiores a los 500 SSF a 122°F, y los destilados más ligeros, reduciendo de esta forma su viscosidad hasta viscosidades menores o iguales a 500 SSF a 122°F como lo indican las normas vigentes. Su aplicación netamente industrial, es amplia en los equipos de producción de energía en refinerías, plantas cementeras, fundiciones, entre otras que tengan hornos y calderos.

(Deza & Varas,2017)” La comercialización del petróleo residual se efectúa en volumen; siendo éste variable con la temperatura, deberá controlarse estrictamente que se cumplan las normas establecidas para su despacho en plantas de ventas y que el volumen despachado realmente ingrese a planta. El residual se factura a 25°C; siendo práctica normal que se despache a mayor temperatura para facilitar su bombeo (45°C). La necesidad de mantener un volumen mínimo de combustible que garantice la sostenibilidad de la operación de una planta consumidora de energía establece la necesidad de una etapa intermedia entre la recepción del combustible y su quema en los quemadores”.



**figura 3. Quemador estático para petróleo presurizado**

Fuente: Caldera Claver Brooks

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicativo, se evaluó los problemas reales y se determinó cómo influyen en los indicadores de desempeño energético el cambio de combustible en calderos desde petróleo R500 a gas natural licuado.

La perspectiva de esta investigación es cuantitativa, no experimental Con características descriptivas y explicativas. Ya que está establecida en un periodo de tiempo, tratando de no alterar las variables independientes, lo cual permite estudiar el problema planteado por lo que de esta manera se puede plantear lineamientos para la identificación, análisis del problema y determinar la influencia del cambio de combustible de Petróleo R500 a gas natural en la mejora de los indicadores de desempeño energético.

Diseño –Descriptivo correlacional

**M: O1 X → O2 →**

Dónde:

M = Calderos de la Empresa.

O1 = Indicadores de

desempeño energético antes del cambio de combustible.

X = Cambio de combustible de Petróleo R500 a gas natural licuado

O2 = Indicadores de desempeño energético después del cambio de combustible.

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable independiente,** Cambio de combustible.

**Definición conceptual,** “Es aquella actividad tecnológica de sustituir un combustible por otro por constituir la mejor opción de suministro energético en términos técnicos y económicos, resultará de la mayor importancia disponer de criterios adecuados de comparación de las características que condicionan su disponibilidad, suministro, precombustión, combustión y postcombustión”. (Guevara,2019)

**Definición operacional,** es el conjunto de actividades tecnológicas para el cambio de combustible desde petróleo R500 a gas natural.

**Indicador,** flujo de combustible, costo anual de combustible, presión y caudal del gas natural licuado y diámetro de tubería para suministro de gas natural.

**Escala,** nominal

**Variable dependiente,** Indicadores de desempeño energético.

**Definición conceptual,** “valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización o empresa. Los indicadores de desempeño energético pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo” (Quezada,2020)

**Definición operacional,** valores de desempeño obtenidos antes y después del cambio de combustible en los calderos.

**Indicador,** Indicadores de desempeño energético técnico, Indicadores de desempeño energético económico, Indicadores de desempeño energético ambiental.

**Escala de medición,** razón.

**Tabla 1.variables:**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de Medición
Independiente Cambio de combustible	“Es aquella actividad tecnológica de sustituir un combustible por otro por constituir la mejor opción de suministro energético en términos técnicos y económicos, resultará de la mayor importancia disponer de criterios adecuados de comparación de las características que condicionan su disponibilidad, suministro, precombustión, combustión y postcombustión.” (Guevara,2019)	Es el conjunto de actividades tecnológicas para el cambio de combustible desde petróleo R500 a gas natural licuado.	Flujo de combustible.  Costo anual de combustible.  Presión y caudal del gas natural licuado.  Diámetro de tubería para suministro de gas natural licuado.	Nominal
Dependiente Indicadores de desempeño energético	“Valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización o empresa. Los idens pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo.” (Quezada,2020)	Valores de desempeño obtenidos antes y después del cambio de combustible en los calderos.	Indicadores de desempeño energético técnico.  Indicadores de desempeño energético económico.  Indicadores de desempeño energético ambiental.	Razón

Nota. Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Población, Muestra:**

**Población:** La Población son 09 calderos pirotubulares que cuenta con una capacidad de producción de 120 Toneladas/hora. La población y muestra es única, con selección de la muestra de estudio de forma intencional.

**Muestra:** son 09 calderos pirotubulares de la empresa cantarana

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

**Análisis de Datos Históricos:** Es el análisis de consumo de combustible y sus costos operativos durante su consumo en calderos, que permitirá obtener los datos históricos, medir los indicadores inicialmente y mostrar las características de las variables en estudio.

**Observación No Experimental:** Técnica que se realizó antes de experimentar con las variables; es decir, la observación de los problemas tal y como se muestran en la realidad, de tal forma que permitió conocer la situación actual del sistema de gestión.

**Revisión Documental:** Análisis de los documentos de la empresa que permitió recolectar los datos sobre las variables de interés.

**Análisis Documental:** Es el análisis y revisión de normas técnicas peruanas para el objeto en estudio, que permitió obtener los fundamentos y detalles para el cambio de combustible de petróleo R500 a gas natural licuado.

**Matriz de comparación de indicadores:** Formato en el que se definió el propósito para el análisis, en el que se establece los criterios de evaluación y el método de evaluación para comparar los indicadores de desempeño energético antes y después del cambio de combustible

### **3.5. Procedimientos:**

se realizará una revisión de los reportes de consumo de combustible en los calderos pirotubulares y costos operativos, haciendo uso de la información en Excel los formatos en el que se registró información que permitirá a medir los indicadores de la variable dependiente en este caso indicadores de desempeño energético, con lo cual se determinara la máxima demanda de gas natural equivalente que permitirá

el dimensionamiento del sistema de combustible con gas natural licuado, con ello en el programa Excel se elaborará un programa secuencial del dimensionamiento de las redes internas de gas natural licuado para nuestro objeto en estudio.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Mediante la utilización de un programa computacional y cálculos matemáticos que se emplearán para el trabajo de investigación. Se realiza un análisis comparativo de los indicadores desempeño energético luego de aplicar el cambio de combustible desde petróleo R500 a gas natural licuado.

Se determinará primero los indicadores de desempeño energéticos consumiendo Petróleo Residual 500, a partir de un balance de energía en calderos. Se cuantificará la energía suministrada por el petróleo residual 500 y hallar su equivalente en gas natural licuado. Seleccionara la tarifa de gas natural licuado en función a los consumos equivalentes de combustible, determinara la mejora de los indicadores de desempeño energético haciendo uso del gas natural licuado y se realizara una evaluación económica de la sustitución de combustible.

### **3.7. Aspectos éticos:**

La investigación se realizó teniendo en cuenta el código de ética de la Universidad César Vallejo, en cumplimiento de los artículos establecidos en la Resolución de Consejo Universitario N°0275-2020/UCV. Es así que, de acuerdo al artículo 4º, búsqueda del bienestar, el autor no dio información de las personas involucradas en el estudio. Además, de acuerdo al artículo 8º responsabilidad del investigador, se mantuvo una conducta de respeto durante la ejecución de trabajo

## IV. RESULTADOS

En este capítulo se describió los resultados obtenidos en función a los objetivos planteados, los mismos que fueron representados en tablas y en gráficos con la finalidad de evidenciar el trabajo de campo, el uso de herramientas para el procesamiento de la información del estudio.

### 4.1 Diagnostico para determinar el estado situacional de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con petróleo R500.

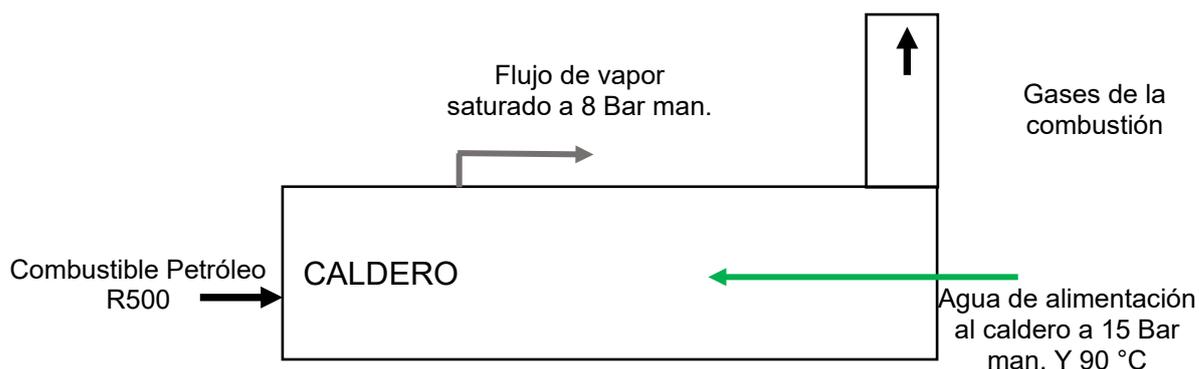
**Se realizó el balance de energía para determinar el flujo de másico de combustible en área de calderos.**

Consideraciones de cálculo.

Se encuentran en operación funcionando los Calderos N° 2,3,4, 5, 7, 8 y 9, mientras que en condición de reserva disponible los calderos N° 1 y 6 (Reserva Disponible de 1.400 BHP para situaciones de emergencia).

La eficiencia regulada de los equipos es de 85 %, la presión de operación para la generación de vapor saturado es de 8 bar manométricos, Las condiciones de alimentación de agua a cada caldero se realizan a través de bombas de agua tipo AURORA PUMP a una presión de 15 Bar y 90 °C.

“El Petróleo residual R500 tiene un poder calorífico inferior de 42,343 kJ/kg y una densidad de 3.678 kg/galón. “(Fuente de Petro Perú)



**Figura 1. Disposición de flujos en caldero pirrotubular**

**Fuente: Elaboración propia.**

“El Petróleo residual 500 tiene un poder calorífico inferior de 42,343 kJ/kg y una densidad de 3.678 kg/galón. (Fuente: Petroperú)”

Se presenta la información de valores de medición de operación de los Calderos:

**Tabla 2.características nominales de calderos de la empresa:**

	<b>Marca</b>	<b>BHP</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Presión (Bar)</b>	<b>Presión bomba de agua (Bar)</b>	<b>Temperatura agua (°C)</b>	<b>Flujo de R500 Galón/h</b>	<b>Condición</b>
<b>1</b>	MANSER	800	84%	8	15	90	0	Reserva
<b>2</b>	HURST	800	85%	8	15	90	180	Operación
<b>3</b>	HURST	800	85%	8	15	90	180	Operación
<b>4</b>	HURST	800	85%	8	15	90	175	Operación
<b>5</b>	CLEAVER.B	600	84%	8	15	90	130	Operación
<b>6</b>	CLEAVER.B	600	84%	8	15	90	0	Reserva
<b>7</b>	CLEAVER.B	800	85%	8	15	90	180	Operación
<b>8</b>	CLEAVER.B	800	85%	8	15	90	180	Operación
<b>9</b>	CLEAVER.B	800	85%	8	15	90	180	Operación

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de flujo de vapor en Caldero N° 2.

Se tienen los siguientes valores para ser utilizados en la ecuación:

Entalpia de vapor saturado evaluado a 9 bar (presión absoluta) = 2,772.1 kJ/kg.

Entalpia del agua de alimentación al caldero = 373.1 kJ/kg.

$$\eta = \frac{\dot{m}_v * (h_2 - h_1)}{\dot{m}_c * Pci} * 100\%$$

$$85 = \frac{\dot{m}_v * (2,772.1 - 373.1) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{180 \frac{\text{Gal.}}{\text{h}} * 3.678 \frac{\text{kg}}{\text{Gal}} * 42343 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} * 100\%$$

$$\dot{m}_v = 9,950 \frac{\text{kg}}{\text{k}} = 9.95 \text{ Ton/h}$$

Del mismo modo se determina el factor de carga con el cual el caldero se encuentra operando:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{BHP reales}}{\text{BHP nominal}} * 100\%$$

Para hallar los BHP reales, los cuales son equivalentes al flujo de energía utilizado para generar el vapor saturado, se hace el siguiente calculo:

$$\text{BHP reales} = \frac{\dot{m}_v * (h_2 - h_1)}{8,437 \text{ kcal/BHP}}$$

$$\text{BHP reales} = \frac{9,950 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * (2,772.1 - 373.1) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{8,437 \frac{\text{kcal}}{\text{BHP}} * 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}}}$$

$$\text{BHP reales} = 675.43 \text{ BHP}$$

$$\text{Factor de Carga} = \frac{675.43 \text{ BHP}}{800 \text{ BHP}} * 100\% = 84.43 \%$$

Se considera una utilización adecuada de un caldero cuando su factor de carga es superior a 75 %, y además es conveniente nunca “sobre exigir” su operación trabajando un factor de carga del 100%.

Resultados del balance de energía en calderos.

Se presentan los resultados para los 6 calderos restantes que se encuentran funcionando

**Tabla 3. balance de energía en calderos de la empresa:**

<b>Cald era</b>	<b>Marca</b>	<b>B H P</b>	<b>Eficien cia</b>	<b>Flujo de R500 Galó n/h</b>	<b>Fluj o de vapo r (Ton /h)</b>	<b>Fact or de carg a</b>
<b>1</b>	MANSE R	80 0	84%	0	0	0
<b>2</b>	HURST	80 0	85%	180	9.95	84.4 3%
<b>3</b>	HURST	80 0	85%	180	9.95	84.4 3%
<b>4</b>	HURST	80 0	85%	175	9.68	82.1 4%
<b>5</b>	CLEAVE R.B	60 0	84%	130	7.10	80.3 3%

<b>6</b>	CLEAVE	60	84%	0	0	0.00
	R.B	0				%
<b>7</b>	CLEAVE	80	85%	180	9.95	84.4
	R.B	0				3%
<b>8</b>	CLEAVE	80	85%	180	9.95	84.4
	R.B	0				3%
<b>9</b>	CLEAVE	80	85%	180	9.95	84.4
	R.B	0				3%

Fuente: Elaboración propia.

### Indicadores de desempeño energético con petróleo residual 500.

Para la determinación de los indicadores de desempeño energético se tienen cuenta los siguientes valores:

Precio promedio del petróleo R500 valorizado al año 2,021 = 9.2 S/./galón.

Así mismo para determinar los indicadores de desempeño energético ambiental se tienen en cuenta los valores de la fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17 del MINAM, se tienen los siguientes factores de emisiones:

Petróleo Residual 500 77.4 Ton CO<sub>2</sub>/TJ

GN 56.1 Ton CO<sub>2</sub>/TJ

Determinación del Indicador de desempeño energético técnico, según la ecuación:

$$IDE1 = \frac{180 \frac{\text{Galon Petroleo R00}}{h}}{9.95 \frac{\text{Tonelada de vapor}}{h}} = 18.09 \frac{\text{Galon Petroleo R500}}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Determinación del Indicador de desempeño energético económico, según la ecuación:

$$IDE2 = 18.09 \frac{\text{Galon Petroleo R500}}{\text{Tonelada de vapor}} * 9.2 \frac{S/}{\text{Galon Petroleo R500}}$$

$$IDE2 = 148.34 \frac{S/}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Determinación del Indicador de desempeño energético ambiental, según la ecuación:

$$IDE3 = 18.09 \frac{\text{Galon Petroleo R500}}{\text{Tonelada de vapor}} * 3.678 \frac{\text{kg}}{\text{Galon}} * 42343 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ TJ}}{10^9 \text{kJ}} * 77.4 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{TJ}}$$

$$IDE3 = 0.218 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Se presenta la tabla de resultados para los calderos de la empresa.

Con lo cual podemos obtener los siguientes valores promedio:

$$IDE1 \text{ promedio} = 18.12 \frac{\text{Galon Petroleo R500}}{\text{Tonelada de vapor}}$$

$$IDE2 \text{ promedio} = 166.71 \frac{S/}{\text{Tonelada de vapor}}$$

$$IDE3 \text{ promedio} = 0.218 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Tonelada de vapor}}$$

**Tabla 4. indicadores de desempeño energético con petróleo residual 500:**

Calder a	Marca	BH P	IDE1 (Galón R500/To n de vapor)	IDE2 (S/ /Tonela da de vapor)	IDE3 (Ton CO2/To n de vapor)
1	MANSER	800	0	0	0

2	HURST	800	18.09	166.43	0.218
3	HURST	800	18.09	166.43	0.218
4	HURST	800	18.08	166.34	0.218
5	CLEAVER	600	18.31	168.45	0.221
	.B				
6	CLEAVER	600	0	0	0
	.B				
7	CLEAVER	800	18.09	166.43	0.218
	.B				
8	CLEAVER	800	18.09	166.43	0.218
	.B				
9	CLEAVER	800	18.09	166.43	0.218
	.B				

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2 Determinar las características técnicas y económicas del cambio de combustible R500 a gas natural licuado :**

##### **Consideraciones de cálculo.**

Se presentan las estadísticas de consumo de combustible residual 500 para las temporadas del año 2020 y 2021. Las cuales están limitadas por la cuota de captura de anchoveta, el efecto del Covid-19 no ha afectado al proceso productivo de las empresas productoras de harina de pescado.

**Tabla 5. estadísticas de consumo de petróleo residual 500:**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Consumo Petróleo R500</b>
<b>2020</b>	Mayo	16378
	Junio	3678
	Noviembre	24316
	Diciembre	2188
<b>2021</b>	Junio	68061

Fuente: Elaboración propia.

#### **Potencial de energía equivalente de gas natural.**

Determinación del flujo de energía del petróleo residual 500

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

$$\text{Flujo de energía suministrado R500} = \text{Consumo R500} * \text{PCI}$$

Flujo de energía suministrado R500

$$= 16378 \frac{\text{Galones R500}}{\text{mes}} * 42343 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 3.678 \frac{\text{kg}}{\text{galon}} * \frac{1 \text{ GJ}}{1000000 \text{ kJ}}$$

$$\text{Flujo de energía suministrado R500} = 2548.59 \frac{\text{GJ}}{\text{mes}}$$

**Tabla 6. flujo de energía suministrado por el petróleo residual 500:**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Consumo Petróleo R500</b>	<b>Flujo de energía (GJ/mes)</b>
<b>2020</b>	Mayo	16,378	2,548.59
	Junio	3,678	572.34
	Noviembre	24,316	3,783.83
	Diciembre	2,188	340.48
<b>2021</b>	Junio	68,061	10,591.01

Fuente: Elaboración propia.

Determinación del flujo de gas natural equivalente a las temporadas 2020-2021.

Se toma en cuenta la siguiente consideración:

$$\text{Flujo de energía suministrado R500} = \text{Flujo de energía suministrado GN}$$

Además, para los cálculos tenemos los siguientes valores:

Poder calorífico del gas natural licuado = 9,643 kcal/m<sup>3</sup> = 40,308 kJ/m<sup>3</sup> (Fuente: Osinergmin)

Realizando el cálculo para el mes de mayo 2020.

$$\text{Flujo de energía suministrado GNL} = 2,548.59 \text{ GJ/mes}$$

$$\text{Flujo de energía suministrado GNL} = \text{Flujo de GN} * \text{PCI}$$

$$2,548'590,000 \frac{\text{kJ}}{\text{mes}} = \text{Flujo de GNL} * 40,308 \text{ kJ/m}^3$$

$$\text{Flujo de GNL} = 63,228 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

Seguidamente se presentan los resultados del flujo de gas natural licuado equivalente:

**Tabla 7. flujo de energía suministrado por el petróleo residual:**

Año	Mes	Consumo Gas Natural (m3)
2020	Mayo	63,228
	Junio	14,199
	Noviembre	93,873
	Diciembre	8,447
2021	Junio	262,752

Fuente: Elaboración propia

### **Selección de tarifa optima de gas natural licuado.**

Para la selección del volumen contratado de gas natural licuado con la Empresa Quavii se selecciona el mayor valor mensual de los flujos de energía con gas natural licuado equivalente el cual es igual a: 262,752 m3.

Así mismo las consideraciones contractuales para las tarifas de gas natural licuado aplicadas en la zona de concesión de la Empresa Quavii son correspondientes a la categoría PESCA, según la tabla 1.

Para los cálculos tarifarios realizados para el mes de mayo 2020 haciendo uso de las ecuaciones.

Asimismo, se tienen los siguientes costos unitarios del gas natural licuado para Chimbote del mes enero 2021. (Ver anexo)

Costo unitario GNL= 0.65495 S/. /m3

Costo unitario Recargo FISE = 0.00701 S/. /m3

Costo unitario transporte virtual= 0.50773 S/. /m3

Costo unitario margen de distribución = 0.64591 S/. /m3

Costo unitario GNL = 1.8156 S/. /m3

Tenemos los siguientes cálculos:

$$\text{Costo GNL sin IGV} = 1.8156 \left( \frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \right) * 63,228 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \right) = 114,796.76 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo GNL con IGV} = 135,460.17 \left( \frac{\text{S/}}{\text{mes}} \right)$$

De igual forma el costo incluido el IGV para el petróleo R500 es:

$$\text{Costo R500 con IGV} = 16,378 \left( \frac{\text{Galon}}{\text{mes}} \right) * 9.2 \left( \frac{\text{S/}}{\text{galon}} \right) = 150,677.60 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

Para el mes de mayo 2020 se tienen los siguientes ahorros económicos:

$$\text{Ahorro economico mayo 2020} = 150,677.60 - 135,460.17 = 15,217.43 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

Se presenta la tabla 08 con el comparativo de costos entre el gas natural licuado y el petróleo residual 500.

**Tabla 8. Comparativo de costos gas natural licuado y petróleo R500:**

Año	Mes	Consumo Gas Natural licuado (m3)	Costo mensual con IGV GN (S/)	Costo mensual con IGV R500 (S/)	Ahorro económico (S/)
<b>2020</b>	Mayo	63228	135460.17	150677.60	15217.43
	Junio	14199	30420.05	33837.60	3417.55
	Noviembre	93873	201114.27	223707.20	22592.93
	Diciembre	8447	18096.92	20129.60	2032.68
<b>2021</b>	Junio	262752	562921.99	626161.20	63239.21

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Dimensionamiento de las instalaciones

Teniendo en cuenta los datos nominales de los calderos se realiza el dimensionamiento del sistema de gas natural licuado en función a la potencia instalada, en este caso según la tabla 1 se realiza la conversión equivalente del consumo nominal de petróleo residual 500 a gas natural licuado. Se presenta el cálculo para el caldero 2 que tiene un consumo nominal de 188 galones/h de combustible.

$$\text{Flujo de energía nominal suministrado R500} = \text{Consumo R500} * \text{PCI}$$

Flujo de energía nominal suministrado R500

$$= 188 \frac{\text{Galones R500}}{\text{hora}} * 42343 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 3.678 \frac{\text{kg}}{\text{galon}} * \frac{1 \text{ GJ}}{1000000 \text{ kJ}}$$

$$\text{Flujo de energía nominal suministrado R500} = 29.28 \frac{\text{GJ}}{\text{h}}$$

Determinación del flujo de gas natural nominal para dimensionamiento de la red de gas natural licuado.

Flujo de energía nominal suministrado R500

$$= \text{Flujo de energía nominal suministrado GNL}$$

$$\text{Flujo de energía nominal suministrado GNL} = 29.28 \text{ GJ/h}$$

$$\text{Flujo de energía nominal suministrado GNL} = \text{Flujo de GNL} * \text{PCI}$$

$$29'280,000 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} = \text{Flujo de GNL nominal} * 40,308 \text{ kJ/m}^3$$

$$\text{Flujo de GNL nominal} = 727 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se presentan los resultados de los flujos nominales de gas natural licuado por caldero para el dimensionamiento de la red interna de gnl.

**Tabla 9.determinación de la demanda de gas natural licuado para diseño:**

Cald era	Marca	B H P	Consumo	Consumo	Condi ción	Sum a par a el cau dal de dise ño m3/ h
			Gal/h	m3/h		
1	MANSE R	80 0	188	727	Reserva	0
2	HURST	80 0	188	727	Operaci ón	727
3	HURST	80 0	188	727	Operaci ón	727
4	HURST	80 0	188	727	Operaci ón	727
5	CLEAV ER.B	60 0	141	545	Operaci ón	545
6	CLEAV ER.B	60 0	141	545	Reserva	0
7	CLEAV ER.B	80 0	188	727	Operaci ón	727
8	CLEAV ER.B	80 0	188	727	Operaci ón	727
9	CLEAV ER.B	80 0	188	727	Operaci ón	727
<b>CAUDAL DE DISEÑO O MAXIMA DEMANDA DE GNL (m3/h)</b>						<b>490 7</b>

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se presenta las condiciones de diseño para la acometida de gas natural, los cuales son las siguientes:

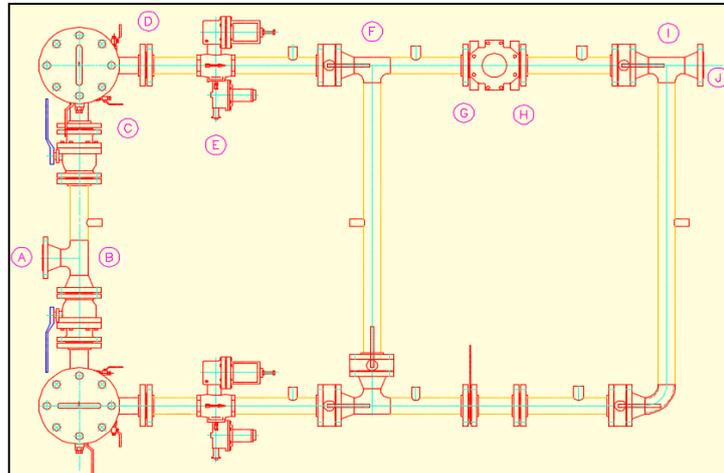
**Tabla 10.consideraciones de diseño:**

DETALLE	UNIDADE S	SÍMBOL O	DATOS
Caudal autorizado por Quavii	Sm <sup>3</sup> /h	Q	6,000
Presión máx. de diseño	bar	P <sub>max</sub> diseño	6
Presión máx. de red	bar	P <sub>max</sub>	5.5

Presión min. de red	bar	$P_{min}$	2
Presión regulada (red interna)	bar	$P_{reg}$	1

Fuente: Elaboración propia

**figura 4.distribución de componentes de la ERM:**



En el Anexo se presenta el plano isométrico de distribución de planta. Como ejemplo se describe las características principales de la instalación para el tramo de la red principal desde la ERMP hasta uno de las 9 ERS.

Tramo AB: Salida de la ERMP (tubería aérea SCH 40 de 10")

Tramo BC: Red interna principal hasta punto de bifurcación en dos suministros internos. (tubería aérea y enterrada SCH 40 de 8")

Tramo CD: Red interna secundaria 1 desde punto de bifurcación hasta válvula de corte. (tubería aérea SCH 40 de 8")

Tramo DE: Red interna secundaria 1 desde la válvula de corte hasta punto de derivación hacia Caldero 4. (tubería aérea SCH 40 de 6")

Tramo EE': Red interna derivación hacia caldero 4 desde punto de derivación a caldero 4 hasta reducción de tubería. (tubería aérea SCH 40 de 6")

Tramo E' ERS4: Red interna hacia caldero 4 desde punto de reducción de tubería hasta estación de regulación secundaria 4. (tubería aérea SCH 40 de 3")

En el Anexo se presenta la planilla de cálculos para la determinación de las caídas de presión permitidas en la red interna, velocidades por tramo y así mismo los diámetros y material de las tuberías.

#### 4.4 Potencial de mejora de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con gas natural licuado.

Para la determinación de los indicadores de desempeño energético se tienen cuenta los siguientes valores:

Precio promedio del gas natural licuado 1.8156 S/. /m<sup>3</sup>.

Así mismo para determinar los indicadores de desempeño energético ambiental se tienen en cuenta los valores de la fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, GNL 56.1 Ton CO<sub>2</sub>/TJ

Determinación del Indicador de desempeño energético técnico, según la ecuación, Para el Caldero N° 2 se determina la equivalencia de los 180 Galones/h = 695 m<sup>3</sup>/h.

$$\text{IDE1 GNL} = \frac{695 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{9.95 \frac{\text{Tonelada de vapor}}{\text{h}}} = 69.85 \frac{\text{m}^3}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Determinación del Indicador de desempeño energético económico, según la ecuación:

$$\text{IDE2 GNL} = 69.85 \frac{\text{m}^3}{\text{Tonelada de vapor}} * 1.8156 \frac{\text{S/}}{\text{m}^3}$$

$$\text{IDE2 GNL} = 126.82 \frac{\text{S/}}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Determinación del Indicador de desempeño energético ambiental, según la ecuación:

$$\text{IDE3 GNL} = 69.85 \frac{\text{m}^3}{\text{Tonelada de vapor}} * 40,308 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ TJ}}{10^9 \text{ kJ}} * 56.1 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{TJ}}$$

$$\text{IDE3 GNL} = 0.158 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Se presenta la tabla de resultados para los calderos de la empresa.

#### Tabla 11. indicadores de desempeño con GNL:

Caldera	Marca	BHP	IDE1 (m <sup>3</sup> GNI/Ton de vapor)	IDE2 (S/ /Tonelada de vapor)	IDE3 (Ton CO <sub>2</sub> /Ton de vapor)
1	MANSER	800	0	0	0
2	HURST	800	69.85	126.82	0.158
3	HURST	800	69.85	126.82	0.158
4	HURST	800	69.83	126.79	0.158
5	CLEAVER.B	600	70.58	128.14	0.16
6	CLEAVER.B	600	0.00	0	0
7	CLEAVER.B	800	69.84	126.8	0.158
8	CLEAVER.B	800	69.85	126.82	0.158
9	CLEAVER.B	800	69.84	126.8	0.158

Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual podemos obtener los siguientes valores promedio:

$$\text{IDE1 promedio GNL} = 69.95 \frac{\text{m}^3}{\text{Tonelada de vapor}}$$

$$\text{IDE2 promedio GNL} = 127 \frac{\text{S/}}{\text{Tonelada de vapor}}$$

$$\text{IDE3 promedio GNL} = 0.158 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{Tonelada de vapor}}$$

Seguidamente se presentan los resultados de la comparación de los indicadores de desempeño energético de la empresa, donde el IDE1 no cuenta con mejora debido a que ambos combustibles generan el mismo flujo de energía, mientras que el IDE2 mejora 23.8% , con lo cual se demuestra que es mejor económicamente el uso del gas natural y el IDE3 mejora en 27.5 %, siendo este indicador de desempeño mas susceptible de mejorar debido a las menores emisiones de gases de efecto invernadero durante la combustión del gas natural.

**Tabla 12.Mejora de indicadores de desempeño energético:**

<b>Combustible/IDEs</b>	<b>IDE1 (unidad de consumo/Ton de vapor)</b>	<b>IDE2 (S/ /Tonelada de vapor)</b>	<b>IDE3 (Ton CO2/Ton de vapor)</b>
<b>Petróleo Residual 500</b>	18.11	166.65	0.218
<b>Gas Natural Licuado</b>	69.95	127.00	0.158
<b>Reducción</b>	No existe mejora ya que ambos combustibles generan el mismo flujo de energía	39.65	0.06
<b>% Mejora</b>		23.8%	27.5%

#### **4.5Evaluación económica por sustitución de combustible.**

Se presenta el presupuesto económico de la instalación del gas natural licuado y reconversión de los 9 calderos de la empresa (se incluye a los 2 calderos en condición de reserva disponible. El dimensionamiento se realiza teniendo en cuenta una ERMP, red interna de distribución interna y 9 ERS.

Consideraciones para la evaluación económica:

Vida útil del proyecto: 20 años (por una instalación mecánica, y es un valor que se considera en la ley de concesiones eléctricas para instalaciones mecánicas y 30 años para instalaciones eléctricas, según el procedimiento de determinación de las tarifas en barra)

Tasa de interés de mercado 12 %:

**Tabla 13.presupuesto de obras y pruebas:**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>9,300.00</b>
<b>1.01</b>	Trazo y replanteo topográfico	und	1	1,500.00	1500
<b>1.02</b>	Cartel de obra	und	1	300.00	300
<b>1.03</b>	Transporte de materiales	glb	1	7,500.00	7500
<b>2</b>	<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DE ERMP</b>				<b>23,650.00</b>
<b>2.01</b>	Excavación de hoyos en terreno normal	m3	7	80.00	560.00
<b>2.02</b>	Válvulas y tubería	und	1	5000.00	5000.00
<b>2.03</b>	Instrumentación	und	1	12000.00	12000.00
<b>2.04</b>	Cimentación	m3	3.16	250.00	790.00

2.05	Dado de concreto	und	1	800.00	800.00
2.06	Montaje mecánico	und	1	2500.00	2500.00
2.07	Obra civil	und	1	2000.00	2000.00
<b>3</b>	<b>SUMINISTRO y MONTAJE DE RED INTERNA</b>				<b>24,600.00</b>
3.01	Excavación de hoyos en terreno normal	cjto	1	600.00	600.00
3.02	Tubería	cjto	1	12,000.00	12000.00
3.03	Válvulas	und	1	9,000.00	9000.00
3.04	Montaje	und	1	1,500.00	1500.00
3.05	Tapado de zanja	cjto	1	1,500.00	1500.00
<b>4</b>	<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DE ERS</b>				<b>44,100.00</b>
4.01	EXCAVACION	m3	9	100	900.00
4.02	DADO DE CONCRETO	und	9	450	4050.00
4.03	OBRA CIVIL	und	9	150	1350.00
5.04	VALVULERIA Y TUBERIA	und	9	700	6300.00
5.05	MEDIDORES	und	9	2500	22500.00
5.06	MONTAJE	und	9	1,000.00	9000.00
<b>6</b>	<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DE QUEMADORES</b>				<b>265,500.00</b>
6.01	Quemadores duales	und	9	27,000	243000.00
6.02	Montajes electromecánicos	und	9	1,000	9000.00
6.03	Protocolo de pruebas	und	9	1,500	13500.00
<b>7</b>	<b>PRUEBAS MECANICAS</b>				<b>31,000.00</b>
7.01	Protocolo de ensayos no destructivos	und	1	8,000	8000.00
7.02	Protocolo de ensayo de hermeticidad	und	1	8,000	8000.00
7.03	Protocolo de pintado tricapa PCM-UNIGAS-021	und	1	15,000	15000.00
<b>8</b>	<b>SUBTOTAL ACTIVIDADES</b>				<b>398,150.00</b>
9	SUPERVISION EXTERNA	und	1	20,000	20000.00
10	GASTOS GENERALES 10%	und	1	39815.000	39815.00
11	SUBTOTAL OBRA	und	1	80.41	437,965.00
12	IGV	und	1	78833.7	78833.70
13	TOTAL	und	1	1	<b>516,798.70</b>

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Valor actual neto y tasa interna de retorno:

Se tiene un costo de mantenimiento anual de la instalación de S/ 9,000.00

El ahorro anual se determina entre la media aritmética de los ahorros anuales de los años 2022y 2023.

$$\text{Ahorro anual medio} = \frac{43,260.59 + 63,239.21}{2} = \text{S/ } 53,249.90$$

Se determinó el valor del VAN el cual es igual a S/ 282,687.43 y un valor del TIR igual 5.78 %.

ANALISIS ECONOMICO				
	Ingresos			
	Ahorro de Combustible	53249.90		
	Egresos			
	OM	9000.00		
	Inversion Total			
	Inversion	516798.90		
Periodo	INVERSION	EGRESOS	INGRESOS	SALDO
0	516798.90			-516798.90
1		9000.00	53249.90	44249.90
2		9000.00	53249.90	44249.90
3		9000.00	53249.90	44249.90
4		9000.00	53249.90	44249.90
5		9000.00	53249.90	44249.90
6		9000.00	53249.90	44249.90
7		9000.00	53249.90	44249.90
8		9000.00	53249.90	44249.90
9		9000.00	53249.90	44249.90
10		9000.00	53249.90	44249.90
11		9000.00	53249.90	44249.90
12		9000.00	53249.90	44249.90
13		9000.00	53249.90	44249.90
14		9000.00	53249.90	44249.90
15		9000.00	53249.90	44249.90
16		9000.00	53249.90	44249.90
17		9000.00	53249.90	44249.90
18		9000.00	53249.90	44249.90
19		9000.00	53249.90	44249.90
20		9000.00	53249.90	44249.90
VAN	282,687.43			
TIR	5.78%			

**Tabla**

**14: indicadores de evaluación económica:**

## V. DISCUSIÓN

Del análisis de la información de la demanda data histórica disponible se realizó un balance de energía y se determinó que se produce 66,53 Toneladas/hora de vapor saturado, encontrándose operativos los calderos 2,3,4,5,7,8 y 9 y en condición de reserva disponible los calderos 1 y 6 , sumando una capacidad instalada de 6,800 BHP.

Se optó por el reemplazo del Petróleo R500 por gas natural realizando el dimensionamiento en función de la capacidad de diseño de los calderos con un valor de 4 907 Sm<sup>3</sup>/h de gas natural teniendo en cuenta solo los calderos en funcionamiento de 800 y 600 BHP con los cuales se realiza actualmente la cobertura de la vapor saturado, el diseño de la red interna incluye conexiones para los 09 Calderos instalados con tuberías de 8" para la salida desde la ERMP , tubería de 6" para la troncal principal y con tuberías de 3" para cada de las 09 derivaciones hacia las ERS de cada caldero, las tuberías son de acero SCH 40 (a baja presión), con una velocidad máxima de 26,22 m/s menor al valor máximo estipulado de 30 m/s según la NTP 111.110 para instalaciones industriales de gas natural. Una presión de diseño de 6 bar y caída de presión máxima de 0,34 bar desde la ERMP hasta la ERS1 (un máximo 5,6 % el cual es un valor permitido para una instalación industrial, siendo un máximo de 10 % con respecto a la presión de diseño). A diferencia de la investigación realizada por Barrantes W. y Gómez D. quienes realizaron la sustitución de combustible petróleo BD5 por gas natural en un caldero 125 BHP, con tuberías de 2" de acero SCH 40 con presión de 3 bar y un caudal de 120 Sm<sup>3</sup>/h de gas natural, para una velocidad de 3,98 m/s y caída de presión menor a 0,0077 bar.

Se propone el cambio de combustible desde petróleo residual 500 para generar una máxima demanda de vapor saturado de 66,53 Toneladas/hora con una eficiencia del 85 %, con lo cual en promedio el IDE2 se reduce desde 166,71 S/./tonelada de vapor hasta 127,64 S/./tonelada de vapor, con un porcentaje de mejora de 23,4 % con un ahorro económico anual de S/ 57 310,50, una inversión de S/ 516 798,90 para una instalación industrial de 09 calderos. A diferencia de la investigación realizada por Redhead J. para un caldero de 900 BHP con una producción de 2,67 Toneladas/hora

con una eficiencia del 77,08 % , quien consiguió un mayor ahorro económico debido a la mayor cantidad de horas de uso en este caso para la empresa CNC (Compañía nacional de cerveza).

Se obtuvieron mejoras de los IDE 2 en 23,4 % y del IDE3 en 27,1 %, mientras que el IDE1 (Indicador de desempeño energético relacionado al combustible se mantiene constante, debido a que en el cambio de combustible se realiza el cambio teniendo en cuenta que el flujo de energía generado debe ser el mismo, ya sea consumiendo petróleo residual 5000 o gas natural. Se coincide con la metodología de la investigación de Quezada B. quien obtuvo mejoras de sus indicadores de desempeño energético económico de 58,6 %, en esta investigación no se realizó el cálculo del IDE3.

Con respecto a la inversión realizada la cual es de S/ 516 798,90 , se obtiene un valor del VAN favorable de S/ 282 687,43, pero el valor del TIR igual 5.78 % no es un indicador de rentabilidad favorable, esto debido a que la operación de la empresa es función de las horas anuales de operación y de la cuota anual de pesca, aunque aun así la empresa ha instalado la red industrial de gas natural. A diferencia de la investigación realizada por Deza O. y Varas G. el año 2,015 en el cual el panorama productivo era mucho mayor al presente, quienes tuvieron como resultados mayores ahorros anuales lo que permite valores mayores del VAN y el TIR.

## VI. CONCLUSIONES

Se realizó un diagnóstico situacional de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con petróleo residual 500 obteniéndose los siguientes resultados promedio: IDE1 igual a 18,12 Galones de petróleo R500/Tonelada de vapor producido, IDE2 igual a 166,71 Soles por facturación de petróleo R500/ Tonelada de vapor producido e IDE3 igual a 0,218 Toneladas CO<sub>2</sub> emitido/ Tonelada de vapor producido. Los cuales son valores relativamente altos debido al precio del petróleo R500, el cual inclusive para estos periodos de post pandemia ha incrementado su costo unitario a 11,00 Soles/galón.

El cambio de combustible desde petróleo residual 500 a gas natural, involucra un contrato con la Empresa Quavii con una categoría tarifaria para el sector pesca, lo cual permite un ahorro económico del 10 %, con un precio del gas natural igual a 1,8156 S/. /m<sup>3</sup>. A pesar de contarse con un cargo unitario único para las 6 ciudades conformantes de la red de ciudades que son abastecidas por gas natural en el norte del país.

Del mismo modo las instalaciones que incluyen la ERMP, redes internas y ERS se han dimensionado en función a la demanda nominal de gas natural el cual es de 4 907 m<sup>3</sup>/h. Mientras que la selección de las tuberías de acero garantiza una confiabilidad de la red de gas natural interna, las cuales se han realizado en función a la NTP 110.011.

En lo referente a la mejora de los indicadores de desempeño energético con matriz energética con gas natural, estos han mejorado en lo referente a los IDE2 e IDE3, así tenemos los siguientes resultados: IDE2 igual a 70,3 Soles por facturación de petróleo R500/ Tonelada de vapor producido con una mejora del 23,4 % valor muy significativo (el cual como valor promedio es del 20%) e IDE3 igual a 0,159 Toneladas CO<sub>2</sub> emitido/ Tonelada de vapor producido con una mejora de 27,1 %. Con este último indicador se verifica la importancia en la determinación del efecto del consumo de combustible, la producción y la emisión de gases de efecto invernadero.

Se determinó un valor del presupuesto de obra y pruebas de S/ 516 798,90, un ahorro económico promedio anual de S/ 53 249,90, con lo cual se determinó un valor del VAN el cual es igual a S/ 282 687,43 y un valor del TIR igual 5,78 %. Con respecto al valor del VAN obtenido, el proyecto es rentable económicamente al tener un valor positivo alto, mientras que un análisis con el TIR, el proyecto tiene una alta rentabilidad al tener un valor inferior al 12% , siendo esta última la tasa de inversión del mercado peruano.

## **VII. RECOMENDACIONES**

La investigación se ha realizado teniendo en cuenta la información de los años 2,021 y 2,020, técnica, económica y ambientalmente es beneficioso, sus indicadores de desempeño energético y ahorros están en función del consumo de combustible a reemplazar y de la materia prima capturada para procesar a la empresa. Se recomienda realizar una evaluación de corto plazo (dentro de 5 años) para reevaluar los indicadores de la evaluación económica. Durante periodo de la pandemia hubo una relativa reducción de los costos de los combustibles en este caso el petróleo, actualmente el precio de este combustible se a incrementado hasta valores de 11,0 Soles/galón lo que hace urgente migrar hacia el gas natural.

Se ha selección ha seleccionado tuberías de acero en vez de tuberías polietileno, debido a la mayor resistencia y esfuerzos que puede soportar el acero, se recomienda programar las tareas de mantenimiento preventivo por lo menos trimestralmente para verificar el estado de las instalaciones, ya sea en tuberías a través de pruebas ultrasonido (en el caso de estar enterradas y verificación de los sistemas de válvulas y equipos de medición conformantes del sistema de medición y regulación y la red de distribución interna de gas natural dentro de la empresa.

Al realizar las pruebas e inspecciones de los equipos se recomienda realizarla en cumplimiento a las disposiciones y normativas de la DGH-MINEM y con personal técnico calificado IG3 para lo referente a Ingenieros e IG1 para el personal técnico calificado para el montaje electromecánico.

Se recomienda contar con una cadena de logística de repuestos normalizados de los diversos componentes de la red interna de gas natural, con esto en caso de tenerse una necesidad de compra de repuestos, estos no tengan un periodo de llegada desde Lima a Chimbote, para los cuales sea urgente tenerlos disponible en almacenes.

Es recomendable hacer estudios para la viabilidad de la sustitución del combustible de los grupos electrógenos que actualmente operan con petróleo BD5 por gas natural y del mismo modo un estudio referente a la viabilidad de la implementación de la

tecnología de la cogeneración para la generación simultánea de energía eléctrica y energía térmica, teniendo en cuenta que ya se encuentra instalada la red de gas natural. La cogeneración como tecnología permitiría la generación de energía eléctrica y energía térmica para sus propios procesos por parte del mismo consumidor, independizándolo de la red externa de energía eléctrica, además con la posibilidad de convertirlo en vendedor de su energía eléctrica excedente.

Se recomienda tener una base de datos a nivel nacional referente a los Indicadores de desempeño energético con gas natural, los cuales servirían de valores de referencia a tomar en cuenta por las empresas que migren desde combustibles convencionales derivados del petróleo a gas natural, en este caso es rol del estado la tenencia y elaboración de estos indicadores de desempeño energético base.

El suministro de gas natural vía gasoducto virtual es la tecnología con el cual la cadena de suministro se realiza en la ciudad de Chimbote, tiene algunos aspectos que son necesarios mejorar tal como lo son componentes tarifarios por distancia, cargo por transporte virtual, el cual tiene un valor único independiente de la ciudad de llegada (ya sea Cajamarca o Chimbote o Chiclayo). Se recomienda realizar un estudio para tener un valor del cargo de gasoducto virtual diferenciado para cada ciudad, con lo cual se podría tener un costo unitario de este cargo mucho menor con el siguiente incremento de la rentabilidad de los proyectos de gas natural.

Se recomienda la realización de programas de capacitación en ,lo referente a obtener una mayor cantidad de instaladores de gas natural disponibles en la ciudad de Chimbote, con el cual se puede garantizar la oferta de un staff debidamente para la ejecución de los proyectos de gas natural , lo cual no ha ocurrido con la implementación del gas licuado de petróleo, sobre todo automotriz, el cual se realizó tanto las instalaciones industriales y sistemas automotrices empíricamente, lo que trajo como consecuencia en muchos casos instalaciones deficientes o mal realizadas, las cuales fueron por una falta de conocimiento del tema , aparte de que no existía una certificación que validara los conocimientos de los instaladores. Para este caso el rol de las Universidades y el SENATI deberán ser relevantes.

Se recomienda el dictado de cursos referentes de gas natural en los programas de estudio regular de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, lo cual conlleva a una revisión curricular de sus planes de estudio, esto con la finalidad de mejorar la oferta académica con respecto a temas de gas natural.

## REFERENCIAS

- Altamirano Y. (2014). Diseño, instalación y puesta en marcha de la red externa para el abastecimiento de 18609 m<sup>3</sup>/h de gas natural a baja presión. Refinería la Pampilla -Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Callao en Perú. Disponible el 20 de junio del 2021:  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_ea4ee05b2ee3c7cd9e7f99158f6e62e8/Description#tabnav](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_ea4ee05b2ee3c7cd9e7f99158f6e62e8/Description#tabnav)
- Barrantes y Gómez (2020). "Efecto del diseño de la red interna para abastecimiento de gas natural en la Empresa Cogorno – Planta Ventanilla". Tesis para optar el Título de Ingeniero en energía en la Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible el 7 de enero del 2022:<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3547>
- Barreto y Quiñones (2015). "Optimización de los indicadores de productividad de la empresa pesquera Ribaudó s.a. mediante el uso de gas natural licuado en el área de caldero". Tesis para optar el Título de Ingeniero en energía en la Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible el 7 de enero del 2022:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1933>
- Bocanegra W (2017). Influencia de los parámetros de operación en el rendimiento de la caldera Pirotubular en una planta de harina, 2017. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Privada San Pedro. Perú. Disponible el 7 de noviembre del 2021:  
[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5297/Tesis\\_56377.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5297/Tesis_56377.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Deza y Varas (2015). "Optimización del consumo de energía primaria con el uso del gas natural en las plantas de harina de pescado de la zona industrial del 27 de octubre de Chimbote". Tesis para optar el Título de Ingeniero en energía en la Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible el 17 de enero del 2021:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2002>

- Diaz. M (2018). "Modificación del sistema de combustión de calderas pirotubulares de 300 y 600 BHP de quemar petróleo residual a gas licuado de petróleo para disminuir la contaminación ambiental". Tesis para optar el Título de Ingeniero en Energía de la Universidad Nacional Callao. Perú. Disponible el 7 de enero del 2022:  
[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3816/D%C3%80AZ%20MARCOS\\_TESIS\\_2018-convertido.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3816/D%C3%80AZ%20MARCOS_TESIS_2018-convertido.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carhuaricra (2017). Propuesta de una red de gas natural para reducir los costos de instalación en empresas con categoría B. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Norbert Wiener, Perú. Disponible el 20 de noviembre del 2021:  
<http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/993/TITULO%20-%20Carhuaricra%20Orellano%2C%20Milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo P. (2010). Combustión del Gas Natural. Texto en PDF. Primera edición. Perú.
- Chávez Ordoñez R. (2017). Diseño De Las Instalaciones y Redes Internas de Gas Natural en una Planta Industrial de Cochinilla en la Ciudad de Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Católica Santa María de Arequipa, Perú, Disponible el 20 de diciembre del 2021:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/198125732.pdf>
- Coapaza D. (2015), "Análisis técnico - económico del uso del gas natural como alternativa energética en el sector residencial de la provincia de Arequipa". Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Disponible el 20 de enero del 2022.  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3324/llcoqued.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coll (2018). Tarifas. Revista economipedia. México. Disponible el 10 de noviembre del 2021: <https://economipedia.com/definiciones/tarifa.html>
- Gasteco. (2020). Soluciones con calderas CB y recuperadores de calor. Página web de empresa Gasteco. Colombia. Disponible el 11 de noviembre del 2021:  
<http://gasteco.com.co/DOC/BROCHURE%20GASTECO%20CLEAVER%20DESCARRGA.pdf>

- Guevara R. (2019), "Manual de Auditorías Energéticas". Universidad Nacional del Santa. Perú. 85 p.
- Intesa (2020). Calderos Pirotubulares. Página web de empresa INTESA. Disponible el 11 de enero del 2022: <http://calderasintesa.com/productos/>
- IPCC.(2014). Cambio Climático 2014, Informe Síntesis. Suiza: Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5).
- La llave (2020). Soluciones para GNC, GNL y GNV. Página web de empresa LA LLAVE. Perú. Disponible el 11 de diciembre del 2021: <https://www.la-llave.com/pe/tipo-de-lineas/soluciones-para-gnv-gnl-gnc/>
- Ministerio de vivienda y construcción del Perú. (2018). Norma Técnica de Edificación EM.40. Instalaciones de Gas. Gobierno del Perú. Disponible el 02 de febrero del 2022:[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/EM.\\_040\\_INSTALACIONES\\_DE\\_GAS.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/EM._040_INSTALACIONES_DE_GAS.pdf)
- Miranda H. (2017). "Análisis de la rentabilidad en proceso de productos hidrobiológicos empanizados, en una empresa pesquera del distrito de Paita – 2017". Tesis para optar el título de Contabilidad. Universidad Cesar Vallejo. Perú. Disponible el 11 de enero del 2022:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10765/miranda\\_th.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10765/miranda_th.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- NTP111.010 (2016). Norma Técnica Peruana Sobre Instalaciones de Gas Natural. Gobierno del Perú. Disponible el 7 de diciembre del 2021:  
<https://es.slideshare.net/AugustoPerez18/ntp-111010-instalaciones-internas-sistema-de-tuberias-industriales>
- Panchi A. (2015). Diseño de un sistema de gestión de energía en la empresa industria metálica Cotopaxi aplicando la norma ISO 50001. Tesis para optar el título de Ingeniero Electromecánico. Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador. 129 p.

Patricio W. (2020). Reemplazo del combustible DB5 por gas natural en una caldera Pirotubular de 700 BHP a fin de mejorar su eficiencia térmica. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Jorge Basadre de Tacna. Perú. Disponible el 20 de diciembre del 2021:  
[http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3820/1685\\_2019\\_patricio\\_a ncota\\_wr\\_fain\\_ingenieria\\_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3820/1685_2019_patricio_a ncota_wr_fain_ingenieria_mecanica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Quavii. (2021). Pliego Tarifario 2021-1. Empresa Quavii. Perú. Disponible 15 de enero del 2021:  
[http://www.gasesdelpacifico.pe/cargar\\_imagen.php?id=1720&tipo=6&thumbnail=FALSE](http://www.gasesdelpacifico.pe/cargar_imagen.php?id=1720&tipo=6&thumbnail=FALSE)

Quezada B (2020). Arreglo del suministro de energía para optimizar la línea base energética en Empresa Isadora S.A.C. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible el 10 de diciembre del 2021:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3552>

Racines A. (2018). Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Tesis para optar el grado de maestría en ingeniería ambientalista en la Universidad Simón Bolívar. Ecuador. Disponible el 3 de diciembre del 2021:  
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6058/1/T2552-MCCNA-Racines-Analisis.pdf>

Redhead Z (2019). Propuesta estratégica de gestión energética para reducir el consumo energético de la caldera Pirotubular Johnston Boiler de 900BHP de la empresa CNC S.A.C. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Cesar Vallejo. Perú. Disponible el 22 de diciembre del 2021:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38887>

Velayos (2018). Plazo de recuperación. Revista economipedia. México. Disponible el 18 de noviembre del 2021:

<https://economipedia.com/definiciones/payback.html>

Zapata J (2017). "Análisis de viabilidad para la instalación de una guardería de mascotas en la ciudad de Piura-2017". Tesis para optar el título de Administrador de empresas. Universidad Cesar Vallejo. Perú. Disponible el 2 de enero del 2022:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16883/Zapata\\_FJC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16883/Zapata_FJC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## ANEXOS

### PLIEGO TARIFARIO GAS NATURAL FACTOR K=0.9123 CONCESION NORTE

Vigente desde 1 de Enero 2021



CATEGORÍAS TARIFARIAS	RANGOS		SUMINISTRO GNL (1)		TRANSPORTE VIRTUAL (2)	DISTRIBUCION POR DUCTOS (3)			
	m3/mes		PRECIO GNL	RECARGO FISE		MARGEN COMERCIAL	MARGEN PROMOCION	MARGEN CAPACIDAD	MARGEN DISTRIBUCION
	Desde	Hasta	\$/m3	\$/m3		\$/cliente	\$/cliente	\$/m3/día	\$/m3
I	0	100	0.60700	0.00701	0.50773	1.62941	14.07216	0.00000	0.20475
IIA	101	300	0.60700	0.00701	0.50773	65.60192	0.00000	0.00000	0.83922
IIB	301	1000	0.65495	0.00701	0.50773	65.60192	0.00000	0.00000	0.83922
III	1001	5000	0.65495	0.00701	0.50773	242.68157	0.00000	0.00000	0.81048
IV	5001	38000	0.65495	0.00701	0.50773	0.00000	0.00000	7.73969	0.39144
V	38001	143000	0.65495	0.00701	0.50773	0.00000	0.00000	7.73969	0.39144
VI	143001	280000	0.65495	0.00701	0.37739	0.00000	0.00000	7.73969	0.20887
VII	280001	Más	0.65495	0.00701	0.29153	0.00000	0.00000	5.54763	0.08056
GNV	-	-	0.65495	0.00701	0.50773	0.00000	0.00000	2.48657	0.11374
PESCA	-	-	0.65495	0.00701	0.50773	0.00000	0.00000	0.00000	0.64591

#### FACTORES DE ACTUALIZACIÓN APLICADOS

SUMINISTRO DE GNL				
SERIE	BASE	VALOR	FA	VIGENCIA
IND1: SERIE WPU1191	128.00	217.76	1.5929	01/01/2021 - 31/12/2021
IND2: SERIE WPU05	101.08	144.58		
PP: SERIE WPSFD4131	149.80	209.10	1.3959	01/03/2020 - 28/02/2021
FDA: FACTOR DESCUENTO APLICADO	-	0.9549	0.9549	01/05/2020 - 30/04/2021
PP: SERIE WPSFD4131	184.70	210.40	1.1391	01/01/2021 - 31/12/2021

TRANSPORTE VIRTUAL				
SERIE	BASE	VALOR	FA	VIGENCIA
PP: SERIE WPSFD4131	185.30	211.30	1.1137	01/01/2021 - 31/12/2021
IPM: INDICE PRECIOS AL POR MAYOR	100.41	109.72		

DISTRIBUCION POR DUCTOS				
SERIE	BASE	VALOR	FA	VIGENCIA

#### CARGOS COMPLEMENTARIOS

CARGOS REGULADOS POR CORTE Y RECONEXIÓN (4)				
TIPO	CATEGORÍA	CORTE		RECONEXION
		\$/	\$/	\$/
TIPO 1	I, IIA, IIB, III, IV	18.07	20.99	
TIPO 1	V,VI,VII,GNV,PESCA	211.08	120.50	
TIPO 2	I, IIA, IIB, III, IV	25.17	41.57	
TIPO 2	V,VI,VII,GNV,PESCA	271.97	No Aplica	
TIPO 3	I	411.90	458.56	
TIPO 3	IIA, IIB, III, IV	420.29	458.56	
TIPO 3	V,VI,VII,GNV,PESCA- Acero	638.85	552.97	
TIPO 3	V,VI,VII,GNV,PESCA- Polietileno	461.63	539.27	

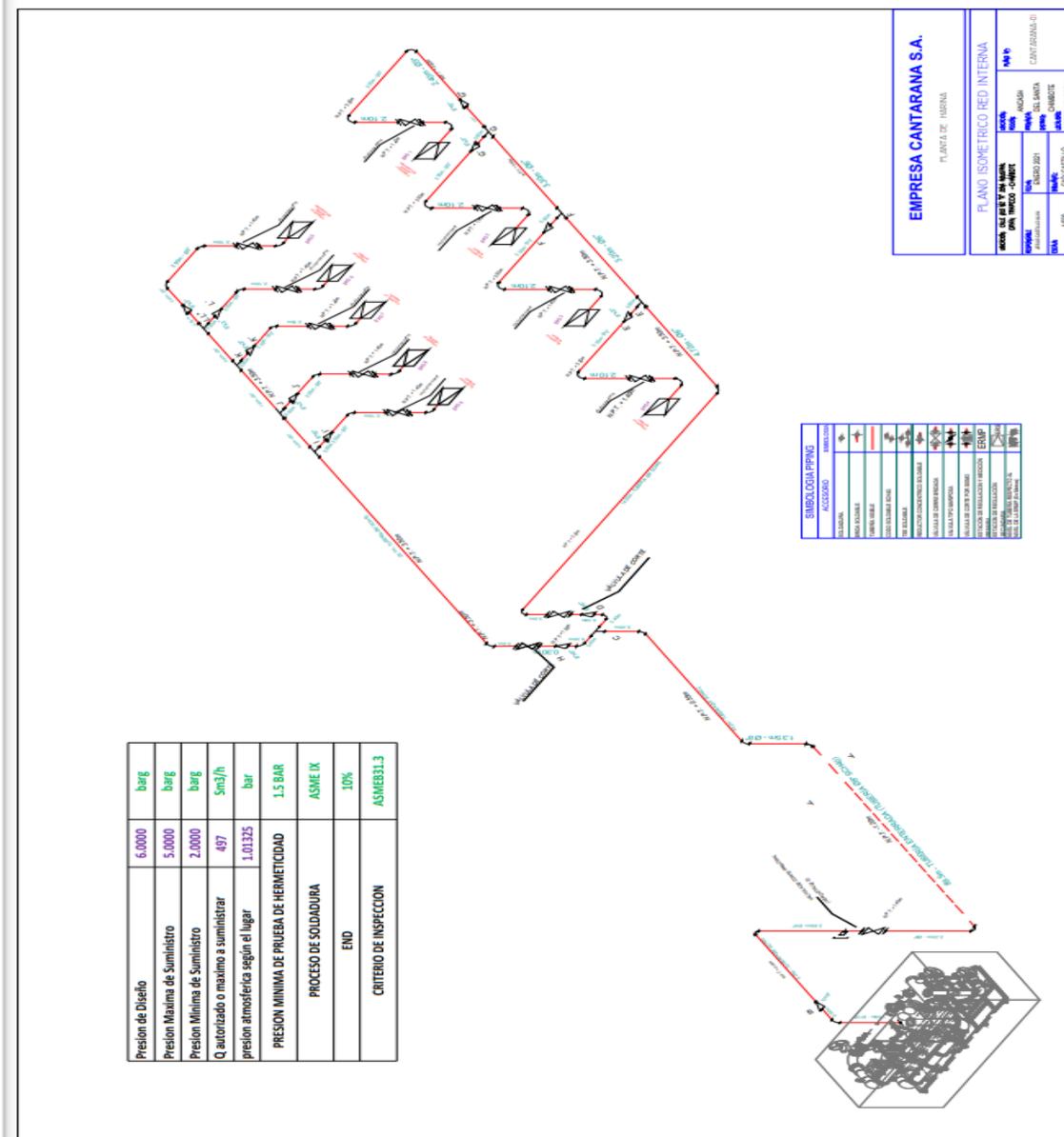
CARGOS POR INSPECCIÓN, SUPERVISIÓN Y HABILITACIÓN (5)		
CATEGORÍA TARIFARIA	COMERCIAL	INDUSTRIAL

#### OTROS CARGOS REGULADOS

CARGOS REGULADOS POR ACOMETIDA (6)		
TIPO DE ACOMETIDA	MURO EXISTENTE	MURETE CONSTRUIDO
	\$/	\$/
G1.6	421.47	527.43
G4	508.55	614.52
G6	895.61	1092.85

CARGOS REGULADOS POR DERECHO DE CONEXIÓN (7)	
CATEGORÍA TARIFARIA	DERECHO DE CONEXIÓN \$/m3/d
I	371.72
IIA, IIB, II	26.83
IV, V, VI, VII, PESCA	9.30
GNV	46.49

## Pliego Tarifario 2021-1



Plano isométrico de instalación industrial

**HOJA DE CÁLCULO DE CAIDA DE PRESIÓN EN RED INTERNA**

TRAMO	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	LONGITUD		P1 (bar)	P2 (bar)	(P1 <sup>2</sup> -P2 <sup>2</sup> ) (bar)	DIAMETRO VERIFICADO (pulg)	VELOCIDAD (m/s)	TIPO DE UNIÓN	MATERIAL
		REAL	CALCULADA							
A-B	4907	2.10	10.10	1.0000	0.9990	0.0040	10.00	13.68	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
B-C	4960	153.53	161.53	0.9990	0.9528	0.1859	8.00	22.10	ELECTROFUSIÓN	HDPE
C-D	4960	0.70	8.70	0.9528	0.9502	0.0101	8.00	22.13	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
D-E	2908	23.57	31.57	0.9502	0.9363	0.0551	6.00	23.23	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
E-E'	727	0.60	8.60	0.9363	0.9360	0.0013	6.00	5.81	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
E'-ERS4	727	4.45	12.45	0.9360	0.9234	0.0492	3.00	23.38	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
E-F	2181	3.20	11.20	0.9234	0.9205	0.0116	6.00	17.56	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
F-F'	727	0.60	8.60	0.9205	0.9201	0.0013	6.00	5.86	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
F'-ERS3	727	4.45	12.45	0.9201	0.9075	0.0492	3.00	23.57	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
F-G	1454	3.30	11.30	0.9075	0.9060	0.0056	6.00	11.80	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
G-G'	727	0.60	8.60	0.9060	0.9057	0.0013	6.00	5.90	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
G'-ERS2	727	4.45	12.45	0.9057	0.8930	0.0492	3.00	23.75	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
G-G''	727	0.60	8.60	0.8930	0.8927	0.0013	6.00	5.94	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
G''-ERS1	727	7.45	15.45	0.8927	0.8767	0.0611	3.00	23.95	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
H-I	3271	29.40	37.40	0.9502	0.9297	0.0808	6.00	26.22	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
I-I'	727	0.60	8.60	0.9297	0.9294	0.0013	6.00	5.83	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
I'-ERS9	727	4.45	12.45	0.9294	0.9168	0.0492	3.00	23.46	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
I-J	2544	3.30	11.30	0.9168	0.9129	0.0155	6.00	20.57	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
J-J'	545	0.60	8.60	0.9129	0.9127	0.0008	6.00	4.41	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
J'-ERS8	545	4.45	12.45	0.9127	0.9052	0.0292	3.00	17.69	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
J-K	1999	7.30	15.30	0.9052	0.9017	0.0135	6.00	16.25	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
K-K'	545	0.60	8.60	0.9017	0.9015	0.0008	6.00	4.43	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
K'-ERS7	545	4.45	12.45	0.9015	0.8939	0.0292	3.00	17.80	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
K-L	1454	3.40	11.40	0.8939	0.8924	0.0057	6.00	11.88	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
L-L'	727	0.60	8.60	0.8924	0.8921	0.0013	6.00	5.94	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
L'-ERS6	727	4.45	12.45	0.8921	0.8793	0.0492	3.00	23.92	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
L-L''	727	0.60	8.60	0.8793	0.8790	0.0013	6.00	5.96	SOLDADO /BRIDADO	ACERO
L''-ERS5	727	7.45	15.45	0.8790	0.8629	0.0611	3.00	24.13	SOLDADO /BRIDADO	ACERO

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

(Formato de cuestionario modelo Servqual)

Yo, Robert Guevara Ch. con DNI N° 3218348 de profesión Ingeniero en Energía desempeñándome actualmente como Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía de la Universidad Nacional del Santa de Chimbote por medio de la presente hago constatar que he revisado con fines de Validación los instrumentos, a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Influencia del cambio de combustible de Petróleo R500 a gas natural en la mejora de los indicadores de desempeño energético-Empresa Cantarana S.A.C."

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems				X
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

Chimbote, 13 de abril Del 2022



Mg. Robert Guevara Ch.  
INGENIERO EN ENERGÍA  
C.I.P. 72466



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CARRANZA MONTENEGRO DANIEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "INFLUENCIA DEL CAMBIO DE COMBUSTIBLE DE PETROLEO R500 A GNL EN LA MEJORA DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO A EMPRESA PESQUERA CATARANA-CHIMBOTE", cuyos autores son CASTILLO ESLAVA JESUS ALBERTO SAUL, ASCURRA MARTINO LUIS RICARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 22 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CARRANZA MONTENEGRO DANIEL <b>DNI:</b> 16477153 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6743-6915	Firmado electrónicamente por: CCARRANZAMO1758 el 23-07-2022 23:05:48

Código documento Trilce: TRI - 0360521