UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



Incremento de capacidad de planta de regasificación para la cobertura de demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

AUTORES:

Bach. Torres Cernaque, Janeth Jackeline Bach. Gómez Castillo, Leonardo Jairo

ASESOR :

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian DNI 32788460 Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

Nuevo Chimbote, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Titulo ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Titulo Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°580-2022-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

Incremento de capacidad de planta de regasificación para la cobertura de demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.

AUTORES :

Bach. Torres Cernaque, Janeth Jackeline Bach. Gómez Castillo, Leonardo Jairo

> Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian Asesor DNI 32788460

Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

CS recommend functions



NACIONAL DEL SANTA E.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA

ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento General para obtener el grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D. Nº580-2022-CU-R-UNS); titulado:

Incremento de capacidad de planta de regasificación para la cobertura de demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.

Autores:

Bach. Torres Cernaque, Janeth Jackeline Bach. Gómez Castillo, Leonardo Jairo

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador.

Mg. Benites Villegas, Héctor Domingo

Presidente DNI 17821639

Código ORCID: 0000-0002-8809-6371

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian DNI 32788460

Mg. Pérez Pinedo, Oscar Fernando. DNI 32739412

Código ORCID: 0000-0000-0002-3579-3771 Código ORCID: 0000-0002-5780-6115



FACULTAD DE INGENIERIA Dirección E.P. de Ingeniería en Energía

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

El día martes 16 del mes de julio del año dos mil veinticuatro, siendo las 11:45 a.m. en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución Nº 201-2024-UNS-CFI de fecha 29.04.24, integrado por los siguientes docentes:

Mg. Héctor Domingo Benites Villegas
 Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo
 Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
 Integrante

Y según la Resolución Decanal Nº411-2024-UNS-FI de fecha 10.07.24., se DECLARA EXPEDITO a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: 'INCREMENTO DE CAPACIDAD DE PLANTA DE REGASIFICACIÓN PARA LA COBERTURA DE DEMANDA DE GAS NATURAL RESIDENCIAL EN LA ZONA URBANA DE COISHCO", perteneciente a los bachilleres: TORRES CERNAQUE JANETH JACKELINE, con código de matrícula Nº 0201511024 y GOMEZ CASTILLO LEONARDO JAIRO, con código de matrícula Nº 0201411008, teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán, según Resolución Decanal Nº 157-2023-UNS-FI de fecha 10.03.23.

Terminada la sustentación de los bachilleres, respondieron las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
TORRES CERNAQUE JANETH JACKELINE	DIECISIETE(19)	BUENO

Siendo las 12:40 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. Hector Domingo Benites Villegas PRESIDENTE Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo SECRETARIO

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán INTEGRANTE

CS Escareado cori Camificaciones



FACULTAD DE INGENIERIA Dirección E.P. de Ingenieria en Energia

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

El día martes 16 del mes de julio del año dos mil veinticuatro, siendo las 11:45 a.m. en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 201-2024-UNS-CFI de fecha 29.04.24, integrado por los siguientes docentes:

Mg. Héctor Domingo Benites Villegas : Presidente
 Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo : Secretario
 Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Integrante

Y según la Resolución Decanal N°411-2024-UNS-FI de fecha 10.07.24., se DECLARA EXPEDITO a los bachilleres para dar ínicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: "INCREMENTO DE CAPACIDAD DE PLANTA DE REGASIFICACIÓN PARA LA COBERTURA DE DEMANDA DE GAS NATURAL RESIDENCIAL EN LA ZONA URBANA DE COISHCO", perteneciente a los bachilleres: TORRES CERNAQUE JANETH JACKELINE, con código de matrícula N° 0201511024 y GOMEZ CASTILLO LEONARDO JAIRO, con código de matrícula N° 0201411008, teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán, según Resolución Decanal N° 157-2023-UNS-FI de fecha 10.03.23.

Terminada la sustentación de los bachilleres, respondieron las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN	
GOMEZ CASTILLO LEONARDO JAIRO	DIECISIETE (A)	BUENO	

Siendo las 12:40 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. Hector Domingo Benites Villegas

Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo SECRETARIO

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán INTEGRANTE



Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitiri. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jairo Gomez

Thus del ejercicio TESIS

Titulo de la entrega: TESIS TORRES GOMEZ
Numbre del archivo: TESIS_TORRES-GOMEZ.pdf

Tamaño del archivo: 2.77M Total páginas: 135

Total de palabras: 26,790 Total de ceracteres: 133,644

Fecha de entrega: 29-jul.-2024 11:56a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entre. 2424429898



Develop the autor 2024 Turnito, Traba his personal reservoires.

TESIS TORRES GOMEZ INFORME DE ORGINALIDAD INDICE DE SIMILITUD FUENTES DE INTERNET PUBLICACIONES. TRABAJOS DEL ESTUDIANTE FUENTES PRIMARIAS repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet repositorio.comillas.edu hdl.handle.net Fuente de Internet docplayer.es apirepositorio.unh.edu.pe fdocuments.ec Fuente de Internet tangara.uis.edu.co www.mineco.es Fuente de Internet. repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet

DEDICATORIA

A Dios.

Por permitirme alcanzar este momento
tan importante y esperado en mi vida.
Por los triunfos y los momentos difíciles
Siempre guiando mi camino.
A mis padres Roberto Torres y Abelina Cernaque
por su inmensa ternura y ejemplo de vida
y formar
en mi persona valores y fortaleza para alcanzar mis metas.

J.J.T.C.

DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios por su infinita ternura y bondad.

A mis padres Maria Castillo Reyes y José Gomez Vega por su incondicional apoyo en el transcurso de mi vida, que a pesar de mis errores siempre me dan fuerza para seguir adelante.

A mis abuelos Iris Reyes, Mario Castillo y Esperanza Vega que fueron las personas después de mis padres q ue más se preocupaban por mi.

Sus canas son sinónimo de sabiduría.

Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen sendero.

A toda mi familia

que es lo mejor y más valioso que dios me a dado.

L.J.G.C.

RECONOCIMIENTO

Un agradecimiento a mi asesor
el Mg. Robert Guevara Chinchayan
por sus consejos, asesoría
y apoyo en la realización de
la presente tesis.
A cada uno de los docentes de la
Escuela Profesional de Ingeniería en Energía
por sus enseñanzas impartidas
en las aulas de la UNS
y por brindarnos su experiencia
en nuestro crecimiento profesional
Atentamente,

J.J.T.C.

RECONOCIMIENTO

Agradecer a mi asesor Mg. Robert Guevara Chinchayan
por su apoyo constante

y por los conocimientos y ser guía en todo momento de la
formulación y culminación de la tesis.

Para mis compañeros de la EPIE
por todo el esfuerzo y cariño durante
nuestros años de estudio en la
nuestra querida alma mater
Universidad Nacional del Santa

Atentamente,

L.J.G.C.

INDICE GENERAL

INDICE RESUMEN

l.	INTRODUCCION	1
1.1	Realidad Problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	5
1.4	Hipótesis	5
1.5	Objetivos	5
II.	MARCO TEÓRICO	6
2.1	Gas natural	6
2.2	Plantas de regasificación	16
2.3	Demanda residencial de gas natural	31
2.4	Estructura de costos de la cadena de suministro de gas natural	38
III.	MATERIAL Y MÉTODO	41
3.1	Material	41
3.2	Método	49
3.3	Metodología de cálculo	50
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1	Evaluación de la demanda	56
4.2	Dimensionamiento de la planta de regasificación	59
4.3	Estimación del costo mensual por consumo de gas natural residencial y	
	la reducción de la facturación mensual en la localidad de Coishco	71
4.4	Discusión de resultados	76
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1	Conclusiones	82
5.2	Recomendaciones	83
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
VII.	ANEXOS	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación del gas natural	8
Figura 2 Cadena de valor del gas natural	10
Figura 3 Tecnología de transporte de GNL	16
Figura 4 Esquema de Planta satélite de GNL	18
Figura 5 Planta satélite GNL. Vista general cubeto y vallado perimetral	19
Figura 6 Planta satélite GNL en pequeña escala.	21
Figura 7 Deposito criogénico vertical	23
Figura 8 Válvulas criogénicas mixtas de maniobra manual y de antirretorno	24
Figura 9 Vaporizadores atmosféricos	25
Figura 10 Vaporizador atmosférico-Planta Coishco	27
Figura 11 Vaporizadores de tablero abierto	28
Figura 12 Vaporizadores de combustión sumergida	29
Figura 13 Vaporizadores de carcaza y tubos	30
Figura 14 Instalación de red de distribución Chimbote	32
Figura 15 Estación de Regulación y Medición de Gas Natural	33
Figura 16 Instalación de red de gas natural residencial	36
Figura 17 Estructura de costos para el Precio GNL	40
Figura 18 Ubicación Planta Satélite de regasificación de Coishco	41
Figura 19 Planta Satélite de regasificación de Coishco	42
Figura 20 Bomba de trasiego	43
Figura 21 Tanque de almacenamiento de GNL	43
Figura 22 PBU del tanque de almacenamiento de GNL.	44
Figura 23 PBU y tanque de almacenamiento de GNL.	45
Figura 24 Resultados globales para el Distrito de Coishco-Vivienda	46
Figura 25 Red de gas natural actual	48
Figura 26 Ubicación de puntos de consumo Coishco	49
Figura 27 Pliego Tarifario octubre 2023 QUAVII	55
Figura 28 Diagrama presión vs entalpia para el Metano	62
Figura 29 Diagrama de temperaturas en el evaporador atmosférico	64
Figura 30 Vista lateral y frontal de evaporador atmosférico de 350 Nm3/h	67
Figura 31 Distribución entre tubos vista superior de evaporador atmosférico de 300	
Nm3/h	68
Figura 33 Distribución de aletas de aleación de aluminio para evaporador atmosférico	

de 350 Nm3/h	69
Figura 34 Estación de medida y regulación ERM	70
Figura 35 Sistema de Odorización	71
Figura 36 Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Residencial	77
Figura 37 % de Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Residencial	79
Figura 38 Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Servicios según Categoría	
Tarifaria	80
Figura 39 % Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Servicios según Categoría	
Tarifaria	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Primer plan de conexiones del contrato de concesión norte	13
Tabla 2 Clasificación de las plantas de regasificación según su capacidad	
geométrica de almacenamiento.	22
Tabla 3 Máxima presión admisible de operación	32
Tabla 4 Categorías tarifarias Zona de Concesión Norte	39
Tabla 5 Vaporizadores atmosféricos actuales	45
Tabla 6 Viviendas -Coishco	47
Tabla 7 Cargas especiales servicio -Coishco	47
Tabla 8 Cargas especiales industria-Coishco	48
Tabla 9 Referente a la encuesta realizada	56
Tabla10 Consumo horario de gas natural industria-FS=1	60
Tabla 11 Propuesta de vaporizadores atmosféricos	66
Tabla 12 Resultados de Ahorro en facturación Cargas Especiales de servicios	77

RESUMEN

El gas natural se presenta como una fuente de energía limpia que requiere urgente ser

masificada su utilización, en la localidad de Coishco se cuenta con una planta de

regasificación de gas natural licuado que abastece a 2 empresas de harina de pescado, así

mismo en la mencionada localidad el sector residencial es un alto consumidor de GLP en

balones de 10 kg a un precio de 48 soles el balón.

La regasificación del gas natural involucra pasar el GNL a gas natural a baja presión para

ser distribuido en redes de baja presión en toda una localidad para reemplazar básicamente

en este estudio en el sector residencial y de servicios el consumo de GLP. Se cuenta con

una demanda de 4 512 usuarios residenciales y 32 usuarios que representan la carga

especial de servicios.

Se determino la demanda residencial de gas natural de la localidad de Coishco,

obteniéndose un valor de 9,81 m3/mes para un total de 4 512 usuarios los cuales están

ubicados en la Categoría I, teniendo en cuenta un consumo promedio de 1 balón de GLP

de 10 kg/mes, para el 60% de la muestra encuestada. Para el suministro de gas natural se

requiere implementar una planta de regasificación compuesta por un vaporizador

atmosférico de 350 Nm3 modelo KQ 350. Se ha estimado los costos para el sector

residencial al consumir gas natural, en el cual se presenta la figura técnica en el cual a

mayor consumo se tiene un mayor ahorro económico, los ahorros económicos varían entre

2,96 a 15,03 soles mensuales para los 5 tipos de consumidores residenciales en la

Categoría I, con ahorros mensuales de 6,85% a 24,09%.

PALABRA CLAVE: Gas natural, regasificación, incremento de demanda.

xvi

ABSTRACT

Natural gas is presented as a source of clean energy that urgently requires widespread use. In the

town of Coishco there is a liquefied natural gas regasification plant that supplies 2 fishmeal

companies, as well as in the aforementioned locality, the residential sector is a high consumer of

LPG in 10 kg cylinders at a price of 48 soles per cylinder.

The regasification of natural gas involves converting LNG to low-pressure natural gas to be

distributed in low-pressure networks throughout a locality to basically replace the consumption

of LPG in this study in the residential and services sector. There is a demand of 4,512 residential

users and 32 users who represent the special load of services.

The residential demand for natural gas in the town of Coishco was determined, obtaining a value

of 9.81 m3/month for a total of 4,512 users who are located in Category I, taking into account an

average consumption of 1 cylinder of LPG of 10 kg/month, for 60% of the sample surveyed. To

supply natural gas, it is necessary to implement a regasification plant composed of a 350 Nm3

atmospheric vaporizer model KQ 350. The costs for the residential sector when consuming natural

gas have been estimated, in which the technical figure is presented in which The greater the

consumption, the greater the economic savings, the economic savings vary between 2.96 to 15.03

soles per month for the 5 types of residential consumers in Category I, with monthly savings of

6.85% to 24.09%.

KEYWORD: Natural gas, regasification, increase in demand.

xvii

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Realidad problemática

La mayor parte de la población peruana aun es dependiente del gas licuado de petróleo, combustible el cual este sujeto a precios internacionales y a la dependencia de este insumo en cerca de 40% del volumen de importación que afecta a los consumidores, debido a su alto costo. El precio del GLP es función directa del costo internacional del petróleo y del precio asumido por los importadores en desmedro del precio real de producción en el Perú. En la actualidad el gas natural (GN) se presenta como el único combustible que hace posible para uso doméstico o residencial para alcanzar el objetivo trazado por el Estado Peruano para el acceso a la población para usos de cocción por su bajo precio, y por ser un tipo de energía útil económica, segura y con menor impacto al medio ambiente. Al margen de lo detallado, el nivel de inserción y cobertura del gas natural en el Perú aún está limitada en ciertas ciudades del pais, concentrándose en cerca del 90 % en la población ubicada en los departamentos de Lima e Ica mediante el acceso a redes de distribución de media y baja presión de gas natural, discriminandose al resto de población del Perú, sobretodo al sector residencial, quien es el principal sujeto de consumo vulnerable a los precios de mercado.

Es también cierto que como parte del proyecto de masificación del gas natural esta es transportado vía gasoducto virtual a la zona norte a las ciudades de Chimbote, Huaraz, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo y Cajamarca con el consiguiente incremento de los consumidores de gas natural en las mencionadas ciudades, las cuales se encuentran limitadas por la capacidad de las plantas de regasificación, siendo aun muy lenta la actividad de cobertura de la demanda de gas natural por los pobladores de las mencionadas ciudades. La masificación del gas natural no solo consiste en determinar cuánto o qué volumen de gas natural deberá consumirse, sino que lo principal es determinar lo significativo que representa para los consumidores que se abastecerán de gas natural y la capacidad de las plantas que la abastecen al no haber un sistema gasoducto físico de transporte.

Se precisa que el desarrollo del abastecimiento de gas natural es función de aquellas localidades que pueden remunerar la inversión y los gastos de operación; es decir, en áreas geográficas cuya demanda garantice la sostenibilidad del negocio, pero nuestro caso el sector residencial escapa a esa definición, al tener elevados costos de inversión, pero con un fin social.

Actualmente la planta de regasificación de Coishco, en la provincia del Santa, abastece a través de su red de distribución a las Empresas Pesqueras Hayduk y Karsol, para los quemadores de sus calderos con los cuales el sector industrial a obtenido ahorros de hasta el 20% por la sustitución de combustible desde petróleo R500 a GN. Por otro lado, los pobladores de la misma ciudad aun deben facturar mensualmente en un promedio de S/. 52,00 por consumo de GLP, teniendo a los pobladores de Chimbote como ejemplo en el sector residencial donde pueden alcanzarse ahorros de hasta 20% por cocción en una residencia. Existiendo una demanda de gas natural residencial en Coishco es justificable la cobertura, pero actualmente no se puede realizar por falta de capacidad de almacenamiento y recepción de la Planta de Regasificación.

Según lo considerado en la realidad problemática se formula el siguiente problema: ¿Cómo el incremento de capacidad de planta de regasificación permitirá la cobertura de demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco?

1.2 Antecedentes:

Se redactan los antecedentes de la investigación:

Aceros, N. y Hernández, C. (2019) en su tesis Estudio Técnico y Presupuestal a nivel de Prefactibilidad para implementar una microplanta de GNL como alternativa de energía en la industria y en el sector residencial en la Universidad Industrial de Santander, Colombia concluyen lo siguiente: referente a la isla de regasificación de la ciudad de Cartagena, esta se presenta, debido a que enviar cisternas criogénicas abastecidas con gas natural desde Cartagena para el suministro de este combustible hacia Santander y según al precio unitario de venta de 6,4 U\$/MMBTU, lo cual es 22% más económica con lo cual puede competir con una planta de gas natural licuado, con lo cual se tendría que ampliar su volumen de producción a 700 000 MMBTU/año para competir en la ciudad de Cartagena.

Cabrera, M. y Martínez, A, (2017), en sus tesis Diseño de la ampliación de la red de distribución de gas natural en la población de San Antonio de Anapoima, para la Universidad de América, Bogotá en Colombia concluye lo siguiente: de los resultados de encuestas ejecutadas se determinó que el 97% (184 usuarios) de los encuestados, presentan interés para la adquisición del servicio de Gas Natural residencial, debido a que conocen sus beneficios, seguridad y bajo costo. La facturación promedio mes supera los \$50 000 por adquisición de gas licuado de petróleo. La red de distribución

tendrá 5 000 m de ductos de 2" en la red principal; para la troncal se requiere de tubería de 1", para los anillos de suministro se requiere tubería de 3/4" y para los suministros se requiere tubería ½" de tipo polietileno. La demanda global residencial es 530 m³/día. Casana, J. y Murillo, M. (2017) en su tesis Diseño y evaluación de una ERMP para reducir pérdidas de presión y energía con una demanda proyectada de 20 000 sm³ /h de gas natural en el sector residencial, comercial y estaciones de servicio - localidad el Porvenir Ica para la Universidad Nacional del Santa en Perú concluyen lo siguiente que mediante el dimensionamiento de la estación de regulación y medición primaria de gas natural permite cubrir la demanda de gas natural en el sector el Porvenir y permitió establecer la relación directa entre el efecto de la caída de presión con la velocidad del gas en los elementos y componentes de la estación permitido resolverse mediante la selección correcta de accesorios , el estudio contempla también que la expansión de demanda hasta 20 000 Sm³ /h permite operar a la estación en óptimas condiciones de suministro cubriendo la totalidad de lo proyectado en el diseño de ERMP.

Chalco, J. y Manrique, G. (2021) en su tesis Propuesta de implementación de red de gas para reducir costos de un comedor de una fábrica, Ate – 2021 para la Universidad San Ignacio de Loyola en Perú concluyen que la formulación del proyecto permite comprobar que al implementar la red de gas natural, esta reducirá los costos del comedor en 17,55% respecto al empleo el gas licuado de petróleo, representando un ahorro de S/ 83 883, en el periodo de evaluación de 5 años. El TIR es de 55,55% y el valor actual neto es S/41 229,93, siendo el proyecto rentable.

Gómez, U. (2022) en su tesis Implementación de un sistema alternativo en una red de tuberias de gas natural para reducir los costos de un condominio en San Juan de Lurigancho, 2022 para la Universidad Nacional del Callao en Perú concluye lo siguiente: se realizó el análisis y comparación de 3 diferentes tuberías aplicando una evaluación técnica y económica, seleccionándose la alternativa N°3 que permite reducir los costos de manera significativa. Los parámetros de dimensionamiento se determinaron según la NTP 111.010, NTP 111.011 y la E.M 040.

López, C. y López, P. (2020) en su tesis Análisis de factibilidad para el diseño y construcción de instalaciones de gas natural para viviendas unifamiliares haciendo uso del R.N.E. EM-040, en Trujillo – 2018, Universidad Privada Antenor Orrego en Perú concluyen lo siguiente: El volumen de consumo del gas natural requerido para

residencias representa el 3%, mientras que el sector industrial representa el 63 % de la distribución. Para una instalación residencial, la presión requerida de gas natural normada es 18 milibares; la empresa instaladora deberá contar con certificación para los cálculos y diseño de tuberías en cumplimiento a la norma EM 040 para ejecutar la instalación interna de Gas natural. El usuario empleando el gas natural en la cocción de alimentos lograra reducir el 52 % de su facturación mensual, en relación al uso del balón tradicional de gas licuado de petróleo. Además, existe el cargo por promoción, de tal manera que al cancelar el costo de su instalación esta podrá ser fraccionada en 5,8 años como máximo.

Lucana, R. (2019) en su tesis Construcción y habilitación de las redes de Distribución de gas natural residencial de baja presión a 5 bar. AA.HH. Las Lomas – Ventanilla en la Universidad Nacional del Callao en Perú concluye lo siguiente: Se realizo la construcción y habilitación de las redes de baja presión de distribución de gas natural en el AA. HH. Las Lomas y se garantiza que a futuro se pueda ejecutar las futuras instalaciones internas residenciales. Se ejecutó la construcción de las redes de distribución de baja presión de gas natural, instalando tuberías de polietileno con de diámetros de 32 mm y 63 mm teniendo en cuenta la NTP 111.010, NTP 111.011 y la E.M 040.

Morales, A. (2018) en su tesis Plantas satélites de regasificación para optar el grado de Magister en Administración en la Universidad de Chile concluyen lo siguiente el flujo de caja proyectado, VAN de 39 644 U\$, TIR del proyecto, de 33 %, condiciones de demanda y al ejecutarse en el futuro los beneficios proyectados, precios de venta y tarifas para la comercialización del gas natural licuado es función de las políticas estatales, Una planta de regasificación o satélite tiene la función de recepcionar el gas natural licuado transportado por medio de un gasoducto virtual, recepcionarlo, calentarlo y presurizarlo para su distribución. Se requiere mantener en constante monitoreo al mercado, debido a la regulación de precio en los mercados internacionales los cuales pueden generar variaciones en el precio de importación del gas natural licuado, generando aumentos o disminución en los ingresos del proyecto sobre todo cuando van a ser aplicados al sector residencial en donde el tiempo de recuperación de la inversión es muy alto.

1.3 Justificación:

La justificación es la siguiente:

Es importante porque nos permitirá conocer en formal real las características de la demanda de gas natural en la localidad de Coishco, básicamente en lo referente a cocción de alimentos, el cual a la fecha es abastecido por gas licuado de petróleo. Siendo el gas natural un combustible de menor costo con respecto al GLP, y de menor impacto sobre el medio ambiente.

Se permitirá conocer el grado de aceptación de la población para migrar a un combustible de menor costo y ecológico en comparación al GLP. Lo cual permitirá mejorar su calidad de vida y disminución de costos en la facturación de un combustible de menor precio, y que sobre todo está disponible en el mismo predio del consumidor; a diferencia del GLP que es sujeto a continuos desabastecimientos debido a que el 60% del GLP es importado para nuestro consumo. Teniendo en cuenta que la población de la localidad de Coishco es de un nivel económico bajo.

Con esta investigación se podrá proyectar las futuras redes de distribución de gas natural en la localidad de Coishco, y cumplir con la meta de suministrar un combustible de bajo costo a la población, teniendo en cuenta que es necesario implementar la planta de regasificación actual de gas natural, debido a que el volumen contratado de la actual planta esta comprometida contractualmente con el sector industrial.

1.5 Hipótesis:

El incremento en 10% de capacidad de planta de regasificación permité la cobertura de 50 % de la demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.

1.6 Objetivos:

Objetivo general

Evaluar el incremento de capacidad de planta de regasificación para la cobertura de demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.

Objetivos específicos:

- Determinar la demanda preferencial por gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.
- Estimar la demanda industrial actual por gas natural en la localidad de Coishco.

- Dimensionar los componentes de la estación de regasificación en la localidad de Coishco.
- Estimar el costo mensual por consumo de gas natural residencial y la reducción de la facturación mensual en la localidad de Coishco.

II. MARCO TEORICO.

2.1 Gas natural.

2.1.1 Generalidades.

El gas natural es un combustible de origen fósil contenido en el subsuelo compuesto por una mezcla de hidrocarburos gaseosos. Su composición varía según el yacimiento del que se extraiga, siendo el metano el componente mayoritario con un porcentaje que varía entre el 79% y el 97% y valores más habituales de entre el 90 y el 95%. El metano suele estar acompañado por hidrocarburos saturados (sin dobles o triples enlaces entre átomos de carbono) como, por ejemplo; etano, propano, iso-butano, butano normal, iso-pentano y pentano normal, e incluso gasolina natural y pequeñas proporciones de otros gases como anhídrido carbónico, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, componentes sulfurados y gases nobles. El gas natural puede contener hidrocarburos líquidos en suspensión, cuando esto sucede se denomina gas natural húmedo y en caso contrario se denomina gas natural seco. (Álvarez, 2015)

El gas natural es un combustible derivado de la mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, formado con un porcentaje de 92-93% de metano y una menor proporción de etano, además de proporciones pequeñas de propano, butano, pentano e hidrocarburos más pesados. Presenta un contenido alto de hidrocarburos de orden superior al metano denominándose gas rico, en caso contrario se denomina gas seco. Cabe recalcar que la composición del gas natural difiere en sus concentraciones según los campos en los que se explota, según el tipo de yacimiento, volumen y antigüedad. Se le considera como un commodity. (Cabrera & Martínez, 2017)

El GN en un yacimiento puede estar libre o asociado al petróleo líquido, también puede encontrarse en depósitos superficiales asociados al carbón o en espacios no convencionales donde se encuentran hidrocarburos. Dichos lugares contienen normalmente agua, lodo y otro tipo de impurezas, por lo cual la extracción del gas natural exige un proceso de filtrado y limpieza para su posterior comercialización. (Restrepo, et. al., 2021)

Las propiedades del GN, tales como la densidad y el peso molecular, dependen de su composición química, la cual, a su vez, depende de las condiciones del yacimiento en el

que se encuentre, pues puede variar de forma significativa cuando en superficie se mezclan gases de diferentes fuentes, regiones o yacimientos. Su componente principal, después de ser procesado para su manipulación final, es el metano, el cual es un gas incoloro, inodoro y menos denso que el aire. Presenta una gravedad específica que oscila entre 0,5 y 0,8 y presenta un rango de inflamabilidad muy limitado. Se requiere de una composición entre un 5% a 15 % por volumen de metano en el aire para producir una mezcla combustible; adicionalmente, su temperatura de encendido es elevada y cerca de 540 °C, considerándosele un combustible de alta seguridad para su transporte y consumo. (Restrepo, et. al., 2021)

Clasificación del gas natural Origen Composicón química Gas Gas No Contenido de Contenido de Convencional Convencional hidrocarburos líquidos silfuro Metano en capas Gas seco Gas dulce Gas libre de carbóno Gas Húmedo Gas ágrio Gas asociado Gas de esquino Acuíferos profundos Gas condensado Hidratos de gas

Figura 1

Clasificación del gas natural

Nota. Imagen obtenida de Universidad Tecnológica de Pereira de Colombia.

Las ventajas del empleo del gas natural, en el sector residencial, servicios e industrial, implica su accesibilidad permanente, la rapidez de su distribución, su bajo precio y la menor emisión de CO2. Su empleo directo de la red no implica una infraestructura complicada como depósitos de almacenamiento, sistemas de bombeo o cambiadores de calor; no necesita de una etapa previa para su ignición como el carbón, el cual debe pulverizarse al inicio y luego retirada su ceniza luego de su combustión generando costos de operación y mantenimiento. En caso de fugas es relativamente peligroso, pues el GN, es más ligero que el aire, se disipándose con facilidad en este y no presenta riesgos de

explosiones ante altas concentraciones, pero puede ocasionar asfixias al quedarse confinado o incendios. Es menos contaminante con respecto al petróleo y al carbón, considerándose al gas natural como el combustible de la transicion energética, de tal forma que se prevé su uso en reemplazo del carbón y el petróleo hasta que los costos de las energías renovables sean más competitivos. (Restrepo, et. al., 2021)

En el sector transporte, se tienen consultarías que detallan que los autos livianos que operan con gas natural emiten 15 % menos CO₂ en relación a los combustibles tradicionales. Los vehículos con gas natural no generan emisiones por evaporización ya que los depósitos son herméticos en su totalidad. En el aspecto económico, el costo unitario del gas natural es menos que el costo unitario del gasohol o el biodiésel y, además, al tener una combustión perfecta, presenta baja contaminación en los aceites y las bujías, ampliando la vida de operación de los motores y reduciendo los costos relacionados a las tareas de mantenimiento preventivo. Por otro lado, el gas natural permite diversificar una flota de transporte. (Restrepo, et. al., 2021)

Así mismo existen desventajas en la manipulación del gas natural en diversas actividades. Por ejemplo, las fugas en el sector transporte y el almacenamiento son las principales causas de los impactos sobre el medio ambiente del empleo del gas natural. Referente a su cadena de suministro, se presentan ciertos impactos ambientales relacionados a la industria de los combustibles convencionales como el deterioro de ecosistemas para poder extraérsele y transportarlo; la generación de agua que se contamina durante su extracción de los pozos daña considerablemente el hábitat natural. El impacto sonoro que generan las maquinas tal como compresores usados en el transporte terrestre o marítimo. (Restrepo, et. al., 2021)

Como combustible empleado en motores de autos presenta desventajas en algunas ciudades en lo referente a su disponibilidad, por falta de gasocentros y logística no pueden cubrir con repuestos o servicios especializados de mantenimiento. El menor rendimiento de vehículos que emplean gas natural, comparable con vehículos con motor a gasohol y biodiésel, por su menor contenido energético. Sin embargo, esto es compensable por el bajo costo del gas natural ya sea en forma de gas comprimido o como gas natural licuado. (Restrepo, et. al., 2021)

2.1.2 Cadena del valor.

La cadena del valor del gas natural consta de 5 etapas: exploración, explotación, transporte, distribución y comercialización. La característica de mayor relevancia de esta industria es la forma del suministro a través de redes de distribución a diversos niveles de presión, a través de los cuales se realiza el transporte y distribución del gas natural. Todas las actividades, salvo la comercialización, requiere de fuertes inversiones, las cuales se presentan como costos hundidos (irrecuperables). Del mismo modo la actividad de transporte y distribución se caracterizan por ser monopolios naturales por la naturaleza del negocio y por subaditividad de costos. (Aurazo & Rojas, 2018)



Nota. Imagen obtenida de Blog Energía y Sociedad. (2023)

Explotación: Incluye las zonas de producción del Noroeste (Piura), Aguaytía (Ucayali), y los Lotes 56 y 57 (para el mercado de exportación) y 88 (para el mercado nacional) de Camisea. En los primeros yacimientos se realiza las etapas de exploración y explotación, con distribución y comercialización para el departamento de Piura y con comercialización para autoconsumo para la producción de energía en las Centrales Termoeléctricas de Talara y Aguaytía. (Aurazo & Rojas, 2018)

El transporte principal se efectúa por medio de 02 ductos: el primer ducto para el gas natural seco tiene una extensión de 731 km. y un poliducto para líquidos del gas natural con una extensión de 557,3 km. Parten desde Camisea, cruzando la cordillera de los andes llegando al puerto de Pisco. Los ductos se ubican constructivamente de forma paralela, el poliducto tiene 04 estaciones de bombeo, para el bombeo de los líquidos en todo el recorrido de la red de transporte. Del mismo modo para poder mantener el valor de la presión del gas y líquidos que fluyen hacia Pisco, se cuentan instaladas 02 estaciones para la regulación de la presión. (Campomani & Hernández, 2022)

La distribución del gas está relacionada a las redes de ductos en una zona de concesión donde se comercializa el gas natural. En Chimbote se inicia desde el punto de suministro en la planta de regasificación de QUAVII en Villa María hasta las estaciones de distribución secundaria. El gas natural a una presión entre 4-6 bar fluye a través de la red de ductos de baja presión y tiene estaciones de regulación y medición de presión secundaria que garantizan la confiabilidad de la distribución. (Pérez, 2016)

Generación de electricidad: El gas natural es un combustible ideal para la producción de energía eléctrica, debido a su alto rendimiento y desempeño y presenta un menor impacto sobre el medio ambiente con respecto a combustibles convencionales. El desarrollo tecnológico de materiales de las turbinas de gas permite obtener rendimientos promedio de 37%. en ciclo simple y de 57 % con centrales termoeléctricas de ciclo combinado. (Iñesta & García, 2002)

El uso del gas natural presenta tres ventajas: Se suministra de forma continuada y es confiable gracias a las infraestructuras de gas en redes de ductos, tiene una buena combustión y es muy económico con respecto a otras fuentes energéticas. El gas natural presenta una variedad de usos en la industria: así tenemos como fuentes de calor, y como insumo en la elaboración de hierro esponja, plásticos y químicos. El gas natural se emplea en generadores de vapor industriales y en sistemas de calefacción para procesos industriales, mediante el aporte de energía térmica. (Iñesta & García, 2002)

En el caso del gas natural vehicular, los beneficios económicos con respecto a la gasolina o diésel ha permitido que gane clientes en el mercado de transporte de servicio público y

particular. El GNV es abastecido a los conductores a través de los gasocentros, que tienen conexiones a la red o con gasoductos virtuales hasta sus instalaciones. En Chimbote se cuenta con el Gasocentro GESA y Energigas. El GNV es un producto homogéneo, lo que implica que cada gasocentro ofrece el mismo producto desde el punto de vista del consumidor. Su probabilidad de adulteración o diferenciación dentro del mismo producto es casi nula. (Aurazo & Rojas, 2018)

En el mercado residencial el gas natural es empleado generalmente para tres fines principales: cocción de alimentos, calentamiento de agua en termas y calefacción de ambientes, entre otras tenemos para el uso de secadoras de ropa, uso de aire acondicionado y para refrigeración de alimentos. Este combustible es el más económico que los demás energéticos empleados en el sector residencial, como el GLP (balón de gas) y la electricidad. El gas natural es más liviano que el aire y en casos de fuga se disipa rápidamente, mientras que el GLP es más pesado que el aire, se confina rápidamente en ambientes poco ventilados y por ello es más peligroso. El suministro de gas natural se efectúa a través de una red de tuberías, abastecimiento continuo todos los días del año. (López & López, 2020)

2.1.3 Masificación del gas natural.

En el primer semestre del 2013 Proinversión desarrolló el concurso público internacional para otorgar en concesión el proyecto: "Masificación del Uso de Gas Natural a Nivel Nacional", el cual tiene como objetivo extender el uso del gas natural, con el fin de llevar las ventajas económicas y ambientales generadas por su uso a distintas localidades del norte y sur del país. El 25 de julio del 2013 se otorgó la Buena Pro de la Concesión Norte a la siguiente empresa: Consorcio Promigas-Surtigas (Gases del pacifico – Perú). (Paliza, 2022)

El proyecto consiste en brindar el servicio de distribución de gas natural por red de ductos en las áreas de concesión, para lo cual se contempla la siguiente infraestructura: Transporte terrestre de Gas Natural Licuado (GNL) o Gas Natural Comprimido (GNC) desde los centros de abastecimiento.

Estaciones distritales que incluye un sistema de recepción, almacenamiento y regasificación del GNL o de descompresión de GNC, así como estaciones de regulación,

medición y odorización, ubicándose dentro de ciudades, se estima entre 100 a 500 usuarios por estación de regulación secundaria según el volumen de consumo. Sistema de Distribución por redes de ductos para los consumidores. (Paliza, 2022)

El Concesionario tiene el compromiso de conectar a 150 137 usuarios residenciales en un periodo de cinco años, según contrato del 1 Primer Plan de Conexiones. El proyecto se ejecuta en Huaraz, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, y Lambayeque.

Tabla 1

Primer plan de conexiones del contrato de concesión norte

Ciudad	2016	2017	2018	2019	2020	Total por
						localidad
Chimbote	5 044	7 399	6 390	6 110	380	25 323
Chiclayo	7 446	10 923	9 432	9 019	914	37 734
Trujillo	10 332	15 155	13 089	12 514	674	51 764
Huaraz	1 813	2 661	2 297	2 197	400	9 368
Cajamarca	3 420	5 016	4 332	4 142	590	17 500
Lambayeque	1 152	1 690	1 460	1 396	164	5 862
Pacasmayo	497	729	630	602	128	2 586
Total	29 704	43 573	37 630	35980	3 250	150 137

Nota. Información obtenida de OSINERGMIN.

2.1.4 Gas natural licuado

El gas natural licuado, denominado comercialmente GNL, es gas natural transformado en un líquido a –162.2°C y constituido casi totalmente por metano, que se ha convertido en una fuente creciente de energía debido a que puede ser fácilmente transportado por mar y almacenado para su uso. Cuando se lo calienta a –106°C o a mayor temperatura, se hace más liviano que el aire, sube y se dispersa. En fase vapor, aparece como una nube blanca visible porque su baja temperatura condensa la humedad del aire circundante y cuando se lo expone a la temperatura ambiente se vaporiza rápidamente. En estado líquido, el GNL es 1,4 veces más pesado que el aire, pero a medida que se calienta su densidad se reduce, alcanzando 0,55 veces la del aire a temperatura ambiente. (Barreto & Quiñones, 2014)

El GNL es inodoro, incoloro, no tóxico, su densidad (con respecto al agua) es 0,45 y sólo se quema si entra en contacto con aire a concentraciones de 5 a 15%, adicionalmente no es corrosivo ni tóxico. El gas natural tiene el menor impacto ambiental de todos los combustibles fósiles por la alta relación hidrógeno-carbono en su composición. Los derrames de GNL se disipan en el aire y no contaminan el suelo ni el agua. Como combustible vehicular, reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en un 70%, y no produce compuestos de azufre ni partículas. Para la generación eléctrica las emisiones de dióxido de azufre, SO₂ prácticamente quedan eliminadas, y las emisiones de CO₂ se reducen en un 40%. (Vargas & Patiño, 2016)

Todos los sistemas de producción y transporte, así como la planta de proceso, están diseñados para evitar fugas y prevenir incendios; es el caso de los sistemas de transferencia de GNL de y hacia los barcos, envío o revaporización (o regasificación) de GNL. Hay algunas diferencias de diseño respecto a las plantas de gas, pero las consideraciones ambientales, de seguridad y de salud son más estrictas. Para transportar el gas, en grandes distancias, resulta más económico usar buques. Para transportarlo así es necesario licuarlo, dado que a la temperatura ambiente y a la presión atmosférica ocupa un volumen considerable. En el primer caso se denomina gas libre mientras que el segundo se conoce como gas asociado. (Vargas & Patiño, 2016)

2.1.4 Cadena del Valor del GNL.

El Sistema de Gas Virtual mediante GNL puede ser descrito en tres etapas importantes que intrínsecamente van ligados entre sí:

Licuefacción.

Transporte.

Regasificación. (Paliza, 2022)

 a. Licuefacción: es un proceso en el que el gas natural desde el estado gaseoso pasa al estado líquido, reduciéndose el volumen para poder su almacenamiento y transporte, se realiza en la planta de licuefacción de Pisco. (Paliza, 2022)

La licuefacción se realiza mediante el enfriamiento del gas a través de fluidos refrigerantes con bajo punto de ebullición, en un ciclo termodinámico cerrado en cascada. La

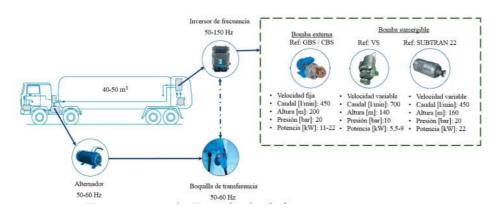
licuefacción, reduce 600 veces su volumen, manteniéndose las condiciones para su transporte a -161 °C y 1 bar, utilizando solo 1/600 del volumen necesitado, pudiendo transportar un mayor volumen de gas, en comparación al volumen equivalente de gas natural en condiciones standar. El gas natural licuado es un fluido criogénico, considerándose el límite criogénico el valor de su punto de ebullición igual a -161 °C, y posee una densidad igual al 45% de la densidad del agua. (Barreto y Quiñones, 2014)

b. Transporte: el GNL es almacenado en cisternas criogénicas diseñadas para evitar las infiltraciones que afecten la temperatura del gas, las cisternas criogénicas, emplean camiones criogénicos para su transporte desde la planta de licuefacción de GNL hasta las ciudades donde se han instalado las estaciones de regasificación, para este efecto el traslado es vía terrestre, férrea o fluvial. (Paliza, 2022)

El "gasoducto virtual" es un sistema tecnológico de transporte de gas natural proveniente de Camisea hasta ciudades donde por su lejanía, resulta antieconómico instalar un ducto físico. El gas natural licuado en condiciones termodinámicas criogénicas, generalmente metano y etano en menor proporción, así como pequeños porcentajes de otros gases es enfriado a temperatura promedio de -161°C para mantener sus condiciones de transporte. Este proceso reduce el volumen del fluido en 600 veces. Existe también otro tipo de tecnología de gasoducto virtual con gas natural comprimido a 200 bar y 15 °C. la cual implica un menor transporte de gas natural, aproximadamente 50% menos de lo transportado vía GNL. (Barreto & Quiñones, 2014)

Figura 3

Tecnología de transporte de GNL



Nota. Información obtenida de Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia)

La logística del abastecimiento es idéntica a la de los combustibles líquidos, consta primeramente en la recepción del combustible por camiones-tanque criogénicos. Los componentes son más diversos, pues el GNL debe mantenerse a -161 °C mediante un sistema de refrigeración ubicado en el medio de transporte. La transferencia de GNL a los camiones se realiza por una bomba centrífuga, de trasiego. El proceso de regasificación implica en procesar al gas natural y llevarlo a su estado gaseoso y se consigue al hacer fluir el gas por los vaporizadores. Luego se suministra la presión de servicio para su distribución a través de las redes de media o baja presión según el caso. (Barreto & Quiñones, 2014)

- c. Regasificación: este proceso de regasificación se realiza en las Plantas satélites de regasificación, donde el gas natural desde fase líquida saturada pasa a la fase gaseosa en un proceso de cambio de estado y calentamiento isobárico en evaporadores. (Paliza, 2022)
- 2.2 Plantas de regasificación.

2.2.1 Regasificación.

Una Planta Satélite de GNL: Es una instalación de almacenamiento, regasificación y regulación de gas natural, cuyo abastecimiento se realiza a través de camiones cisterna procedentes de los Terminales de descarga y almacenamiento de buques metaneros. El término "satélite" se aplica porque estas instalaciones están aisladas de la red de gasoductos de distribución de gas natural. (Crisergas, 2023)

Se conocen como plantas satélites de GNL el conjunto de instalaciones de almacenamiento, regasificación y regulación destinadas a suministrar gas natural a consumos locales situados en zonas no abastecidas por redes de gas natural canalizado, y en las que el abastecimiento se efectúa mediante el transporte del GNL desde una planta de almacenamiento de mayor entidad. Las plantas origen de su abastecimiento son generalmente plantas de licuefacción o terminales portuarias de recepción de GNL mediante buques metaneros. Estas plantas dependen pues de un almacenamiento de GNL de mayor capacidad y es por esta característica por la que se las denomina satélites. (De la Peña, 2014)

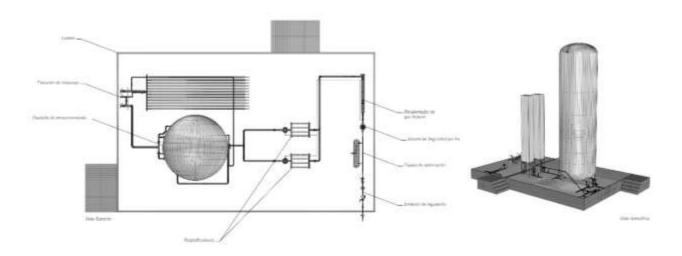
Las plantas satélites se han impuesto como un medio eficaz para abastecer tanto a industrias como a núcleos urbanos o polígonos, todos ellos alejados de las redes de gas convencionales. Para las industrias sin acceso a la red de gas, representan una alternativa que permite competir con otras industrias de la misma actividad que si dispongan de conexión a la red, o bien pueden disponer de gas natural cuando represente una opción tecnológica o económica ventajosa para su proceso de producción. También existen otras aplicaciones de menor expansión como pueden ser abastecimientos temporales a zonas de consumo por averías o incidencias que impidan la llegada del gas por las redes convencionales, estaciones de servicio de GNL para flotas de vehículos o estaciones de llenado de botellas de gas natural comprimido (GNC) para automoción. (De la Peña, 2014)

El GNL se transporta a la planta satélite a una temperatura de -161 ° C. Cuando llega a la instalación, se procede a la descarga del gas licuado en el tanque. Para las plantas con depósitos de almacenamiento de menor capacidad, la duración de las descargas del gas licuado es de 20 a 25 minutos, mientras que en las plantas más grandes puede tardar aproximadamente en torno a una hora y media o dos horas. Las cisternas, los tanques de almacenamiento, equipos y accesorios se construyen con tecnologías criogénicas para que pueden operar a temperaturas tan bajas. Tras la descarga, el gas natural licuado almacenado en estado líquido en depósitos criogénicos fluye lentamente a través por tuberías hacia un vaporizador, siendo calentado y gasificado. (García, 2020)

Durante el proceso el gas se traslada a la estación de regulación y medición, regulándose la presión para la distribución (6 bar). A la salida de la ERM, se le adiciona un fluido odorizante (THT) para poder identificarlo en prevención a posibles fugas. Quedando el gas natural preparado para su distribución a través de una red de baja presión. (García, 2020)

Figura 4

Esquema de Planta satélite de GNL



Nota. Información obtenida de Novagas.

El proceso es controlado mediante un sofisticado sistema de control automático con la finalidad de monitorear las variables de operación de la unidad de regasificación y verificación para que su operatividad este en el rango de los requisitos normados. La potencia eléctrica requerida para la operación de componentes eléctricos de la planta es menor a 10 kW para una planta de 30 000 m³, el nivel de tensión es en baja tensión. Cuenta con un sistema de respaldo con baterías y un grupo electrógeno stand by para casos de emergencia de tal forma de disponer de energía eléctrica en forma permanente. Mediante un vallado perimetral, se deberán proteger todos los componentes de la planta para evitar el ingreso de personal no autorizado. Las condiciones de seguridad deben cumplirse a cabalidad para evitar posibles accidentes. (García, 2020)

Figura 5

Planta satélite GNL. Vista general cubeto y vallado perimetral



Nota. Información obtenida de García (2020)

El objetivo de una planta de regasificación es almacenar y convertir el Gas Natural Licuado a Gas Natural seco de tal manera se permita su distribución y suministro a los consumidores a un valor de presión de normalizada para su distribución, consta de las siguientes etapas:

- Descarga: Se puede realizar realiza por diferencia de presiones o a través de una bomba de trasiego para gases criogénicos.
- Almacenamiento: El gas natural licuado, se almacena en un depósito criogénico
 presurizado. Posteriormente se le regasifica. Los depósitos están conformados en el
 interior por dos depósitos concéntricos de acero y por el exterior por otro de acero.
 Se emplea como material aislante la perlita o el vacío para las paredes externas.
- Regasificación: Se tienen 2 tecnologías: conocido como sistema atmosférico y por medio de vaporización de flujo forzado.
- Recalentamiento: La función de esta etapa es incrementar la temperatura y conseguir las condiciones de distribución y consumo, el gas regasificado sale desde los vaporizadores atmosféricos a una temperatura de 5 a 8° C menor que la temperatura del medio ambiente. El suministro de calor para recalentar el gas se realiza a través de calentadores eléctricos de Agua Caliente o Vapor Saturado. (Campomani & Hernández, 2022)

2.2.2 Plantas.

El Gas Natural Licuado es "Vaporizado" o Regasificado, mediante la transformación física desde el estado líquido a estado Gaseoso, por medio de intercambio de calor. Los equipos de vaporización deber ser eficientes y seguros. Las plantas receptoras se diseñan para la demanda futura. Entre la decisión de construir un tanque y su puesta en marcha pueden transcurrir tiempo valioso, por lo tanto, es necesario asegurar el almacenamiento y disponibilidad de la materia prima en caso de falta de suministro. (Vargas & Patiño, 2016)

Es una Instalación industrial que se encarga de la conversión de Gas Licuado (Gas Líquido a T° < -160°C) a Gas Natural. Para ello se inicia desde proceso de recepción del producto, depósitos de almacenamiento y refrigeración, dichos tanque deben con un sistema de recuperación de vapores con una unidad de compresión (Presión entre 7 a 9 bares), dichos gases se envían a un sistema de recuperación por absorción, donde al final de obtiene producto liquido con una temperatura de saturación entre los -138 a -141°C. Todo el líquido pasa a proceso de gasificación utilizando intercambiadores, hornos, calentadores o mixtos que originen la evaporación del GNL. Las plantas de gasificación de GNL, se clasifican según la fuente de calor empleada para provocar la vaporización. (Vargas & Patiño, 2016)

Una vez licuado, el GNL es derivado hacia tanques criogénicos ubicados en lo que se denomina estación o planta satélite. Estos tanques cuentan con un recipiente interno fabricado con una aleación de níquel y una cubierta de refuerzo de concreto para garantizar la contención del fluido en una eventual ruptura del tanque interior. Generalmente, en la producción de GNL a pequeña escala se emplean tanques de fondo plano con capacidades de almacenamiento entre 7500 y 160 000 m³, tanques esféricos cuya capacidad varía entre 1000 y 8000 m³, o tanques cilíndricos "bullet tanks" que tienen capacidad de almacenamiento entre 50 y 1200 m³ de GNL. (Restrepo, et. al., 2021)

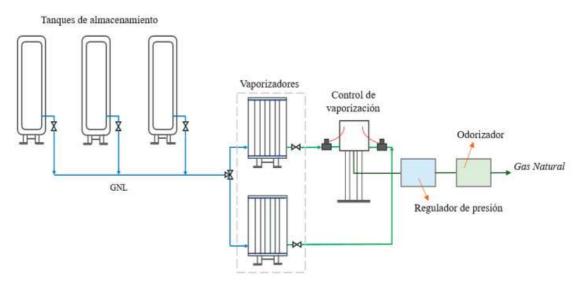
Los tanques de fondo plano cuentan con sistemas secundarios de contención en caso de derrame. Dependiendo de la tipología de contención empleada, estos pueden clasificarse como: de contención simple, doble e integral. Los primeros cuentan con un tanque interior compuesto de 9 % por níquel y también tienen un tanque exterior fabricado en acero al

carbono al cual se le instala un aislamiento de perlita. Los segundos son tanques de contención con una pared exterior de concreto reforzado que tiene la función de contener al GNL en el supuesto caso de colapso del tanque interior. Los terceros se componen por un tanque interior confinado por otro exterior que permite la contención de GNL en fase gaseosa y líquida en caso de fuga. Se emplea de forma comercial, ya que cumple un alto nivel de seguridad. (Restrepo, et. al., 2021)

La característica más relevante de las plantas de regasificación es la capacidad que presentan para suministrar de gas natural a ciudades que carecen de conexiones a un ducto físico, los cuales son relativamente caros (más de 1 millón de dólares por km de ducto). En el caso del sector industrial, se presentan como alternativa para competir con empresas que disponen de un suministro de gas natural por redes de distribución. También permite abastecer al sector transporte vehicular y residencial.

Figura 6

Planta satélite GNL en pequeña escala.



Nota. Información obtenida de Universidad Politécnica de Pereira.

Según la NTP 111.032-2:2020, la clasificación de las plantas de regasificación en función a su capacidad en metros cúbicos, son las siguientes, pudiendo haber otras denominaciones con la entrada de empresas de Asia en este rubro comercial:

Tabla 2

Clasificación de las plantas de regasificación según su capacidad geométrica de almacenamiento.

Tipo	Capacidad mínima	Capacidad máxima
A		Hasta 5 m ³
В	Desde 5 m ³	Hasta 20 m ³
С	Desde 20 m ³	Hasta 60 m ³
D	Desde 60 m ³	Hasta 200 m ³
E	Desde 200 m ³	Hasta 400 m ³
F	Desde 400 m^3	Hasta 1500 m ³

Nota. Información obtenida de NTP 111.032-2:2020

2.2.3 Componentes.

Deposito criogénico vertical. La reserva de GNL en plantas de regasificación se logra por medio de tanques de doble envolvente metálica, internamente con aleación de acero y externamente con acero al carbón, y una capa intermedia constituida principalmente de perlita que anteriormente se ha sometido al vacío. Este tipo de depósitos generalmente para construcciones de pequeña escala es conveniente la instalación del tipo vertical para una reducción significante en el espacio del terminal de regasificación. Estos tanques criogénicos varían su capacidad desde pocos metros cúbicos hasta 250 m³ o 300 m³. Debe evitarse un llenado superior al 95% de la capacidad geométrica de los depósitos, aunque es necesario garantizar un nivel mínimo para conservar las condiciones de baja temperatura. (Aceros & Hernández, 2016)

La presión a la que estos depósitos operan hasta 72,52 psi, por lo general está entre 43,51 psi y 65,27 psi. La temperatura de diseño del material es cerca a los -196 °C, teniendo en consideración que la temperatura a la que se mantiene el GNL oscila entre los -160 °C a

-135 °. Por lo tanto, es indispensable el alto nivel de fabricación y de los materiales para su construcción. (Aceros & Hernández, 2016)

Figura 7

Deposito criogénico vertical



Nota. Imagen obtenida de Novagas.

En los depósitos de almacenamiento de GNL se presentan 3 circuitos, siendo sus características las siguientes:

Circuito de salida para uso y consumo: posee una válvula criogénica de asiento montada a la salida y un economizador con la función del control de la presión accionado por la ejecución de un muelle, ocurriendo la acción de paso del gas cuando es superior a la fuerza de este.

Circuito de descarga de GNL al depósito: mediante el acoplamiento de varias válvulas criogénicas mixtas de acción manual y anti-retorno que se activan cuando la presión del lado del tanque de almacenamiento es mayor a la del lado de la descarga.

Circuito de presión del depósito: Principalmente tiene el regasificador (puesta a presión rápida), consigue la regasificación mediante el contacto con el medio ambiente. (Aceros & Hernández, 2016)

Figura 8
Válvulas criogénicas mixtas de maniobra manual y de antirretorno.



Nota. Imagen obtenida de Novagas.

El depósito incorpora 4 válvulas de seguridad por medio de una válvula de tres vías para que el depósito sea protegido por dos de ellas. También se adicionan en esta zona de control una válvula de venteo del depósito, el sistema de tuberías de acero inoxidable por donde fluyen los venteos, las válvulas de seguridad de línea, un dispositivo de control de vacío en el espacio intermedio y la conexión para la bomba de vacío. (Aceros & Hernández, 2016)

2.2.4 Vaporizadores.

a. Vaporizadores atmosféricos. AAV (Ambiente Air Vaporizer)

Estos equipos térmicos usan la energía contenida del aire en condiciones ambientales para vaporizar y calentar el gas natural licuado. El gas natural licuado fluye por la parte inferior del banco de tubos y sale, en estado gaseoso, por la parte superior. El aire frío, de menor densidad, fluye por convección natural en forma descendente o cruzada. Los tubos son construidos de acero con aleaciones de aluminio para el caso de superficies extendidas. Para aumentar la transferencia de calor, los vaporizadores pueden incluir ventiladores que incrementen el flujo de aire. Debido a la baja temperatura del GNL, es habitual la formación de una neblina alrededor de estos equipos y escarcha en los tubos. (Álvarez, 2015)

Figura 9
Vaporizadores atmosféricos



Nota. Imagen obtenida de Xinxiang Chengde Global Trading Co., Ltda.

Vaporizadores atmosféricos: Son equipos térmicos que presentan un alto gradiente de temperatura entre el gas natural licuado y el medio externo, conociéndose este sistema como vaporizadores atmosféricos con superficies aleteadas. En estos equipos térmicos el gas natural licuado fluye a través de un banco de tubos aleteados para incrementar el área de calefacción, están ubicados de forma vertical con la finalidad de aprovechar la circulación por convección natural del aire. Se les emplean para caudales reducidos, menores a 1 000 – 2 000 Nm³/h, aunque no está predeterminado de forma fija para los límites detallados. Los regasificadores atmosféricos son difícil de ser empleados en regiones geográficas con climas muy fríos, en las cuales se alcance temperaturas de 0°C. (Barreto & Quiñones, 2014)

Los vaporizadores de aire ambiente son equipos térmicos relativamente sencillos que vaporizan gas licuado utilizando el calor suministrado por el aire a temperatura ambiental. Con este sencillo principio de funcionamiento, estos vaporizadores no requieren alimentación externa de ventiladores para su excelente desempeño. El gas líquido fluye a través de un banco de tubos ubicados en varios pasos cediendo su calor latente y sensible. Los vaporizadores de aire ambiente se utilizan en muchas aplicaciones tecnológicas en la industria criogénica. (Cryonorm, 2023)

Los vaporizadores ambientales son de tiro natural no tienen partes móviles, lo que resulta en gastos operativos (OPEX) cero y bajos costos de mantenimiento. Los vaporizadores de tiro forzado tienen una mayor capacidad de salida debido al flujo de aire forzado sobre el haz de tubos. La introducción de este equipo rotativo da como resultado un aumento de los costos operativos y de mantenimiento. (Cryonorm, 2023)

Vaporizador calentado por aire ambiente – Tiro Forzado: Los tubos del vaporizador son parte de una extrusión totalmente con aletas de aluminio. Estas aletas proporcionan una gran superficie que recoge el calor ambiental. Los vaporizadores están diseñados para una presión máxima de trabajo de 40 barg según EN13445 y AD2000, ASME. La formación de hielo en el aire ambiente del vaporizador es normal ya que la humedad del aire se condensa y se congela en los tubos con aletas. Los puentes de hielo entre los tubos en serie adyacentes se minimizan ya que los tubos de fase líquida tienen un mayor espacio entre centros. Esto da como resultado una temperatura del gas cercana a la temperatura ambiente incluso después de ocho horas de funcionamiento continuo. Como los vaporizadores son totalmente de aluminio, no aparecerá corrosión antiestética en las instalaciones de su cliente. (Cryonorm, 2023)

Los sistemas de vaporización tienen la función de ceder energía térmica del medio ambiente al Gas Natural Licuado a través de intercambiadores de calor para producir el cambio de estado, después se continua con el calentamiento hasta alcanzar la temperatura ambiental, las presiones de operación de las plantas de regasificación, es de 3 bar y 5 bar, la regasificación ocurre entre -140° C y -135° C. El calor promedio para el proceso de regasificación de un kg de GNL es de 120 kcal/Nm³ (Según lo detallado por la norma UNE 60210: 2011). (Paliza, 2022)

Entre el GNL y el medio ambiente se presenta una temperatura media logarítmica entre 45 a 49 °C exige usar vaporizadores atmosféricos con superficies extendidas, en ellos el GNL fluye por un conjunto de tubos con aletas con aleaciones de aluminio para aumentar el área de transferencia de calor, están instaladas verticalmente para facilitar la circulación por convección natural del aire a temperatura ambiental. Se emplean para caudales pequeños de GNL a regasificar, por ejemplo, inferiores a los 1,000/2,500 Nm³/h. (Paliza, 2022)

Figura 10 Vaporizador atmosférico-Planta Coishco



Nota. Imagen obtenida de Tormene Group

Los regasificadores atmosféricos son ideales para emplearse en lugares con climas cálidos, no deben ser empleados en climas muy fríos, por ello es necesario emplear regasificadores con agua, en función a los siguientes factores:

Caudal de diseño de gas a regasificar. (Nm³/h)

La temperatura del aire a condiciones ambientales.

La humedad relativa del aire.

La velocidad del aire.

Variabilidad del consumo; constante y continuo o variable.

Demanda tipo: diaria, día/noche y estacional. (Paliza, 2022)

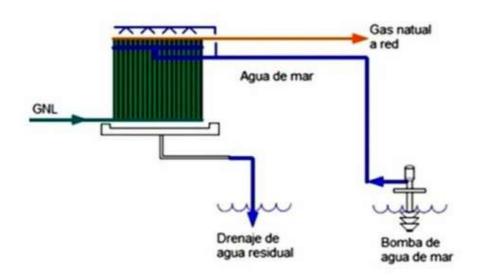
Los vaporizadores ambientales son aparatos térmicos formado por bancos de tubos con superficies extendidas de aluminio, tomándose el calor del ambiente y lo intercambian al GNL que fluye dentro de los tubos. Cada equipo permite vaporizar 2 500 Nm³/h (dependiendo del volumen de caudal de regasificación) es recomendable ser usados hasta en las condiciones nominales: temperatura mayor a 4°C, humedad relativa de 75% y una velocidad del aire mayor a 1 m/s. Durante la operación, se va depositando la humedad ambiental, formando una capa de hielo que va reduciendo su capacidad de transferencia de calor. Esto obliga a retirarlos de operación temporalmente para limpiar el hielo y luego

ponerlos en operación cuando sea requerido. Por ello es necesario contar con un sistema en stand by para operación en paralela. (Paliza, 2022)

b. Vaporizador de tablero abierto, ORV (Open Rack Vaporizer)

Emplean el agua de mar para evaporar el GNL. El agua de mar recorre a través de la superficie externa del vaporizador. El cambiador de calor está conformado por banco de tubos de aluminio con aletas o inox. Los paneles deben estar protegidos con una aleación de aluminio-zinc que actúa como ánodo de sacrificio para prevenir la corrosión salina que deteriore el material. El gas ingresa por la parte inferior y por medio de un manifol se deriva al banco de paneles, saliendo el gas natural vaporizado por la parte superior. Cada banco está compuesto de varios grupos de tubos, estos paneles (entre 3 y 8) se unen en un bloque, por un manifol de ingreso y otro manifol de salida. (Álvarez, 2015)

Figura 11
Vaporizadores de tablero abierto



Nota. Imagen obtenida de Lizarazo & Cañas (2022).

c. Vaporizador de combustión sumergida, SCV (Submerged Combustion Vaporizer). En estos vaporizadores el agua atemperada a 60-70°C en un calderín con gas natural. El GNL fluye dentro de un banco de tubos formado por tubos lisos de acero inoxidable austenítico, inmerso completamente dentro del agua. Los gases de combustión se inyecta en el agua por la parte inferior del banco de tubos por donde fluye el GNL, generándose un efecto de burbujeo que permite mantener la temperatura constante en el agua, con lo cual se evita el congelamiento de ésta por la parte externa de las tuberias. Del mismo modo el coeficiente de transmisión de calor en el lado externo del serpentín es muy elevado por la agitación que genera en el agua el flujo de los gases de combustión, alcanzando valores entre 2 y 3 veces mayores a los que se obtiene en los vaporizadores con agua de mar y con valores superiores a los vaporizadores ambientales. Sin embargo, su operación es muy costosa por la demanda energética para su funcionamiento. (Álvarez, 2015)

Figura 12
Vaporizadores de combustión sumergida



Nota. Imagen obtenida de Ck-gasequipment. Ltda.

d. Vaporizador de carcasa y tubo.

Los cambiadores de calor de carcasa y tubos por lo general son muy empleados en la industria, pudiendo emplearse bajo ciertas condiciones en la industria criogénica. Están conformados por una carcasa en forma de cilindro, de acero, en cuya parte interior se cuenta con un banco de tubos dispuestos paralelamente a la carcasa, pudiendo ser acero o aleaciones de aluminio u otros metales de alta conductividad. Uno de los fluidos fluye por la parte interna de los tubos mientras que el otro fluye por la parte externa del vaporizador. Pueden ser de flujo paralelo o en contracorriente, incrementándose la transferencia de calor adicionando bafles para incrementar el recorrido del flujo. Los componentes de estos

equipos térmicos son la carcasa, los banco de tubos, el cabezal frontal y posterior, las placas que sirven de soporte a los tubos y unos separadores que aproximan las condiciones del flujo a las de flujo cruzado. Los tubos llevan en ciertos casos superficies extendidas. (Álvarez, 2015)

Figura 13
Vaporizadores de carcaza y tubos



Nota. Imagen obtenida Empresa Cosmos México

El fluido que circula a través de la carcasa atraviesa el haz de tubos varias veces. El fluido que fluye por los tubos puede circular varios pasos a través de los tubos. En los cambiadores de carcasa y tubos usados para la vaporización del gas natural licuado, este último fluye por la parte interna de los tubos y el fluido de la carcasa suele ser agua de mar, agua caliente o vapor que fluye por la parte exterior. La carcasa está fabricada de acero inoxidable y los tubos fabricados de aleaciones de aluminio con trazas de zinc para los casos de que se tenga como refrigerante el agua de mar. Los vaporizadores de fluido intermedio (Intermediate Fluid Vaporizer), son un tipo de evaporadores formados por un cambiador de calor con 3 fluidos dispuestos en cascada. (Álvarez, 2015)

2.3 Demanda residencial de gas natural.

2.3.1 Red de Distribución.

La red de distribución tiene la siguiente estructura:

Red troncal. Compuesta por un conjunto de tuberias y accesorios normalizados a través del cual el flujo de gas natural se distribuye a media presión hacia las redes de baja presión de una ciudad. El objetivo es permitir la circulación del gas desde las estaciones de regulación hacia la red de distribución y de ahí hacia los anillos de suministro o puntos de consumo. Se utiliza ductos de acero inoxidable y de polietileno para redes de media o alta presión. Los diámetros utilizados son de 1 a 4 ". Se denomina red de baja presión a la instalación de distribución formada por redes secundarias, anillos de distribución que permiten la distribución del gas natural a baja presión hacia los puntos de consumo. (Campomani & Hernández, 2022)

Red de distribución de media presión con valores entre 60 a un máximo de 90 psig. La tubería es de polietileno con diámetros de media pulgada hasta 6 pulgadas. Permite el transporte de gas a través de la ciudad, hasta los centros de medición y regulación de cada consumidor. Incluye mecanismos de tal como válvulas de corte, medidores, entre otros. (Aceros & Hernández, 2016)

Parten desde las redes de baja ´presión y está conformada por tuberías que son derivadas desde las redes principales formándose anillos de distribución. Los circuitos de distribución permiten el suministro de gas natural a los consumidores, derivándose desde la red principal hacia las acometidas residenciales dispuestas en cada una de las viviendas. (Campomani & Hernández, 2022)

Figura 14

Instalación de red de distribución Chimbote



Nota. Imagen obtenida de Diario de Chimbote

El diseño de las instalaciones para el suministro de gas natural seco debe tener en cuenta las siguientes consideraciones: Máximo volumen de gas natural consumido por cada artefacto, mínima presión del gas natural seco necesario por los artefactos que consumen gas, las consideraciones para cubrir demandas futuras, el factor de simultaneidad para el cálculo del consumo máximo coincidente, gravedad específica y poder calorífico superior del gas natural seco. Toda red de gas natural debe iniciarse con un diseño previo, definiéndose su trayectoria, tamaño, forma y capacidad, que sea la base para iniciar el proyecto de suministro de gas. (Carhuaricra, 2017).

Tabla 3 *Máxima presión admisible de operación*

Nomenclatura	Presión de	MAPO (Bar)
	diseño (Bar)	
Red de muy alta presión	153	153
Redes de alta presión	50	50
Redes de media presión	19	19
Redes de baja presión-Acero	10	10
Redes de baja presión-Polietileno	5	5

Nota. Los datos fueron tomados de la Empresa Cálidda, (2012)

Estación de regulación de presión: Son infraestructuras ubicadas en las redes de distribución que tienen el objetivo la regulación de la presión del gas hasta los valores normalizados en las redes de baja presión, teniendo en cuenta las normativas técnicas vigentes. En estas instalaciones se realiza la medición del caudal que fluye de gas natural hacia los puntos de consumo. (Pérez, 2016).

La Estación de regulación y medición permite la reducción de las sobrepresiones al ingreso de la instalación de tal forma que aguas abajo se tenga una presión de operación para su empleo. En el supuesto caso de averías o fallas del regulador de presión, se debe tener una válvula de alivio la cual se acciona mecánicamente en caso de fallas del regulador hasta conseguirse el valor de la presión regulada. La regulación se realiza en 1 o 2 etapas de regulación en cascada según el diseño de la estación de regulación y medición del gas natural. (Ita, 2021).

La Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP) se diseña según la NTP 111.011 para el diámetro de las tuberias, caídas de presión, velocidades admisibles, y para la selección de sus componentes de flujo, seguridad, regulación, corte y medición. (Kuzma, 2019)

Figura 15
Estación de Regulación y Medición de Gas Natural



Nota. Imagen obtenida de Calidda Gas Natural del Perú.

Las tuberías de gas son instaladas por lo general en línea recta procurando el mínimo cambio de dirección y variaciones de nivel y el mínimo de accesorios, deben ser fáciles de desmontar para dar mantenimiento preventivo o correctivo para un caso de fuga. Asimismo, su operación no presenta peligros ni es riesgoso para la salud e higiene, deben montarse cuando sea necesario en pasarelas, plataformas, conductos, etc. Deberán tener elementos de unión tal como bridas, uniones dobles, que permitan una rápida mantenibilidad y cambio de accesorios que conforman la red interna. (Chávez, 2017)

2.3.2 Red interna.

Acometida Domiciliaria: Son los elementos conformantes de la conexión de gas en los domicilios que empalman las conexiones externas a la red domiciliaria de propiedad del usuario con lo cual se controla la presión y mide el flujo o volumen consumido. La acometida tiene los siguientes componentes: un medidor, sistemas de regulación y seguridad, accesorios y válvulas reguladoras y protección. La conexión tiene un precio regulado por el Osinergmin y que se factura en partes o en una sola armada por el usuario en favor de la empresa concesionaria de distribución. Así mismo el derecho de conexión, es la obligación contractual que adquiere la persona natural o representante de la persona jurídica para tener un suministro de gas natural, mediante un único o fraccionado de pago a la empresa comercializadora el cual es de carácter obligatorio y no es reembolsable. (Campomani & Hernández, 2022)

La instalación interna, está formado por un conjunto de los elementos de conexión domiciliaria, que está conformada por tuberías, accesorios de protección y seguridad, acoplamientos y sistemas de mando, que permiten el flujo de gas hacia los diversos puntos internos de consumo instalados en los domicilios. La red interna se dimensiona según normatividad e instala en coordinación según las preferencias del usuario, en algunos casos es una instalación visible o empotrada dentro de la pared. La instalación interna de gas solo puede ser ejecutadas por instaladores registrados en Osinergmin. El precio de la red interna, dependerá del número de puntos de suministro y capacidades. Las empresas instaladoras propias de la Concesionaria e independientes, pertenecen al Registro de Instaladores Certificados por Osinergmin. (Campomani & Hernández, 2022)

El gas natural representa la más importante fuente de energía para el Perú. A través de uso adecuado y racional presenta grandes beneficios para los consumidores ya sea en el aspecto técnico, económico y ambiental. En una edificación, el buen desempeño de sus instalaciones requiere de una adecuada ventilación de los ambientes y un adecuado sistema de extracción de los productos de la combustión. La instalación de gas natural inicia desde el punto de suministro para el caso del gas natural, es distribuido a través de redes de baja presión mediante tuberías y concluye con el punto de medición y regulación de entrega al consumidor, llegando a los puntos de consumo (básicamente cocinas), dentro del tramo de recorrido de la tubería, se debe contar con accesorios, y dispositivos como el regulador, el medidor, y válvulas de corte y de alivio según el caso. (López & López, 2020)

En el Perú el acceso a la energía tiene las siguientes:

- Lejanía de las ciudades a la red principal de gas natural.
- Bajo consumo unitario residencial limitado a la cocción de alimentos.
- Bajo poder adquisitivo.
- Ciudades dispersas.
- Escasa infraestructura vial.

Lo detallado determina la baja rentabilidad en la ejecución de proyectos energéticos, por lo tanto, no son atractivos para la inversión del sector privado, por lo cual se requiere de la participación del Estado. Es por ello que se deberá tener con un plan maestro para definir los proyectos que permitirán la ampliación de la accesibilidad al gas natural en función a las reservas probadas. (López & López, 2020)

Una instalación residencial interna es un sistema conformado por tuberías, conexiones, válvulas y otros accesorias que se inicia luego del medidor o la acometida y con el cual fluye el gas natural seco hasta los distintos artefactos de gas del consumidor. En caso la acometida se ubique en la parte interna del predio del usuario o en una zona de propiedad común, tal es el caso de viviendas multifamiliares, las instalaciones internas pueden comprender tramos de tubería que se ubican antes del medidor o la acometida. Las características de cada vivienda determinaran las diversas configuraciones para la instalación interna domiciliaria. (Flores, 2017)

Figura 16
Instalación de red de gas natural residencial



Nota. Imagen obtenida de Osinergmin (2021)

2.3.3 Demanda.

Demanda de Gas Natural. Representa el factor más relevante para un proyecto de gas natural, porque su diseño se dimensiona en función al volumen de gas que habitantes de una población se requiera para el suministro de la potencia térmica requerida para los artefactos. Se deberá tener en cuenta la siguiente secuencia:

- Cálculo del caudal horario circulante hacia un punto de consumo. Esto es función del poder calorífico del gas natural.
- Cálculo del caudal simultaneo en toda la vivienda. En función a todos los equipos componentes del predio.
- Cálculo del factor de simultaneidad según el número de viviendas por ramal de distribución.
- Cálculo del factor de demanda de toda la zona de distribución. (Gómez, 2022)

El suministro de gas natural se basa en 2 criterios fundamentales, la seguridad y el costo. La seguridad, con la finalidad de garantizarse el flujo de has natural en forma continua, se debe disponer de una red de distribución que permita el cumplimento de esta condición. El costo, es un factor relevante para su preferencia en el consumo, por ello se han establecido categorías tarifarias acorde al volumen consumido. (Retelgas, 2002)

La selección de los puntos de ingreso se realizan con el objetivo de acercar los puntos de ingreso a los puntos de consumo en aquellas áreas que se ubicaban más alejadas, en tanto que las fechas de puesta en operación comercial se han acomodado según la evolución de la demanda y los volúmenes de ingreso y su evolución se han definido teniendo en cuenta que la inversión total en el sistema es minimizado cuando desde cada entrada se cubre la demanda de su zona de influencia y se deja una capacidad de trasvase razonable desde o hacia las zonas colindantes. Este criterio es relevante en el caso de las plantas de regasificadoras, ya que el GNL puede descargarse en unas u otras plantas sin incurrir en costos altos, en tanto que en el caso de las conexiones internacionales pueden existir restricciones en cuanto al volumen mínima y/o máxima que pueden aportarse. (Retelgas, 2002)

Finalmente, debe detallarse que la capacidad instalada de ingreso al sistema debe ser suficiente para poder garantizarse:

El suministro de la demanda convencional en condición de máxima demanda y, de forma simultánea, la sumatoria de todos los consumidores en el diseño de la infraestructura operando al 100% de capacidad.

La cobertura, en caso de averías o fallas fortuitas en los puntos de ingreso que puede afectar a la demanda convencional.

La existencia de una sobrecapacidad para poder garantizar el suministro futuro de la máxima demanda ante un eventual crecimiento a un ritmo superior al previsto en los programas de planeamiento. (Retelgas, 2002)

El acceso a la energía representa la condición mínima para el desarrollo de las comunidades. Su disponibilidad y accesibilidad se asocia a mejorar las condiciones de educación, salud, seguridad y actividades de producción. El Acceso Universal a la Energía se considera como el pilar principal para erradicar la pobreza energética y desarrollar un pais con el acceso a un combustible de bajo costo. Por ello resulta ser política de estado masificar el empleo del gas natural, el cual permite mejorar el excedente del consumidor, acorde a la teoría del bienestar del consumidor. Del mismo modo es el paso al proceso de transicion energética, hasta que los costos de las energías renovables, hidrogeno y electromovilidad sean asequibles a los consumidores. (Medina, 2020)

Los conceptos de "Disponibilidad" y "Accesibilidad" para facilitar el estudio de las condiciones para brindar acceso universal a un servicio de red. La disponibilidad mide la oferta que se pone al alcance del usuario, mientras que la asequibilidad mide la capacidad económica del ciudadano para adquirir y hacer uso del servicio que tiene al alcance. El primero alude a la cobertura que brinda la red, para el caso del gas natural, si la red de distribución pasa en frente del potencial usuario, mientras que el segundo alude a la competitividad del precio a pagar. (Medina, 2020)

Otro de los aspectos que tiene importancia en la decisión de conectarse al servicio pasa por el "valor intangible" que el consumidor le otorga al contar con gas natural para satisfacer sus necesidades, en términos de mayor confiabilidad y formalidad de la concesionaria, suministro continuo, seguridad del producto, modernidad, consumo amigable con el medioambiente, entre otros. Características que usualmente se asocian con el gas natural y que lo diferencian de otras fuentes de energía que pueden considerarse como sustitutos, como por ejemplo el GLP. (Medina, 2020)

El Perú hacia el 2021, mediante el Decreto Supremo N° 064-2010-EM, se aprobó la Política Energética Nacional del Perú 2010- 2040. Objetivo 7:

Desarrollar la industria del gas natural, y su uso en actividades domiciliarias, transporte, comercio e industria, así como la generación eléctrica eficiente.

Facilitar sistemas descentralizados en la distribución del gas natural en todos los sectores de consumo del País.

Propender al establecimiento de una tarifa única de gas natural por sector de consumo. Ampliar y consolidar el uso del gas natural y el GLP en la población del Perú.

Promover el desarrollo de una red de poliductos y el fortalecimiento de los sistemas de transporte y almacenamiento de hidrocarburos acorde con el desarrollo del País. (Medina, 2020)

2.4 Estructura de costos de la cadena de suministro de gas natural.

2.4.1 Generalidades.

Una tarifa es el precio establecido por ley o contrato que debe pagar un consumidor o usuario que desea consumir energía eléctrica o gas natural u otro bien o servicio público. Una tarifa es la cuota contractual, que deberá pagar el consumidor o usuario que desea

hacer uso de un servicio público. Las tarifas son establecidas acorde al volumen de consumo y se establecen según la política de precios a través del organismo regulador OSINERGMIN, el cual se ha elaborado en menú tarifario en función al volumen de consumo, y del mismo modo esta estructura varía según la distancia y tecnología de transporte del gas natural desde el punto de preparación a la ciudad de llegada. (Campomani & Hernández, 2022)

Las tarifas se fundamentan en costos medios eficientes con niveles de recaudación asociado a los costos totales, estos costos medios son afectados mensualmente por un factor de corrección con la finalidad de actualizar los cargos tarifarios según los efectos cambiantes del mercado. (Campomani & Hernández, 2022)

La estructura tarifaria establecida para la zona de concesión norte conforme a la 1 Adenda al Contrato de Concesión del 08.06.2019, es como sigue:

Tabla 4

Categorías tarifarias Zona de Concesión Norte

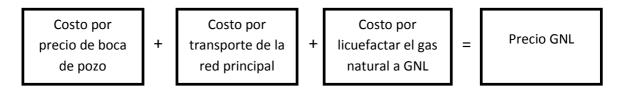
	Rango	(m³/mes)
Categoría Tarifaria	De	Hasta
I	0	100
IIA	101	300
IIB	301	1 000
III	1 001	5 000
IV	5 001	38 000
V	38 001	143 000
VI	143 001	280 000
VII	280 001	más
GNV	Por co	onsumo
Pesca	Por co	onsumo

Nota. Información obtenida de la Empresa Quavii.

2.4.2 Estructura.

Los cargos tarifarios referidos al gas natural licuado son los siguientes:

Figura 17
Estructura de costos para el Precio GNL



Nota: Información obtenida de Campomani & Hernández (2022)

Donde:

- Costo Gas Natural licuado GNL se obtiene con la sumatoria de los costos de precio de boca de pozo o explotación, transporte de red principal desde Camisea y el costo de licuefacción del gas natural hasta -161 °C y 1 bar de presión.
- Recargo FISE referido a un impuesto que deben realizar los consumidores de gas natural y forman parte del Fondo de Inclusión Social Energética. (Campomani & Hernández, 2022)
- Costo por transporte virtual. Es el costo asociado de transporte del GNL desde un productor (Planta de Pampa Melchorita hasta las ciudades destinos en las zonas de concesión haciendo uso cisternas criogénicos).
- Costo por Margen de distribución: Referido a los costos a reconocer por la distribución del gas natural en una determinada zona de concesión, está compuesta por el costo comercial, costo por capacidad, costo por distribución y costo por promoción. Valores que dependen del volumen mensual de consumo. (Campomani & Hernández, 2022)

III. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Material:

3.1.1 Características de la Planta de Satélite de Regasificación de Coishco.

La planta satélite de regasificación, es una empresa privada, Quavii de propiedad del consorcio Gases del Pacifico y Gases del Norte del Perú que conforman la empresa colombiana PROMIGAS.

Quavii, esta a cargo de la comercialización y distribución en el norte del Perú, en el 2017 inicio su operación comercial de la concesión de servicios de distribución de gas natural, distribución de combustibles gaseosos por redes de ductos, a través de gases del pacifico, para suministrar gas a más de 150 000 hogares en Huaraz, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, Lambayeque y Cajamarca, además de suministrar una energía limpia y de bajo costo al sector industrial, comercial, residencial y de transporte.

Figura 18
Ubicación Planta Satélite de regasificación de Coishco



Nota. Información obtenida de Google Maps

Se presentan la siguiente información:

- Av. Santa Marina S/N Zona Industrial Coishco
- Distrito de Coishco, Provincia del Santa, Departamento de Ancash
- RUC: 20536878573
- Razón Social: GASES DEL PACÍFICO S.A.C.
- Nombre Commercial: QUAVII

- Página Web: www.gasesdelpacifico.pe

- Tipo de empresa: Sociedad Anónima Cerrada

- Fecha de inscripción: El 21 de julio de 2010

- Fecha de inicio de actividades: El 01 de julio de2011

Figura 19
Planta Satélite de regasificación de Coishco



Nota. Información obtenida de Tormene Group (2022)

3.1.2 Descripción del proceso.

La estación de distrito está conformada por un conjunto de equipos y sistemas, tales como: bombas de recepción/trasiego, tanques de almacenamiento, válvulas economizadoras, vaporizadores ambientales, unidad de regulación, medida y odorización, así como de elementos de control, monitoreo y registro, destinadas a la transformación del GNL de estado líquido a estado gaseoso, con la finalidad de ser distribuido.

ZONA DE ALMACENAMIENTO:

La estación de distrito dispone de un área específica para el almacenamiento de GNL a continuación, se describen los principales equipos ubicados en la zona de almacenamiento.

Se dispone de una (1) bomba criogénica, del tipo centrifuga horizontal de acero inoxidable, con caudal de operación de (700 l/min – 42 m3/h). además, servirá para

realizar el trasiego entre los tanques de almacenamiento de la estación de distrito, en caso de que sea necesario, como por ejemplo por fallas en el nivel de aislamiento o perdida de vacío de uno de los depósitos. Opera a 19 barg.

Figura 20

Bomba de trasiego



Nota. Información obtenida de Quavii.

Para el almacenamiento de GNL, la estación de distrito dispone de un (1) tanque de almacenamiento horizontal con capacidad nominal de 200 m³, ubicado dentro de un dique de contención de concreto. Los tanques de almacenamiento son especiales debido a que son de doble envolvente metálica, la parte interna es de acero inoxidable y la parte externa de acero al carbono, el espacio intermedio entre los tanques será con súper aislamiento al vacío.

Figura 21

Tanque de almacenamiento de GNL.



Nota. Información obtenida de Quavii.

Dentro de sus principales características tenemos las siguientes:

Capacidad 200 m³.

Aislamiento : Alto vacío más super aislamiento.

Llenado: Hasta 80%

Capacidad efectiva: 180 200 m³.

Presión de diseño : 12 bar.

Presión de servicio: 8 bar.

Temperatura de diseño 196°C ±50°C.

Presión Building Up (PBU): Conformado por un vaporizador ambiental horizontal que se pondrá en marcha por medio de una válvula de control (PV), que mantiene constante la presión de operación en el tanque, permitiendo más o menos paso de caudal de GNL hacia el vaporizador. Con las siguientes características:

Capacidad: 300 Nm3/h.

Presión: 12 bar.

Temperatura de diseño = -196 °C.

Temperatura de servicio: Mayor a -162°C.

Figura 22

PBU del tanque de almacenamiento de GNL.



Nota. Información obtenida de Quavii.

ZONA DE REGASIFICACION:

Vaporizador Ambiental de GNL: Para regasificar el GNL, se estima que la Estación de Distrito disponga de cuatro (4) vaporizadores ambientales (sin embargo, el número de vaporizadores podría cambiar durante la etapa de la ingeniería de detalle), los cuales están divididos en dos grupos: dos vaporizadores en operación y dos vaporizadores en regeneración, de modo que funcionaran de forma alternada. Los vaporizadores operan

mediante el flujo de GNL a través de tubos verticales de aluminio que permiten la transferencia de calor de forma indirecta entre el GNL y el aire circundante, la capacidad de regasificación de los vaporizadores es de 8600 Nm³/h. (capacidades y numero de vaporizadores podrían aumentar o disminuir durante la etapa de detalle).

Figura 23

PBU y tanque de almacenamiento de GNL.



Nota. Información obtenida de Quavii.

Tabla 5
Vaporizadores atmosféricos actuales

Descripción	Número total			iones de ación.	Condiciones de Diseño		
	Operación	Reserva	Tº C	P barg	Tº C	P barg	
Vaporizadores Atmosféricos	2	2	-161	8	-196/+50	12.5/19	

Nota. Información obtenida de la Empresa Quavii.

3.1.3 Demanda residencial.

El distrito de Coishco es uno de los nueve que conforman la provincia del Santa, ubicada en el departamento de Ancash en el Norte del Perú. Limita con el distrito de Chimbote por el Sur y con el distrito de Santa por el Norte.

Tiene una superficie de 9,21 km² y está ubicado en la costa norcentral del Perú,

Altitud máxima: 157 metros. Altitud promedio: 15 metros

Latitud: 09° 01' 23" S

Longitud: 078° 36' 56" O

Colinda con el distrito de Chimbote separado por una hilera de cerros de baja altitud al sur y sur-este; colinda al norte, nor-este y este con la ciudad de Santa y por el oeste con la bahía de Coishco. El puerto de Coishco es sede de número considerable de industrias de harina y conserva de pescado.

El último censo poblacional se realizó en octubre del año 2017. Según los resultados del XII Censo Nacional de Población, al 22 de octubre del año 2017, la población censada fue de 29´381 884 habitantes y la población total, es decir, la población censada más la omitida, 31´237 385 habitantes.

Figura 24

Resultados globales para el Distrito de Coishco-Vivienda

DEPARTAMENTO DE ÁNCASH									
l.		REGIÓN		POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
cónico	CENTROS POBLADOS	NATURAL (según piso altitudinal)	(ms.n.m.)	Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocu- padas
021803	DISTRITO COISHCO			15 979	7 796	8 183	4 548	4 516	333
0001	COISHCO	Chala	31	15 979	7 796	8 183	4 848	4 5 1 6	330

Nota. Extracto obtenido de Información obtenida de Censo Nacional 2017.

Del mismo modo, teniendo en cuenta el Censo Nacional 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el día 22 de octubre en las zonas urbanas; y en el área rural, del 23 de octubre al 6 de noviembre, para obtener información estadística actualizada sobre la magnitud, distribución y composición de la población, así como de las características de las viviendas y de los hogares peruanos.

Tabla 6

Viviendas -Coishco

Tipo de vivienda	N° de viviendas ocupadas	N° de viviendas		
		desocupadas		
Casa independiente	4 489	320		
Departamento en edificio	4			
Vivienda en casa de	3			
vecindad				
Vivienda improvisada	16	12		
Local no apto para	4			
habilitación urbana				
Total	4 516	332		

Nota. Información obtenida de Censo Nacional 2017.

Se tiene como resultados para Ancash:

Tasa de crecimiento anual de viviendas 4% (2007-2017) en zona urbana.

Tasa de crecimiento anual de viviendas 1% (2007-2017) en zona rural.

El censo 2017 muestra que, del total de viviendas particulares del departamento de Áncash, 373 138 (90,5%) son ocupadas y 39 201 (9,5%) están desocupadas.

Del mismo se considera para la demanda un total de 4 512 viviendas el número de viviendas ocupadas y en condiciones de habilitación urbana.

Según la ubicación censal y revisión de trabajo de campo las siguientes cargas especiales:

Tabla 7

Cargas especiales servicio -Coishco

Carga Especial	N°	Peso Balón	Cantidad	Total
		GLP	mes	kg
Restaurantes	10	45	8	3600
Restaurantes	10	45	4	1800
Restaurantes	12	10	6	720
	6120			

Nota. Información obtenida de visita de campo.

Tabla 8

Cargas especiales industria-Coishco

Carga Especial	N°	Consumo promedio mensual R500/mes
Empresa de Harina de 60 Ton/h	2	60 000
Empresa de Harina de 30 Ton/h	4	30 000
Empresa de Harina de 10 Ton/h	2	10 000
Empresa de conservas de pescado	5	4 000

Nota. Información obtenida de visita de campo, no incluye Empresa Hayduk y Austral ya tienen suministro de gas natural.

3.1.3 Red de gas natural actual Coishco.

Actualmente existe red de distribución de gas natural que suministra la producción de la planta satélite de regasificación de Coishco a las Empresas Austral S.A y Hayduk S.A. Del mismo modo existe una conexión entre la red de gas natural de Chimbote con Coishco sin operación.

Calle Last Populations de la liega de la lingua de la lin

Figura 25
Red de gas natural actual

Nota. Información obtenida Observatorio Minero Energético de Osinergmin.

3.1.4 Ubicación de puntos de consumo.

Se presenta una sección de plano de la localidad de Coishco de los puntos de consumo donde se incluirá el suministro de gas natural.

Figura 26
Ubicación de puntos de consumo Coishco



Nota. Información obtenida Observatorio Minero Energético de Osinergmin.

3.2 Método.

- **3.2.1** El presente trabajo de investigación es del tipo pre-experimental, de naturaleza descriptiva.
- 3.2.2 Diseño de la investigación: El diseño de la investigación es pre experimental, en la cual el investigador se aproxima a una investigación experimental pero no presenta los medios de control suficientes que garanticen la validez interna. Se mide el mismo sujeto o grupo de sujetos (incremento de la capacidad de planta de regasificación) y su efecto en la cobertura de gas natural residencial (variable independiente) en la localidad de Coishco.

O1: Cobertura de la demanda sin gas natural residencial.

O2: Cobertura de la demanda con gas natural residencial.

X: Incremento de la capacidad de planta de regasificación.

G.E: Usuarios residenciales de la localidad de Coishco.

3.2.3 Metodología de cálculo:

Se presenta la secuencia para los resultados del presente informe:

a. Determinación de la demanda preferencial por gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.

Para determinar la potencia calorífica promedio de consumo de combustible equivalente, teniendo en cuenta que el combustible a sustituir es el GLP, se emplearon las siguientes ecuaciones:

Potencia suministrada_{GLP}(Pot_{GLP}) =
$$\dot{m_{GLP}} * PCI_{GLP} (3)$$

Potencia suministrada_{GN}(Pot_{tsGN}) =
$$\dot{m}_{GN} * PCI_{GN} (4)$$

Dónde:

PCI = Poder calorífico inferior del gas natural o GLP.

 \dot{m} = Flujo másico del combustible GLP y/ o gas natural.

Para determinar la demanda residencial mensual se tiene la siguiente ecuación:

Consumo gas natural mensual =
$$m_{GN} * 30 \ dias \dots \dots \dots \dots \dots (5)$$

 Estimación la demanda industrial y comercial actual por gas natural en la localidad de Coishco.

Para determinar la potencia calorífica promedio de consumo de combustible equivalente, teniendo en cuenta que el combustible a sustituir en la industria es R500, se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$Potencia \ suministrada_{R500}(Pot_{R500}) = \ m_{R500} * PCI_{R500} (7)$$

Potencia suministrada_{GN}(Pot_{tsGN}) =
$$\dot{m}_{GN} * PCI_{GN}$$
 (8)

Dónde:

PCI = Poder calorífico inferior del gas natural o R500.

 \dot{m} = Flujo másico del combustible R500 y/ o gas natural.

 c. Dimensionamiento de los componentes de la estación de regasificación en la localidad de Coishco.

Para el cálculo del flujo de calor requerido tendrá en cuenta el cambio de fase (de líquido a gas) que se produce durante la transferencia de calor. El flujo de calor total intercambiado tendrá en cuenta el calor de vaporización del GNL a la temperatura de suministro y el calentamiento del gas hasta su salida del equipo hasta 15°C.

Donde el flujo de calor de vaporización (kW) es el resultado de multiplicar el flujo másico de GNL (kg/s) por su calor latente de vaporización (kJ/kg):

El flujo de calor de calentamiento (kW) aportado después del cambio de fase será el resultado de multiplicar el gasto másico de gas natural ya vaporizado (se considerará el mismo que de GNL) por el calor específico a presión constante Cp (kJ/kg.K) y por el gradiente de temperaturas (°C).

A continuación, se calculó el área de transferencia de calor siguiendo la siguiente ecuación:

Donde *U* es el coeficiente de transmisión de calor, será considerado de 0,35 kW/m² .K (Referencia: Escobar. 2016 proyecto técnico-económico del diseño de una planta de regasificación de gas natural)

La temperatura media logarítmica se calculó según el siguiente procedimiento:

Donde:

Para este tipo de vaporizador, la temperatura de ingreso es 20 °C y salida del aire es igual a 15 °C.

A continuación, se calculó el número de tubos requeridos para el vaporizador ambiental. Se realizaron las siguientes consideraciones:

Diámetro de los tubos de 105 mm con un espesor de 0.9 milímetros.

Longitud (1) por paso de 6 metros.

Se cálculo el área superficial de los tubos:

Y el número de tubos es igual al cociente entre el área de transferencia de calor entre el área por tubo.

d. Estimación del costo mensual por consumo de gas natural residencial y la reducción de la facturación mensual en la localidad de Coishco.

Para el cálculo de la facturación del gas natural se tienen las siguientes ecuaciones; Para el gas natural licuado.

Costo GNL = Costo unitario GNL
$$(\frac{S}{m^3})$$
 * Consumo de Gas Natural $(\frac{m^3}{\text{mes}})$ (17)

Para el Recargo FISE.

Costo Recargo FISE = Costo unitario Recargo FISE
$$(\frac{\text{S/}}{m^3})$$
 * Consumo de Gas Natural $\left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right)$(18)

Para el costo por transporte virtual se obtiene a través de la siguiente ecuación.

Costo transporte virtual = Costo unitario T.
$$V(\frac{S/}{m^3})$$
 * Consumo de Gas Natural $\left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right)$ (19)

Para el margen de capacidad, la empresa distribuidora deberá tener en cuenta los detalles en cada Contrato de Suministro firmado con sus clientes, cual es la capacidad requerida por cada consumidor. Dicha capacidad por contrato está asociada al Derecho de Conexión, según el Reglamento de Distribución de distribución de gas natural por ductos.

Se calcula según la siguiente ecuación:

Margen por capacidad = MCC
$$\left(\frac{S/\sqrt{m^3}}{\left(\frac{m^3}{dia}\right)mes}\right) * VMD \left(\frac{m^3}{dia}\right)......(20)$$

Donde:

MCC = Es el costo unitario por margen de capacidad.

VMD = Valor Mínimo Diario de venta en (Sm³/día) determinado como el máximo valor entre:

- i) El 50% de capacidad que se reserva como Derecho de Conexión:
- ii) El valor mínimo según la categoría correspondiente;
- iii) La suma de los volúmenes consumidos para los 06 meses anteriores (incluido el mes en análisis), se divide entre el total de días del periodo en análisis (6 meses) (Osinergmin, 2019)

Para el margen de comercialización referido a los costos por la gestión comercial eficiente e incluye los costos de facturación y cobranza, se tiene a la siguiente ecuación:

El margen de distribución, es un cargo que incluye los costos realizados por el distribuidor de la zona de concesión para desarrollar, operar y mantener la red de distribución, se tiene la siguiente ecuación:

Costo por margen de distribucion

= Costo unitario M. D
$$\left(\frac{S/}{m^3}\right)$$
 * Consumo por Gas Natural $\left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right)$ (22)

Para el costo por distribución se tiene a la siguiente ecuación:

Costo por distribucion

- = costo por margen de capacidad
- + costo por margen de distribucion (23)

El costo por facturación por consumo de gas natural (sin IGV) se determina según la siguiente ecuación:

Facturacion por consumo GN

- = costo GNL + costo transporte virtual + costo recargo FISE

Se presenta el valor de los costos unitarios para el gas natural para octubre 2023 para la zona norte-Empresa QUAVII S.A.

Figura 27
Pliego Tarifario Octubre 2023 QUAVII

PLIEGO TARIFARIO GAS NATURAL FACTOR K=0.9123 CONCESION NORTE

Vigente desde 1 de Octubre 2023



	RAN	G05		SUMINISTRO GNL (1)	TRANSPORTE VIRTUAL (2)	DISTRIBUCION POR DUCTOS (3)				
CATEGORÍAS TARIFARIAS	m3	mes	PRECIO GNL	RECARGO FISE	monaronia victura (a)	MARGEN COMERCIAL	MARGEN PROMOCION	MARGEN CAPACIDAD	MARGEN DISTRIBUCION	
	Desde	Hanta	5/. /km3	5/, /sm3	5/. /sm3	Si. Adliente	S/. /cliente	\$/./(m3/dia)	5/./sm3	
1	0	100	0.75311	0.00711	0.61589	2.12717	18.37099	0.00000	0.26730	
EA.	101	300	0.75311	0.00711	0.61589	76.90755	0.00000	0.00000	1.09559	
IB	301	1000	0.81629	0.00711	0.61589	76.90755	0.00000	0.00000	1.09559	
II	1001	5000	0.81629	0.00711	0.61589	290.26619	0.00000	0.00000	1.05807	
IV	5001	38000	0.81629	0.00711	0.61589	0.00000	0.00000	10.10404	0.53747	
٧	38001	143000	0.81629	0.00711	0.61589	0.00000	0.00000	10.10404	0.53747	
W	143001	280000	0.81629	0.00711	0.46002	0.00000	0.00000	10.10404	0.30607	
VI	280001	Más	0.81629	0.00711	0.35260	0.00000	0.00000	7.43448	0.14307	
GMV	-		0.81629	0.00711	0.61589	0.00000	0.00000	0.26745	0.01492	
PESCA	-		0.81629	0.00711	0.61589	0.00000	0.00000	0.00000	0.80402	

Nota. Información Comercial obtenida de QUAVI

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Evaluación de la demanda.

• Con respecto a la informacion estadística de la demanda.

Tabla 9

Referente a la encuesta realizada

ITEM	PREGUNTA	De acuerdo/ conoce	No sabe, no opina	En desacuerdo/ No conoce
1	Ud. realiza sus labores de cocina comprando balones de GLP	96,6%	0,0%	3,4%
2	Esta Ud. conforme con los precios de balón de GLP de 10 kg, y está de acuerdo a su economía	31,4%	14,3%	54,3%
3	A escuchado Ud. acerca de la existencia de otro tipo de combustible en este caso el Gas Natural que puede ser usado en las cocinas	92,9%	2,9%	4,3%
4	Sabe Ud. que el Gas Natural es un combustible de bajo precio y se está usando en muchos lugares de nuestro pais	47,1%	34,3%	18,6%
5	Estaría Ud. dispuesto a emplear el gas natural en sus domicilios en reemplazo del GLP porque tiene un menor costo, y sobre todo por que llegaría a través de tuberias hasta su propia casa	90,6%	3,4%	6,0%
6	Tiene Ud. el subsidio por la compra de GLP con un vale FISE	58,6%	0,0%	41,4%
7	Si a Ud. le proponen instalar una red de gas natural en su casa, pero para esto es necesario hacer algunas modificaciones, daría su conformidad	54,9%	6,9%	38,3%
8	Sabe que existe una promoción para que pueda pagar su instalación en cuotas mensuales en 5 años, y aun así estaría ud ahorrando dinero al usar el gas natural en su domicilio	29,1%	5,1%	65,7%
9	Sabe Ud. que el gas natural es un combustible es un combustible de menor riesgo y de mayor seguridad en su manipulación al ser empleado en comparación al GLP	35,7%	28,6%	35,7%
10	Numero de días al mes que dura un balón de 10 kg de GLP			% 27 dias / 71% 21 dias/ as

Nota. Elaboración propia.

• Con respecto a la demanda residencial.

Asumiendo un consumo de 1 balón de GLP de 10 kg por mes.

Poder calorífico del GLP = 39 507 kJ/kg

Poder calorífico del Gas Natural = 43 MJ/m³

Consumo GLP mensual =
$$\frac{10\frac{kg}{mes} * 4512}{mes} = 45120 \ kg/mes$$

Consumo GLP dia =
$$\frac{45\ 120 \frac{kg}{mes}}{30 \frac{dias}{mes}} = 1\ 504\ kg/dia$$

Potencia suministrada_{GLP}(Pot_{GLP}) = $1504 * 39507 = 59'418528 \, kJ/dia$

Además, se tiene que:

Potencia suministrada_{GLP}(Pot_{GLP}) = Potencia suministrada_{GN}(Pot_{tsGN})
=
$$m_{GN}^2 * PCI_{GN} = 59'418 528 \, kJ/dia$$

$$\dot{m}_{GN} * 43\ 000\ \text{kJ/}m^3 = 59'418\ 528\ kJ/dia$$

$$m_{GN} = 1381.8 \frac{m^3}{dia}$$

Para determinar el consumo promedio por hora en un día de operación se tienen los siguientes bloques horarios para determinar la máxima demanda:

Turno de mañana: 6 a 9 horas.

Turno de mediodía: 11 a 14 horas.

Turno de noche: 18 a 20 horas.

Total horas: 8 horas.

$$m_{GN} = 1381,8 \frac{m^3}{dia} * \frac{1 dia}{8 horas} = 172,7 \frac{m^3}{h}$$

Del mismo modo se aplica el factor de crecimiento para el número de viviendas zona urbana de 4% (2007-2017) en zona urbana, para un horizonte de 10 años.

Demanda proyectada_{GN} = 172,7
$$\frac{m^3}{h}$$
 * $(1 + 0.04)^{10}$ = 255,6 $\frac{m^3}{h}$

• Con respecto a las cargas especiales servicio.

Se tiene un consumo de 6 120 kg de GLP/mes según los consumos de la tabla 7.

Consumo GLP dia =
$$\frac{6\ 120 \frac{kg}{mes}}{30 \frac{dias}{mes}} = 204 \ kg/dia$$

Potencia suministrada_{GLP}(Pot_{GLP}) = $204 * 39507 = 8'059428 \, kJ/dia$

Además, se tiene que:

Potencia suministrada_{GLP}(Pot_{GLP}) = Potencia suministrada_{GN}(Pot_{tsGN})
=
$$m_{GN}^{\cdot} * PCI_{GN} = 8'059 428 \, kJ/dia$$

$$\dot{m}_{GN} * 43\ 000 \frac{kJ}{m^3} = 8'059\ 428\ kJ/dia$$

$$m_{GN} = 187.4 \frac{m^3}{dia}$$

Para determinar el consumo promedio por hora en un día de operación se tienen los siguientes bloques horarios para determinar la máxima demanda:

Turno de mediodía: 11 a 15 horas.

Turno de noche: 17 a 20 horas.

Total horas: 7 horas.

$$m_{GN} = 187.4 \frac{m^3}{dia} * \frac{1 dia}{7 horas} = 26.77 \frac{m^3}{h}$$

Del mismo modo se aplica el factor de crecimiento para el número de viviendas zona urbana de 4% (2007-2017) en zona urbana, para un horizonte de 10 años.

Demanda proyectada_{GN} = 26,77
$$\frac{m^3}{h}$$
 * $(1 + 0.04)^{10}$ = 39,62 $\frac{m^3}{h}$

• Con respecto a las cargas especiales industria.

Poder calorífico del R500 = 42 301 kJ/kg

Criterio de cálculo: Se asume un factor de simultaneidad igual a 1, considerando que todo el sector industrial está en operación.

Además, el factor promedio de producción para una empresa de harina de pescado es de 40 Galones R500/Tonelada de Harina Producida.

El factor típico de producción es de 4 Toneladas de materia prima/Tonelada de harina.

Y el consumo promedio por hora de una empresa de conservas es de 30 Galones/hora.

Para una empresa de harina de pescado de 60 Toneladas/hora

Consumo R500 hora

$$= 40 \text{ Galones} \frac{\text{R500}}{\text{Toneladade Harina}} * 60 \frac{\text{Toneladas materia prima}}{\text{hora}}$$

$$* \frac{\text{Tonelada de harina}}{\text{4 Toneladas materia prima}}$$

Consumo R500 hora = 600 Galones R500/h

Potencia suministrada_{R500}(Pot_{R500}) = 600 * 42 301 * 3,678 = 25'380 600 kJ/h

Además, se tiene que:

Potencia suministrada_{R500}(Pot_{R500}) = Potencia suministrada_{GN}(Pot_{tsGN})
=
$$m_{GN} * PCI_{GN} = 25'380 600 kJ/h$$

 $m_{GN} * 43 000 \frac{kJ}{m^3} = 25'380 600 kJ/h$

$$m_{GN} = 2 \ 171 \ \frac{m^3}{h}$$

Se presenta el siguiente resultado:

Tabla 10

Consumo horario de gas natural industria-FS=1

Carga Especial Industrial	N°	Consumo promedio R500/hora	Consumo promedio m3 GN/hora
Planta de Harina de 60 Ton/h	2	1200	4 341,9
Planta de Harina de 30 Ton/h	4	1200	4 341,9
Planta de Harina de 10 Ton/h	2	200	723,6
Planta de conservas de pescado	5	150	542,7
To	9 950,1		

Nota. Elaboración propia.

• Resumen de la demanda.

Carga Residencial: 255,6 m³/h

Carga especial de servicios: 39,62 m³/h Carga opcional industrial: 9 950,1 m³/h

Se realizaron 2 casos:

Caso 1 : Carga residencial y especial de servicios: 295,22 m³/h

Caso 2 : Carga residencial y especial de servicios y especial industrial: 10 245,3 m³/h (Ver Anexo debido a que la tesis se centra en la demanda residencial)

4.2 Dimensionamiento de planta de regasificación.

4.2.1 Premisas de cálculo.

Cobertura actual de gas natural.

Empresa Austral S.A Capacidad de planta 160 Ton/h de materia prima, demanda máxima 1574 m³/h.

Empresa Hayduk S.A Capacidad de planta 120 Ton/h de materia prima, demanda máxima 1 180 m³/h.

Máxima demanda actual 2 754 m³/h.

4.2.2 Almacenamiento.

Capacidad efectiva: 180 200 m³.

Presión de diseño : 12 bar.

Presión de operación: 8 bar.

Caso 1: Carga residencial y especial de servicios: 295,22 m³/h

Capacidad real =
$$180\ 200 * 0.8 = 144\ 160\ m^3$$

Incremento de capacidad de llenado:

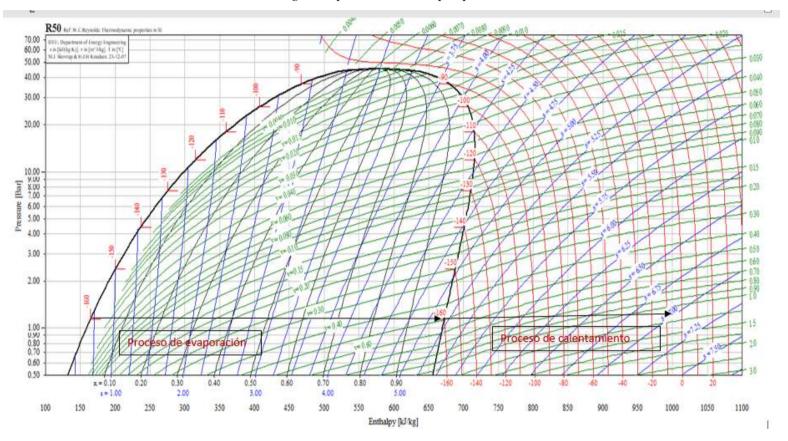
Incremento de capacidad =
$$\frac{295,22}{2.754} * 100\% = 10,72\%$$

4.2.3 Regasificación.

Para no afectar a la demanda actual de las Empresas Austral y Hayduk, se requiere instalar un regasificador de GNL, para cubrir con la demanda de 295,22 m³/h

El calor total intercambiado tendrá en cuenta el calor de vaporización del GNL a -161 °C y 1 Bar de presión y el calentamiento del gas hasta la salida del equipo hasta 20°C a presión constante.

Figura 28
Diagrama presión vs entalpia para el Metano



Nota. Información obtenida de Software Cool Pack

Valores:

Entalpia de líquido saturado $h_1 = 164,0 \text{ kJ/kg a -161 °C}$.

Entalpia de vapor saturado $h_2 = 672,0 \text{ kJ/kg a -}161^{\circ}\text{C}$

Entalpia final de proceso h₃ = 1 048,0 kJ/kg a 15°C y 1 Bar de presión.

La autonomía del proceso de evaporación es también un factor muy importante para tener en cuenta en el proceso de regasificación de GNL, se toma un factor de 3 DECRETO SUPREMO N° 010-2021-EM. Dictan medidas para asegurar la continuidad del abastecimiento de gas natural.

$$\dot{m}_{GNL} = 3 * 295,22 = 885,66 \frac{m^3}{h}$$

Las densidades para cada una de las etapas del proceso son las siguientes:

Densidad como liquido saturado a -161°C = $0,00367 \text{ kg/m}^3$.

$$\dot{m}_{GNL1} = 885,66 \frac{m^3}{h} * 0,00367 \frac{kg}{m^3} = 3,25 \frac{kg}{h}$$

Densidad como vapor saturado a -161°C= 0,487 kg/m³.

$$\dot{m}_{GNL2} = 885,66 \frac{m^3}{h} * 0,487 \frac{kg}{m^3} = 431,31 \frac{kg}{h}$$

Densidad como vapor sobrecalentado a 15°C y 1 Bar de presión=1,35 kg/m³.

$$\dot{m}_{GNL3} = 885,66 \frac{m^3}{h} * 1,35 \frac{kg}{m^3} = 1 195,64 \frac{kg}{h}$$

Por lo tanto, la ecuación de obtención de flujo de calor modificada es:

$$Q_t = ((\dot{m}_{GNL3} * h_3) - (\dot{m}_{GNL2} * h_2)) + ((\dot{m}_{GNL2} * h_2) - (\dot{m}_{GNL1} * h_1))$$

Por lo tanto el calor total requerido es:

$$Q_t = ((1\ 195,64*1\ 048) - (431,31*672)) + ((431,31*672) - (3,25*164))$$

$$Q_t = 1'252498 \frac{kJ}{h} = 347,9 \frac{kJ}{sg} = 347,9 kW$$

A continuación, se calculó el área de intercambio siguiendo la siguiente ecuación 12:

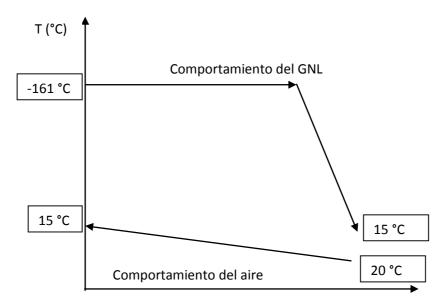
$$Q_t = U * A * \Delta T_{IMTD}$$

U es el coeficiente de transmisión térmica, que será considerado de 0,35 kW/m² .K (Referencia: Escobar. 2016 Proyecto técnico-económico del diseño de una planta de regasificación de gas natural-Pagina 148)

La temperatura media logarítmica se calculará de igual manera;

Figura 29

Diagrama de temperaturas en el evaporador atmosférico



Nota. Elaboración propia.

Donde:

$$\Delta T_1 = T_{sal,aire} - T_{ent,GNL} = 15 - (-161) = 176$$
°C

$$\Delta T_2 = T_{ent,aire} - T_{sal,GNL} = 20 - 15 = 5^{\circ}C$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{176 - 5}{Ln \frac{176}{5}} = 48 \, ^{\circ}C$$

$$Q_t = U * A * \Delta T_{LMTD}$$

$$347.9 \ kW = 0.35 \frac{\text{kW}}{m^2 \,^{\circ} C} * A * 48 \,^{\circ} C$$

$$A = 20.71 \, m^2$$

A continuación, se calculó el número de tubos necesarios el vaporizador. Se realizaron las siguientes consideraciones:

Diámetro de los tubos de 105 mm con un espesor de 0.9 milímetros.

Longitud (1) de 17,6 metros.

Se calculo el área superficial de los tubos:

$$A_{tub} = 5.80$$

Y finalmente el número de tubos es igual al cociente entre el área de intercambio total entre el área por tubo.

$$A = N^{\circ} tubos * A_{tub}$$

$$20,71 = N^{\circ} tubos * 5,80$$

$$N^{\circ}$$
 tubos = 3,57 = 4

Se requieren total de 4 tubos de 105 mm de diámetro de acero inoxidable, siendo la altura de 17,6 metros, valores estandarizados. El número de pasos es 8 pazos de 2.2 metros/pazo:

Tabla 11

Propuesta de vaporizadores atmosféricos

Descripción	Número	total	Condiciones de Operación.		
	Operación	Reserva	To C	P barg	
Vaporizadores Atmosféricos	1	1	-161	1	

Nota. Elaboración propia

En un entorno de baja temperatura, para reducir o evitar eficazmente la aparición de fracturas, el material de la tubería debe tener buena resistencia y tenacidad y resistencia a la fragilización. El acero general exhibirá fragilidad a baja temperatura a baja temperatura, y los materiales metálicos se volverán frágiles en ambientes de baja temperatura. No hay ningún signo antes de la fractura, y la fractura se produce de repente, lo que a menudo provoca consecuencias muy graves.

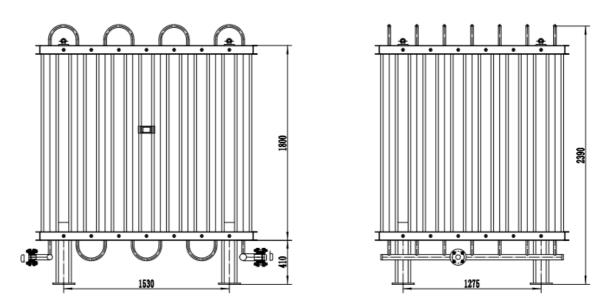
En un entorno de baja temperatura, la contracción de las tuberías largas debe considerarse cuidadosamente para garantizar que se resuelva la contracción en frío de la tubería; Debido a que la tubería se instala a temperatura ambiente y se utiliza a baja temperatura, cuando la temperatura de diseño de la tubería difiere mucho de la temperatura ambiente, el efecto de expansión y contracción térmica del metal provocará una tensión interna obvia en la tubería instalada a temperatura ambiente durante el uso. Por lo tanto, al seleccionar el material, el coeficiente de expansión lineal del material debe ser lo más pequeño posible. El efecto también es bueno; de acuerdo con la norma ASTM A403 / A403M, los materiales que cumplen con los requisitos de composición química y rendimiento mecánico de dos o más grados se

pueden marcar con varios grados al mismo tiempo, por lo que el acero inoxidable de doble grado con aletas de aluminio (como 304 / 304L y 316 / 316L)

Los vaporizadores ambientales son importados por empresas certificadas, no existiendo en el pais empresas certificadas para su construcción, por lo tanto se debe adquirir vaporizadores ambientales certificados.

La Empresa filial fundada Xinxiang Chengde Global Trading Co., Ltd. en 2014, la empresa responsable del negocio de exportación de todo tipo de productos con más de 21 años de experiencia. Se tiene el MODELO 350Nm³/h vertical vaporizador ambiental calentado por aire para LNG, cuyas características es 7 tubos frontales con 8 pazos cada uno de los tubos.

Figura 30
Vista lateral y frontal de evaporador atmosférico de 350 Nm3/h



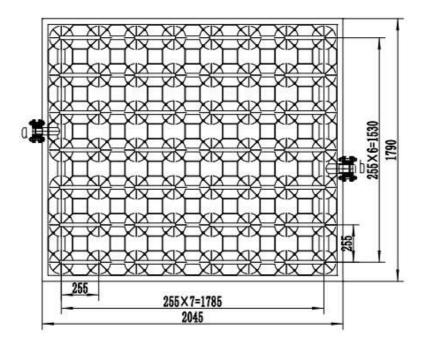
Nota. Compañía Xinxiang chengd China.

Vaporizador Air Ambiente es una serie de vaporizadores que emplea superficies extendidas de aleación de aluminio en forma de estrella de alta eficiencia que permite un excelente intercambio de calor al cuerpo principal. Dentro de la tubería que soporta presión entre el vaporizador de aire ambiental y la aleta de aleación de aluminio se reduce la resistencia térmica e incrementa el desempeño de la eficacia de intercambio de calor. Las superficies extendidas de aleación de aluminio en forma de estrella están

acopladas con la pieza de unión en forma de diamante, lo que le brinda la garantía para su estabilidad y calidad. Su Área de transferencia de calor es de 115,59 m² Modelo KQ350 de 7 tubos de 8 pazos con 2,20 metros de altura por paso en configuración triangular. Tuberias de 105 mm de diámetro de acero con aletas de aleación de aluminio construido según la norma ASTM A403 Grado 304. Hs code:8419899090 y peso neto de 300 kg.

Figura 31

Distribución entre tubos vista superior de evaporador atmosférico de 300 Nm3/h



Nota. Compañía Xinxiang chengd China.

Con referente a las superficies aleteadas de aleación de aluminio se tiene la siguiente figura:

Figura 33

Distribución de aletas de aleación de aluminio para evaporador atmosférico de 350





Nota. Compañía Xinxiang chengd China.

4.2.4 Bomba para incremento de presión. Desde 1 bar a 6 Bar presión de servicio en línea de distribución.

Premisas de cálculo:

Condiciones de suministro = Presión a 6 bar a la red + 15% perdidas = 7,5 bar y 20°C= 1 054 kJ/kg. (las pérdidas de 15% son tomados de lo realizado por Peña, H.,2021).

Condiciones de sección = Presión 1 bar y 15 °C = 1 045,40 kJ/kg

Volumen especifico (evaluado al ingreso a la bomba) = $1,35 \text{ m}^3/\text{kg}$

Flujo mássico de gas natural = $885,66 \text{ m}^3/\text{h}=0,237 \text{ m}^3/\text{sg}$

$$m_{GN}^{\cdot} = \frac{0.237}{1.35} = 0.175 \, kg/sg$$

Potencia
$$mecanica_B = 0.175 * (1 054 - 1045.4) = 1.5 kW$$

Tomando en cuenta la eficiencia de 80% para bombas Grundfos y 90% para el motor eléctrico se requiere de una potencia de:

Potencia electrica_B =
$$\frac{1.5 \text{ kW}}{0.8 * 0.9}$$
 = 2.1 kW

4.2.5 Área de control.

ZONA DE DE REGULACION, MEDIDA Y ODORIZACION.

Para la regulación, medida y Odorizacion del gas natural, la Estación de Distrito dispondrá de los siguientes equipos y sistemas:

Sistema de Regulación y Medición: El Gas Natural antes de ser inyectado al sistema de distribución por red de ductos, deberá ser medido respecto a su para metro de volumen y regulado respecto a su parámetro de presión. Para ello la Estación de Distrito dispone de un sistema de regulación y medida.

Para la reducción de la presión del gas, se cuenta con una válvula de regulación de presión en cada uno de los sistemas de regulación y medida, la cual mantendrá constante la presión en las redes de distribución de Gas Natural, en 4 o 6 barg, permitiendo el paso de un mayor o menor caudal en función a la demanda de la red y el diferencial de presión. El sistema de regulación y filtración dispone de dos líneas diseñadas para manejar el caudal máximo de suministro, considerandose una de ellas como línea de reserva, proporcionando así un margen operativo de seguridad para el caso de que la línea en servicio pudiese fallar y, por lo tanto, entrar a funcionar la que se encontrase de reserva. El sistema en conjunto dispone de una válvula de corte todo/nada XV con switch de posición abierta /cerrada. Cada línea de regulación dispone de sus correspondientes válvulas de seccionamiento, seguridad y venteo, además del registro de la presión de ingreso y salida.

Figura 34

Estación de medida y regulación (ERM).



Nota. Información obtenida de Quavii.

Paquete de Odorizacion: La estación de distrito dispone de un sistema de Odorizacion. El Gas Natural antes de ser distribuido será odorizado, de tal forma que, cualquier fuga sea detectada con mucha facilidad. El odorizante utilizada es SPOTLEAK 1420 Tetrahidrotiofeno uno de los más empleadas en la industria del gas natural, que podría cambiar de acuerdo a la ingeniería de detalle y a su desempeño en operación. El sistema de Odorizacion a emplear será con bombas de dosificacion, donde el caudal del odorante es proporcional al caudal de gas emitido, donde un solo deposito SPOTLEAK 1420 (MERCANTANO) proporcionara el odorante a cada paquete.

La unidad de Odorizacion está integrada de los siguientes elementos:

- Un tanque nodriza.
- Un depósito de odorante de servicio con nivel graduado.
- Una bomba dosificadora.
- Tobera de inyección de odorante a red con válvula anti retorno.
- Accesorios de servicio: filtros, venteo en carbón activos, etc.

Figura 35 Sistema de Odorización



Nota. Información obtenida de Quavii.

Sistema de Alivio: La estación de distrito dispone de un sistema de alivios y venteos. El

sistema cumple la función de aliviar la presión en los tanques de almacenamiento,

válvulas economizadoras, vaporizadores ambientales, en el sistema de regulación,

medición y odorización. De acuerdo con NFPA 59A la capacidad de alivio de los

vaporizadores de ambiente, tiene que ser del 150% de la capacidad nominal del

vaporizador a la presión máxima de trabajo del vaporizador + 10 % de dicha presión.

Sistema de Control: La norma indica que los sistemas de control deberán vigilar y

controlar la seguridad de la estación de regulación y los parámetros básicos de la estación

y los parámetros de procesos, que permitan reajustar los parámetros de trabajo. La

estación de distrito está diseñada para un funcionamiento autónomo, es decir, que la

operación será no presencial. Permitiendo de esta manera, una supervisión técnica remota,

además facilita la logística de los suministros de GNL en la estación. Para cada estación

se menciona los controles y alarmas mínimos:

Presión de operación de depósitos.

Nivel continuo de gas natural licuado en los depósitos.

Temperatura de gas.

Presión de gas.

Falta de alimentación eléctrica a la estación.

Falla en el sistema de vaporización.

4.3 Estimación del costo mensual por consumo de gas natural residencial y la reducción

de la facturación mensual en la localidad de Coishco.

4.3.1 Referente al sector residencial.

Costo residencial promedio con GLP.

Premisas de cálculo:

Costo de balón GLP (Sin tener en cuenta el CARGO FISE que subsidia el balón de GLP

con un descuento de S/ 25,00 por balón para los consumidores de energía eléctrica de

hasta 150 kWh) Fuente: https://www.enel.pe/es/ayuda/fondo-de-inclusion-social-

energetico-fise.html

Costo de balón de GLP: S/48,00 precio de balón de 10 kg.

Fuente: https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGLPAction.do

72

Costo
$$mensual_{GLP} = 1 * 48 = 48$$
 Soles

• Costo residencial promedio con GN.

Potencia suministrada_{GLP MES}(Pot_{GLP}) =
$$10 * 39 507 = 395 070 \frac{kJ}{mes}$$

Además, se tiene que:

Potencia suministrada_{GLP MES}(Pot_{GLP}) = Potencia suministrada_{GN MES}(Pot_{tsGN}) = $\dot{m}_{GN} * PCI_{GN} = 395\ 070\ kJ/mes$

$$\dot{m}_{GN} * 43\ 000 \frac{kJ}{m^3} = 395070 \ kJ/dia$$

$$m_{GN} = 9.18 \frac{m^3}{mes}$$

Según la Figura 27, la categoría tarifaria correspondiente seria I:

Estructura de costos:

Para el gas natural licuado.

Costo GNL = 0,75311
$$\left(\frac{S/}{m^3}\right) * 9,18 \left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right) = 6,91$$

Para el Recargo FISE.

Costo Recargo FISE =
$$0.00711 \left(\frac{\text{S}/\text{m}^3}{m^3}\right) * 9.81 \left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right) = 0.07$$

Para el costo por transporte virtual se obtiene a través de la siguiente ecuación.

Costo transporte virtual = 0,61589
$$\left(\frac{S}{m^3}\right) * 9,81 \left(\frac{m^3}{mes}\right) = 6,04$$

Para el margen de comercialización referido a los costos por la gestión comercial eficiente e incluye los costos de facturación y cobranza, se tiene a la siguiente ecuación:

Costo margen de comercializacion = 2,13

El margen de distribución, es un cargo que incluye los costos realizados por el distribuidor de la zona de concesión para desarrollar, operar y mantener la red de distribución, se tiene la siguiente ecuación:

Costo por margen de distribucion = 0,2673
$$\left(\frac{S}{m^3}\right)$$
 * 9,81 $\left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right)$ = 2,62

Se cuenta además con un cargo por promoción para cubrir la inversión de la instalación sin intereses por un periodo de 5 años.

Costo cargo por promocion
$$= 18,38$$

Para el costo por distribución se tiene a la siguiente ecuación:

Costo por distribucion =
$$2,13 + 2,62 + 18,38 = 23,13$$

El costo por facturación por consumo de gas natural (sin IGV) se determina según la siguiente ecuación:

Facturación por consumo GN s/IGV =
$$6.91 + 0.07 + 6.04 + 23.13 = S/36.15$$

Facturación por consumo
$$GN_{CON IGV} = 1,18 * 36,15 = S/42,67$$

Se tiene el siguiente ahorro mensual:

Ahorro mensual =
$$48 - 42,67 = S/5,33$$

% de Ahorro =
$$\frac{5,33}{48}$$
 * 100% = 11,10%

Para el caso en que el usuario asumiera el costo por promoción, la facturación por GN al mes y el % de ahorro mensual sería el siguiente:

Facturación por consumo GN s/IGV =
$$6.91 + 0.07 + 6.04 + 4.75 = S/17.77$$

Facturación por consumo $GN_{CON IGV} = 1,18 * 17,77 = S/20,97$

Se tiene el siguiente ahorro mensual:

Ahorro
$$mensual = 48 - 20,97 = S/27,03$$

% de Ahorro =
$$\frac{27,03}{48} * 100\% = 56,31\%$$

$$Pay\ Back = \frac{Inversion}{Ahorro\ mensual} = \frac{18,38 * 12 * 5}{27,03} = 40,8 = 41\ meses$$

$$Pay\ Back = 3\ anos\ 5\ meses$$

- 4.3.2 Referente al sector carga especial servicio.
 - Costo carga especial servicios promedio con GLP.

Premisas de cálculo:

Costo de balón de GLP: S/ 185,00 precio de balón de 45 kg.

Fuente: https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGLPAction.do

 Costo residencial promedio con GN. (Caso para Restaurantes con consumo de 8 balones de GLP.

$$Costo\ mensual_{GLP}=8*185=1\ 480\ Soles$$
 Potencia suministrada $_{GLP\ MES}(Pot_{GLP})=45*8*39\ 507=1'422\ 520\frac{kJ}{mes}$

Además, se tiene que:

Potencia suministrada_{GLP MES}(Pot_{GLP}) = Potencia suministrada_{GN MES}(Pot_{tsGN})
=
$$\dot{m}_{GN} * PCI_{GN} = 1'422 520 \ kJ/mes$$

$$\dot{m}_{GN} * 43\ 000 \frac{kJ}{m^3} = 1'422\ 520\ kJ/dia$$

$$m_{GN} = 330,75 \frac{m^3}{mes}$$

Según la Figura 27, la categoría tarifaria correspondiente seria IIB (Consumo entre 301 a 1000 m³ al mes)

Estructura de costos:

Para el gas natural licuado.

Costo GNL =
$$0.81629 \left(\frac{\text{S}/}{m^3} \right) * 330,75 \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right) = 269,98$$

Para el Recargo FISE.

Costo Recargo FISE = 0,00711
$$\left(\frac{\text{S}/}{m^3}\right) * 330,75 \left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right) = 2,35$$

Para el costo por transporte virtual se obtiene a través de la siguiente ecuación.

Costo transporte virtual = 0,61589
$$\left(\frac{\text{S}/}{m^3}\right) * 330,75 \left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right) = 203,71$$

Para el margen de comercialización referido a los costos por la gestión comercial eficiente e incluye los costos de facturación y cobranza, se tiene a la siguiente ecuación:

Costo margen de comercializacion
$$= 76,90$$

El margen de distribución, es un cargo que incluye los costos realizados por el distribuidor de la zona de concesión para desarrollar, operar y mantener la red de distribución, se tiene la siguiente ecuación:

Costo por margen de distribucion = 1,09599
$$\left(\frac{S}{m^3}\right)$$
 * 330,75 $\left(\frac{m^3}{\text{mes}}\right)$ = 362,49

Para el costo por distribución se tiene a la siguiente ecuación:

Costo por distribucion =
$$76,90 + 362,49 = 439,39$$

El costo por facturación por consumo de gas natural (sin IGV) se determina según la siguiente ecuación:

Facturación por consumo GN s/IGV = 269.98 + 2.35 + 203.71 + 439.39 = S/915.43

Facturación por consumo $GN_{CON \, IGV} = 1,18 * 915,43 = S/1 \, 080,21$

Se tiene el siguiente ahorro mensual:

Ahorro mensual =
$$1480 - 1080,21 = S/399,79$$

% de Ahorro =
$$\frac{399,79}{1480} * 100\% = 27\%$$

 Se presentan los resultados para los demás tipos de restaurantes para la carga especial de servicios.

Tabla 12

Resultados de Ahorro en facturación Cargas Especiales de servicios

Carga Especial	Peso Balón GLP (kg)	Cantidad mes	Energía (kJ/mes)	Consumo GN (m3/mes)	Categoría	Facturación GN (Soles/mes)	Ahorro (S/mes)	% de Ahorro mes
Restaurantes	45	8	14222520	330,75	IIB	1080,22	399,78	27%
Restaurantes	45	4	7111260	165,38	IA	573,16	166,84	23%
Restaurantes	10	6	2370420	55,13	I	131,08	156,92	14%

Nota. Elaboración propia

4.4 Discusión de resultados.

4.4.1 Referente a los resultados obtenidos:

Según la figura 36 se puede observar que a mayor consumo de GLP, se presentan mayores ahorros económicos mensuales, por ejemplo, para los usuarios de GLP que tiene un consumo por balón de GLP de 10 kg de 21 días presentan ahorros de 15,03 Soles mensuales, del mismo modo para los de consumo de balón de GLP de 10 kg en 24 días presentan ahorros 12,02, con lo cual el pay back mejora notablemente (en caso de no optar por el Costo por cargo de promoción) en valores de 33 a 36 meses respectivamente.

Mientras que el usuario con menor consumo por balón de GLP de 10 kg en 36 días tiene solo un ahorro mensual de 2,96 Soles/mes pero son los usuarios que por lo general están con el subsidio FISE (y no presentan predisposición por pasar a gas natural para no perder el subsidio FISE)

18.00 16.00 **15.03** Ahorro mensual (Soles/mes) 14.00 12.00 12.02 10.00 9.00 8.00 6.00 5.33 4.00 2.00 0.00 10 15 20 35 40 25 30 Numero de dias para consumir 1 Balon de 10 kg de GLP

Figura 36

Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Residencial

Nota. Elaboración propia.

Según la figura 37 se puede observar que a mayor consumo de GLP, se presentan mayores porcentajes de ahorros económicos mensuales, por ejemplo, para los usuarios de GLP que tiene un consumo por balón de GLP de 10 kg de 21 días presentan ahorros de 24,09 % mensuales, del mismo modo para los de consumo de balón de GLP de 10 kg en 24 días presentan ahorros 20,86%, Mientras que el usuario con menor consumo por balón de GLP de 10 kg en 36 días tiene solo un ahorro mensual de 6,85% al mes. Con lo cual se cumple que a mayor consumo de combustible en este caso de GLP reemplazable por Gas Natural, los ahorros son mayores para la Categoría Tarifaria I.

30% 25% % de Ahorro economico según el consumo de **24.09%** 20.86% 20% 17.04% combustible al mes 15% 12.46% 10% 6.85% 5% 0% 10 15 35 40 Numero de dias para consumir 1 Balon de 10 kg de GLP

Figura 37
% de Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Residencial

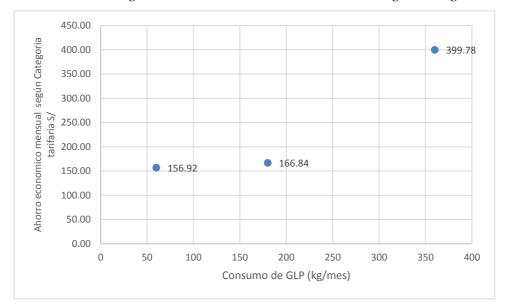
Nota. Elaboración propia.

Según la figura 38 se presentan los resultados para el sector servicios ubicados en las categorías IIB, IA y A según el volumen de consumo de gas natural de mayor a menor. Se puede observar que a mayor consumo de GLP en este caso para los restaurantes ubicados en la Categoría Tarifaria IB se presentan ahorros de 399,78 Soles/mes con lo cual porcentaje de ahorro es de 27% (más del 25% de la facturación actual promedio por tener un consumo promedio 330,78 m³/mes). Para los restaurantes ubicados en la Categoría Tarifaria IA se presentan ahorros de 166,84 Soles/mes con lo cual porcentaje de ahorro es de 23% (más del 20% de la facturación actual promedio por tener un consumo promedio 165,38 m³/mes). En ambos casos anteriores no se les aplica el Margen de Promoción, pero tienen costos unitarios mayores en el margen comercial.

Por otro lado, para los restaurantes ubicados en la Categoría Tarifaria A se presentan ahorros de 156,92 Soles/mes con lo cual porcentaje de ahorro es de 14% (por tener un consumo promedio 55,13 m³/mes).

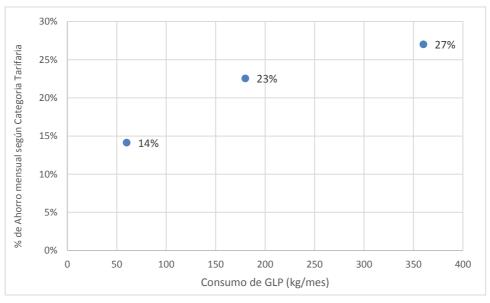
Figura 38

Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Servicios según Categoría Tarifaria



Nota. Elaboración propia.

Figura 39 % Ahorro mensual según consumo de GLP Sector Servicios según Categoría Tarifaria



Nota. Elaboración propia.

4.4.2 Referente a los antecedentes:

En la investigación de Aceros, N. y Hernández, C. (2019) para una planta de GNL para abastecer a la Universidad Industrial de Santander en Colombia el inconveniente se

presenta a que el precio unitario de venta de 6,4 U\$/MMBTU, lo que afecta notablemente en 22% el en caso de que el punto de suministro hubiese estado cerca al punto de consumo. En nuestra investigación tenemos como referencia que para un cliente residencial tomando los precios de calidda gas natural del Perú hubiese sido en la ciudad de Lima 13,91 U\$/MMBTU y en la localidad de Coishco sale costando 34 U\$/MMBTU (Con cargo de promoción) y 16,22 U\$/MMBTU, con lo cual el precio de venta se afecta en 161,5% (con cargo promocional) y 16,60% (sin cargo promocional).

En la investigación realizada por Cabrera, M. y Martínez, A, (2017), para la ampliación de la red de distribución de gas natural en el centro poblado San Antonio de Anapoima, en los resultados de encuestas realizadas se determinó que el 97% (184 usuarios) de los encuestados, presentan interés para la adquisición del servicio de Gas Natural domiciliario, debido a que conocen sus beneficios, seguridad y economía. El gasto promedio mensual supera los 50 000 pesos colombianos por compra de gas licuado de petróleo (47 Soles peruanos). La demanda global es 530 m3/día. En nuestra investigación el 90% de los encuestados no presentan predisposición para migrar de GLP a gas natural (básicamente para no perder el subsidio FISE), del mismo modo el costo del GLP peruano esta a la par con el costo del GLP colombiano (que es 60 % butano y 40 % propano y presenta un mayor poder calórico que el combustible peruano , en 49 604 kJ/kg mientras que el peruano es de 39 507 kJ/kg), mientras que para nuestro caso la demanda residencial (Categoría I) es de 1 381 m³/día,

Con referente a la investigación de Chalco, J. y Manrique, G. (2021) para la implementación de red de gas natural en un comedor de una fábrica, Ate concluye que la la implementación de la red de gas natural reducirá los costos del comedor en 17,55% respecto al uso del gas licuado de petróleo, representando un ahorro de S/ 83 883, para nuestra investigación se presenta diferente debido a que el suministro a la ciudad de Coishco es vía gasoducto virtual de GNL y el costo promedio para el sector residencial categoría I es de 12,46%, mientras que para un restaurante categoría IIB alcanza ahorros mensuales del 27%, básicamente por el mayor consumo de gas natural en comparación aun comedor popular que se encuentra en Categoría A2 en la ciudad de Lima.

En la investigación de López, C. y López, P. (2020) para el diseño y construcción de instalaciones de gas natural para viviendas unifamiliares en Trujillo concluye que el volumen de consumo del gas natural requerido para residencias representa el 3%, mientras que el sector industrial representa el 63 % de la distribución. Logrando reducir sus costos

en 52 % de su facturación mensual, en relación al uso del balón tradicional de gas licuado de petróleo. Además, existe el cargo por promoción, de tal manera que al cancelar el costo de su instalación esta podrá ser fraccionada en 5,8 años como máximo. A diferencia en la localidad de Coishco tan solo se consigue ahorros económicos que bordean entre el 24,09% y 6,85 %, el cual puede aumentar en caso que no se optase por el cargo por promoción, estos ahorros tienden a aumentar. Respecto al sector industrial actual representa solo el 10,72% de incremento de capacidad de demanda, debido al cual la mayor parte de los componentes se adaptan a la nueva demanda, solo se debe incluir el evaporizador ambiental de 350 Nm³ de capacidad y su bomba de suministro.

Morales, A. (2018) en su investigación referente a Plantas satélites de regasificación obtiene un valor del , VAN de 39 644 U\$, TIR del proyecto, de 33 %, condiciones de demanda y al ejecutarse en el futuro los beneficios proyectados dependerán básicamente del sector industrial de alto consumo para fijar la rentabilidad, tal como se demuestra en la presente investigación orientada exclusivamente al sector residencial , obteniéndose un valor de VAN de -19´214 369,58 U\$ y con un TIR de -21,34%., lo cual se demuestra que la implementación de este tipo de proyectos requieren de un componente de gran consumo para su rentabilidad o caso contrario son de fin social teniendo en cuenta que el gas natural toma la categoría de servicio público.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Se determino la demanda residencial de gas natural de la localidad de Coishco, obteniéndose un valor de 9,81 m³/mes para un total de 4 512 usuarios los cuales están ubicados en la Categoría I, teniendo en cuenta un consumo promedio de 1 balón de GLP de 10 kg/mes, para el 60% de la muestra encuestada.
- Se determino la demanda de servicios en este caso Restaurantes para un total de 32 usuarios con demandas de 330,75, 165,38 y 55,13 m³/mes en categorías de IB, IA y I.
 Del mismo modo la demanda del sector industrial es de 2 705,3 m³/h en condiciones de factor de simultaneidad de 1 para un total de 13 empresas.
- Para el suministro de gas natural se requiere implementar una planta de regasificación compuesta por un evaporizador atmosférico de 350 Nm³ modelo KQ 350 de 7 tubos de 8 pazos con 2,20 metros de altura por paso en configuración triangular. Tuberias de 105 mm de diámetro con aletas de aleación de aluminio construido según la norma ASTM A403 Grado 304. Hs code:8419899090 y peso neto de 300 kg.
- Se ha estimado los costos para el sector residencial al consumir gas nnatural, en el cual a se presenta la figura técnica en el cual a mayor consumo se tiene un mayor ahorro económico, los ahorros económicos varían entre 2,96 a 15,03 soles mensuales para los 5 tipos de consumidores residenciales en la Categoría I, con ahorros mensuales de 6,85% a 24,09%.
- En respuesta a la hipótesis del presente estudio con el incremento de la capacidad de la planta de regasificación con una nueva estación de regasificación de 350 Nm³ se cubre el 100% de la demanda de gas natural residencial en la zona urbana de Coishco.

Recomendaciones

- Un trabajo posterior sería conveniente analizar el efecto del suministro industrial faltante de 13 empresas en la rentabilidad de la implementación del suministro de gas natural al sector residencial, el cual al implementarse presenta valores antieconómicos en su rentabilidad con un valor de VAN y TIR negativos.
- Está pendiente aún si la obra de interconectar la ciudad de Chimbote con Coishco pendiente por terminar puede en el futuro mejorar la inversión en implementar la red de suministro al sector residencial en la localidad de Coishco, se debe valorizar el costo de la red de interconexión entre ambas ciudades.
- El plan de masificación de gas natural tiene por finalidad la cobertura de gas natural en el sector residencial, pero debe contemplar que su realización debe estar ligado al sector productivo que es el sector que podría permitir la recuperación de la inversión.
- Los evaporadores ambientales son de relativo costo, en el pais no existen empresas certificadas que puedan fabricar estos equipos térmicos, por lo tanto, es muy importante que las empresas se certifiquen para la construcción de estos equipos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aceros, N. & Hernández, C. (2016). Estudio técnico y presupuestal a nivel de prefactibilidad para la implementación de una planta micro GNL como alternativa energética e industrial. Tesis para título de Ingeniero de Petróleo. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Colombia. Disponible en: http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165449.pdf
- Álvarez, R. (2015) Proyecto técnico de diseño de un evaporador de 540 TON/H de GNL. Tesis para optar el titulo de Ingeniero de Tecnologías Industriales. Universidad de La Coruña. España. Disponible en: https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/15873?locale-attribute=es
- Aurazo, J. & Rojas, P. (2018). Modelo de competencia espacial: una aplicación al mercado retail del GNV en el Perú. Tesis de Maestría en Economía. Universidad del Pacifico. Disponible en:

 https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2150/Jos%c3%a9_Tesis_
 Maestria_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barreto, F. & Castillo, F. (2014). Optimización de los indicadores de productividad de la empresa pesquera Ribaudo S.A. mediante el uso de gas natural licuado en el área de calderos. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en: https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/1933
- Briones, M (2008). Análisis de Riesgos de Terminal de GNL Quinteros. Tesis para optar el titulo de Magister en Ingenieria Química. Universidad Católica de Valparaíso. Chile, Disponible en: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0000/UCH0240_01.pdf
- Cabrera, M. & Martínez, A. (2017). Diseño de la ampliación de la red de distribución de gas natural en el centro poblado San Antonio de Anapoima. Tesis para titulo

de Ingeniero de Petróleo. Universidad de las Américas de Bogotá. Colombia. Disponible en:

https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6451/1/5122457-2017-2-IP.pdf

Campomani, M. & Hernández, A. (2022). Efecto del costo unitario de GNL virtual en las categorías tarifarias en la Zona de concesión de la Empresa QUAVII en la Provincia del Santa. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en: https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4104

Carhuaricra, M. (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.

https://es.scribd.com/document/507962348/TITULO-Carhuaricra-Orellano-Milagros-2

- Chávez, 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. Universidad Católica Santa maría. Arequipa.
- Casana, J, & Murillo, J. (2017). Diseño y evaluación energética de una estación de regulación de presión y medición primaria para reducir pérdidas de presión y energía para una demanda proyectada de 20 000 sm³/h de gas natural en el sector residencial, comercial y estaciones de servicio localidad el Porvenir Ica. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:

https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3324

Chalco, J. & Manrique, G. (2021). Propuesta de implementación de red de gas para optimizar costos del comedor de una fábrica, Ate – 2021. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Universidad San Ignacio de Loyola. Perú. Disponible en:

- https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7195a001-0518-4ecf-a0b5-d7c24501309c/content
- Xinxiang Chengde Global Trading Co., Ltd (CNCD). 250Nm3/H vertical con amplio uso de vaporizador ambiental calentado por aire GNL. Xinxiang Chengde Global Trading Co., Ltd (CNCD). China. Disponible en:

 http://www.cncdtank.com/vaporizer/ambient-vaporizer/250nm3-h-vertical-widely-using-lng-air-heated.html
- Crisergas (2023). Plantas Satélite de GNL. Web de Crisergas. España. Disponible en: https://www.crisergas.com/plantas-satelites-de-regasificacion/
- Cryonorm. (2023). Vaporizadores atmosféricos. cryonorm.com. Holanda. Disponible en:

 https://cryonorm.com/air-gases/vaporizers/ambient-air-heated-vaporizer/high-pressure-vaporizer-2/
- Escobar, A. (2016). Proyecto técnico-económico del diseño de una planta de regasificación de gas natural. Tesis de Máster Universitario en Ingeniería Industrial. Universidad Pontificia Comillas. España. Disponible en: https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/17207
- García, F. (2020). Propuesta metodológica para el análisis de la seguridad en las operaciones asociadas al diseño, construcción, explotación y mantenimiento de plantas satélites de gas natural licuado. Tesis doctoral de Universidad Nacional a distancia. España. Disponible en:

 http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-TecInd-

Fjgarcia/GARCIA_GOMEZ_Francisco_Javier_Tesis.pdf

Gómez, U. (2022). Implementación de un sistema alternativo en una red de tuberías de gas natural para reducir los costos de un condominio en el distrito de San Juan de Lurigancho, 2022. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Callao. Perú. Disponible en:

- Iñesta, J. & García, P. (2002). El Gas Natural, el recorrido de la energía. Dirección de Industria, Minas y Energía. Comunidad de Madrid. España. Disponible en: https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-gas-natural.pdf
- INEI (2018). Resultados Definitivos Censo 2017-Anacsh. Gobierno del Perú. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Li b1552/
- Ita, L. (2021). Diseño del sistema de tuberias de cobre y pealpe en el suministro de gas natural para consumo en el condominio residencial libertadores San isidro Lima. Tesis para optar el título de ingeniero en energía. Universidad Nacional del Callao.
 file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/TSP_2DAESP_ITA_FIME_2021.pdf
- Kuzma, F. (2019). Diseño e instalación de la red interna y estación de regulación y medición primaria de 455 SMCH de gas natural. Planta de alimentos Molitalia Cajamarquilla. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional del Callao.
 http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6292
- López, C. & López, P. (2019). Análisis de factibilidad para el diseño y construcción de instalaciones de gas natural en viviendas unifamiliares empleando el r.n. e. em-040, en el distrito de Trujillo 2018. Tesis para optar titulo de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, Perú. Disponible en: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/6731/1/REP_PEDRO.L %C3%93PEZ_CHARLES.L%C3%93PEZ_AN%C3%81LISIS.DE.FACTIBILI DAD.pdf

Lucana, R. (2019). Construcción y habilitación de las redes de distribución de gas natural residencial de baja presión de 5 bar. AA.HH. Las lomas – ventanilla. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Callao. Perú. Disponible en: http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6077

Medina, G. (2020) La masificación del gas natural en el Perú: evaluación y propuestas para impulsarla. Tesis para optar el grado académico de magíster en regulación de los servicios públicos. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17905/ME DINA_PAZ_GERARDO_ALFONSO_MASIFICACI%c3%93N_DEL_GAS_NATURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Osinergmin. (2023). Observatorio Minero Energético. Portal Osinergmin. Peru. Disponible en:

https://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/

Osinergmin. (2021). Informe de supervisión y fiscalización de la masificación del uso de gas natural – concesión norte. División de Fiscalización. Osinergmin. Perú. Disponible en:

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/gas_natural/Documentos/Publicaciones/Informes/Masificacion-GN-informe-norte-agosto-2021.pdf

- Osinergmin. (2023). Portal Facilito. Osinergmin. Perú. Disponible en: https://www.facilito.gob.pe/facilito/pages/facilito/buscadorEESS.jsp
- Palacios, L. (2021). Análisis de Prefactibilidad técnico económico de una planta y regasificación de gas natural licuado. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Escuela politécnica Nacional. Ecuador. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22208/1/CD%2011709.pdf

Paliza, M. (2022). Estudio de la demanda de consumo de gas natural para la mejora del aspecto socioeconómico sostenible de la ciudad de Huancavelica. Tesis de grado de Maestría en Gestión Ambiental y Ecología. Universidad Nacional de Huancavelica. Pero. Disponible:

file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/PALIZA%20ARAUJO.pdf

Patiño, R. & Vargas, E. (2016). estudio de viabilidad económica para la construcción de una planta de regasificación de GNL en Colombia. Tesis para especialización en gerencia de recursos energéticos. Universidad Autónoma de Bucaramanga. Colombia. Disponible en:

https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1206/2016_Tesis

https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1206/2016_Tesis _Edison_Alberto_Vargas_Nova.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peña, H. (2021). Diseño y optimización de costos de un sistema de tuberías para el suministro de gas natural en el centro comercial Mall Plaza de Comas – Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Callao. Perú. Disponible en:

http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6324

- Pérez, R. (2016). Condiciones de operación del gasoducto para optimizar la velocidad en distribución de gas natural en la región Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional del Centro. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3650/P%c3%a 9rez%20Solis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Restrepo, A., Saldarriaga, C., Salazar, H., López, J. y Tibaquira, J. (2021). Gas natural licuado: una opción para la transición energética de Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Disponible en:

 https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/afa45925-f5bc-4a84-8ba2-bfc297ec0afc/content
- Santillana, J. & Salinas, J. (2023) Gasoductos Virtuales con GNL. Página web Educación en ingeniería química. Perú. Disponible en:

https://www.ssecoconsulting.com/masificacion-gas-natural-iii.html

Tormene Group. (2022). Planta de regasificación ciudad de Coishco. Página web Tormene Group. Perú. Disponible en:

https://tormenegroup.com/featured_item/ciudad-de-coishco-provincia-de-santa-

departamento-de-ancash/

Vargas, E. & Patiño, R. (2016). Estudio de viabilidad económica para la construcción de una planta de regasificación de GNL en Colombia. Tesis para Especialista en Gerencia de Recursos Energéticos. Universidad de Bucaramanga. Colombia. Disponible en:

https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1206/2016_Tesis _Edison_Alberto_Vargas_Nova.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VII. ANEXOS.

- Anexo 1 Caso 2
- Anexo 2 Resultados de encuesta de opción a cambio de GLP a Gas Natural
- Anexo 3 Costos unitarios pliego tarifario de Calidda Gas Natural del Perú.
- Anexo 4 Plano de detalle de vaporizador ambiental de 350 Nm3
- Anexo 5 Propuesta de venta de vaporizador ambiental de 350 Nm3
- Anexo 6 Metrado de costos de instalación de planta de regasificación.
- Anexo 7 Indicadores de rentabilidad.

Anexo 1; Caso 2. Carga residencial y especial de servicios y especial industrial: 10 245,3 m3/h

Redimensionamiento de planta de regasificación.

Premisas de cálculo.

Cobertura actual de gas natural.

Empresa Austral S.A Capacidad de planta 160 Ton/h de materia prima, demanda máxima 1574 m³/h.

Empresa Hayduk S.A Capacidad de planta 120 Ton/h de materia prima, demanda máxima 1 180 m³/h.

Máxima demanda actual 2 754 m³/h.

Almacenamiento.

Capacidad efectiva: 180 200 m³.

Presión de diseño : 12 bar.

Presión de operación: 8 bar.

Caso 2: 10 245,3 m³/h

$$Capacidad \ real = 180\ 200 * 0.9 = 162\ 180 \ m^3$$

Capacidad de llenado:

Capacidad de llenado =
$$\frac{10\ 245,3+2\ 754}{162\ 180} * 100\% = 8,01\ \%$$

Regasificación.

Valores:

Entalpia de líquido saturado h1 = 164,0 kJ/kg a -161 °C.

Entalpia de vapor saturado $h2 = 672,0 \text{ kJ/kg a } -161^{\circ}\text{C}$

Entalpia final de proceso h3 = 1 048,0 kJ/kg a 15°C y 1 Bar de presión.

Autonomía del proceso = 3

$$\dot{m}_{GNL} = 3 * (10 245,3) = 30 735,9 \frac{m^3}{h}$$

Las densidades para cada una de las etapas del proceso son las siguientes:

Densidad como liquido saturado a -161°C = $0,00367 \text{ kg/m}^3$.

$$\dot{m}_{GNL1} = 30\,735,9\,\frac{m^3}{h} * 0,00367\,\frac{kg}{m^3} = 112,80\,\frac{kg}{h}$$

Densidad como vapor saturado a -161°C= 0,487 kg/m³.

$$\dot{m}_{GNL2} = 30\,735,9\,\frac{m^3}{h} * 0.487\,\frac{kg}{m^3} = 14\,968,40\,\frac{kg}{h}$$

Densidad como vapor sobrecalentado a 15°C y 1 Bar de presión=1,35 kg/m³.

$$\dot{m}_{GNL3} = 30\,735,9\,\frac{m^3}{h} * 1,35\,\frac{kg}{m^3} = 41\,493,47\,\frac{kg}{h}$$

Por lo tanto la ecuación de obtención de flujo de calor modificada es:

$$Q_t = ((\dot{m}_{GNL3} * h_3) - (\dot{m}_{GNL2} * h_2)) + ((\dot{m}_{GNL2} * h_2) - (\dot{m}_{GNL1} * h_1))$$

Por lo tanto el calor total requerido es:

$$Q_t = ((44\ 493,47*1\ 048) - (14\ 968,40*672)) + ((14\ 968,40*672)) - (112,80*164))$$

$$Q_t = 46'610 657 \frac{kJ}{h} = 12 947,4 \frac{kJ}{sg} = 12 947,4 kW$$

A continuación, se calculó el área de intercambio siguiendo la siguiente ecuación 12:

$$Q_t = U * A * \Delta T_{LMTD}$$

U es el coeficiente de transmisión térmica, que será considerado de 0,35 kW/m² .K (Referencia: Escobar. 2016 Proyecto técnico-económico del diseño de una planta de regasificación de gas natural-Pagina 148)

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{176 - 5}{Ln \frac{176}{5}} = 48 \, ^{\circ}C$$

$$Q_t = U * A * \Delta T_{LMTD}$$

12 947,4
$$kW = 0.35 \frac{\text{kW}}{m^2 \, ^{\circ} C} * A * 48 \, ^{\circ} C$$

$$A = 770.68 \, m^2$$

A continuación, se calculó el número de tubos necesarios el vaporizador. Se realizaron las siguientes consideraciones:

Diámetro de los tubos de 105 mm con un espesor de 0.9 milímetros.

Longitud (1) de 48 metros. (8 pazos de tubos de 6 metros)

Se calculo el área superficial de los tubos:

$$A_{tub.} = \pi * (0,105) * 48 \dots (16)$$

$$A_{tub} = 15,83$$

Y finalmente el número de tubos es igual al cociente entre el área de intercambio total entre el área por tubo.

$$A = N^{\circ} tubos * A_{tub}$$

$$770,67 = N^{\circ} tubos * 15,83$$

$$N^{\circ}$$
 tubos = 13,29 = 48,68

Se requieren total de vaporizadores estandarizados de 14 tubos de 105 mm de diámetro de acero inoxidable, siendo la altura de 48 metros, valores estandarizados. El número de pasos es 8 pazos de 6 metros/pazo:

Tabla
Vaporizador atmosférico Caso 2

Descripción	Número	total	0011410	iones de ación.
	Operación	Reserva	To C	P barg
Vaporizadores Atmosféricos	4	1	-161	1

Nota. Elaboración propia

Se selecciona 04 vaporizadores de 9 000 Nm3/h de 14 tubos frontales de 105 mm de diámetro de acero con superficies aleteadas de aleación de aluminio de 8 pazos mas uno de reserva.

Anexo 2 Resultados de encuesta de opción a cambio de GLP a Gas Natural

2.1 Formato de encuesta.

ENCUESTA DE OPINION PARA OPTAR POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE DE GLP A GAS NATURAL

OBJETO:	Insumo para Tesis: INCREMENTO DE CAPACIDAD DE PLANTA DE REGASIFICACION PARA LA COBERTURA DE DEMANDA DE GAS						
OBJETO.	NATURAL RESIDENCIAL EN LA ZONA URBANA DE COISHCO.						
OBJETIVO:	Recabar informacion del sector residencial de la localidad de Coishco referente a la opcion de cambio de GLP a Gas Natural						
AUTORES:	Bach. Janeth Jackeline Torres Cernaque						
	Bach. Leonardo Jairo Gómez Castillo						
ASESOR:	Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan CIP 72486						
TIPO:	Encuesta Anonima						
	De acuerdo/Conoce 2 A						
CRITERIOS:	No sabe no opina 1 B						
	En desacuerdo/ No conoce 0 C						
ITEM	PREGUNTA						
1	Ud. realiza sus labores de cocina comprando balones de GLP						
2	Esta Ud. conforme con los precios de balon de GLP de 10 kg, y esta de acuerdo a su economia						
3	A escuchado Ud.acerca de la existencia de otro tipo de combustible en este caso el Gas						
	Natural que puede ser usado en las cocinas						
	Sabe Ud. que el Gas Natural es un combustible de bajo precio y se esta usando en muchos						
4	lugares de nuestro pais						
5	Estaria Ud dispuesto a emplear el gas natural en sus domicilios en reemplazo del GLP porque						
	tiene un menor costo, y sobre todo por que llegaria a traves de tuberias hasta su propia casa						
6	Tiene Ud el subsidio por la compra de GLP con un vale FISE						
7	Si a ud. le proponen instalar una red de gas natural en su casa , pero para esto es necesario						
,	hacer algunas modificaciones, daria su conformidad						
8	Sabe que existe una promocion para que pueda pagar su instalacion en cuotas mensuales en						
	5 años , y aun asi estaria ud ahorrando dinero al usar el gas natural en su domicilio						
9	Sabe ud. que el gas natural es un combustible es un combustible de menor riesgo y de mayor						
<i>3</i>	seguridad en su manipulacion al ser empleado en comparacion al GLP			<u> </u>			
10	Numero de dias al mes que dura un balon de 10 kg de GLP						

Nota. Elaboración propia.

VALIDADO POR: MG. Robert Fabian Guevara Chinchayan (Asesor)

NOMBRE DEL ENCUESTADOR:

Fecha: Hora: TOTAL

2.2 Validación de la encuesta por el asesor.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan con DNI N°32788460, de profesión Ingeniero en Energia, grado académico magister, laboro actualmente como Asesor de la Tesis INCREMENTO DE CAPACIDAD DE PLANTA DE REGASIFICACION PARA LA COBERTURA DE DEMANDA DE GAS NATURAL RESIDENCIAL EN LA ZONA URBANA DE COISHCO en la ciudad de Chimbote.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento, denominado ENCUESTA DE OPINION PARA OPTAR POR CAMBIO DE COMBUSTIBLE DE GLP A GAS NATURAL cuyo propósito es tener como insumo para la tesis: INCREMENTO DE CAPACIDAD DE PLANTA DE REGASIFICACION PARA LA COBERTURA DE DEMANDA DE GAS NATURAL RESIDENCIAL EN LA ZONA URBANA DE COISHCO

Luego de hacer las observaciones pertinentes a los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

Criterios evaluados	Valor	Valoración positiva		Valoración negativ	
	MA (4)	BA (3)	A (2)	PA (1)	NA (0)
Calidad de redacción de los items.	X.				
Amplitud del contenido a evaluar.	X.				
 Claridad semántica y sintáctica de los items. 	X				
 Congruencia con los indicadores. 	X.				
Coherencia con las dimensiones.	X.				

Apreciación total:

MA=Muy adecuado () BA=Bastante adecuado (). A= Adecuado (). PA= Poco adecuado (). No adecuado ().

Firma

DNI Nº 32788460

2.3 Selección de la muestra.

Se utilizo la formula estadística que cuentan con una población finita, debido a que se conoce la población exacta, obteniendo como resultado a 350 usuarios se les designo el cuestionario.

$$n = \frac{NZ^2pq}{(N-1)E^2 + Z^2pq}$$

Dónde:

n: Tamaño óptimo de la muestra

N: Población = 4 512

z: Desviación en relación a una distribución normal estándar. Para un nivel de confianza del 95% se la asigna el valor de 1.95

p: Proporción de individuos que poseen en la población las características de estudio. (0.5)

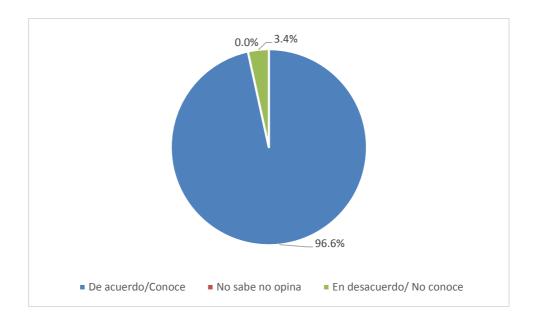
q: Proporción de individuos que no poseen esa característica (1 - p = 0.5)

E: Margen de error muestral (5%)

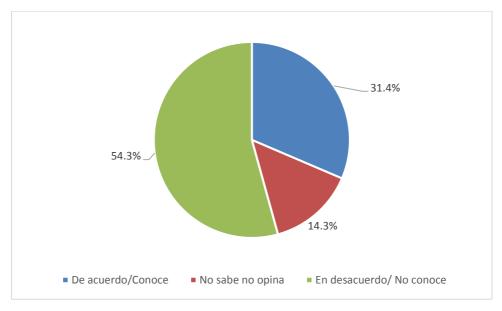
$$n = \frac{4512 * 1.95^2 * 0.5 * 0.5}{(4512 - 1) * 0.05^2 + 1.95^2 * 0.5 * 0.5} = 350$$

2.4 Resultados de la encuesta.

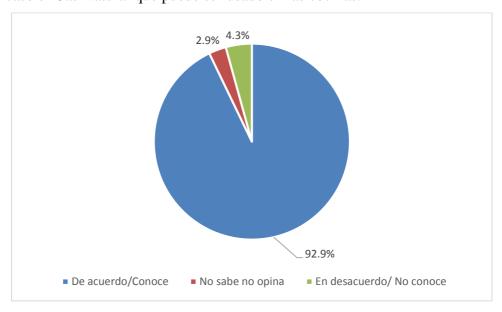
Referente a: Ud. realiza sus labores de cocina comprando balones de GLP



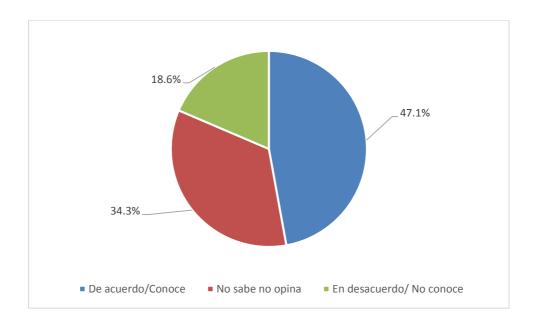
Referente a: Esta Ud. conforme con los precios de balón de GLP de 10 kg, y está de acuerdo a su economía



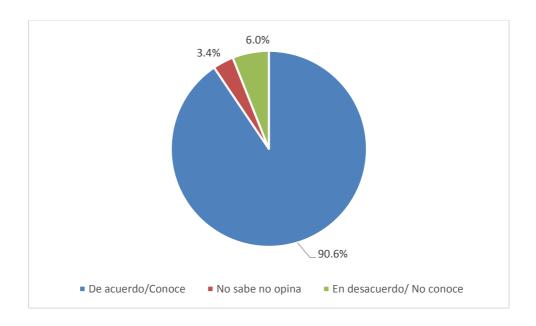
Referente a: A escuchado Ud. Acerca de la existencia de otro tipo de combustible en este caso el Gas Natural que puede ser usado en las cocinas.



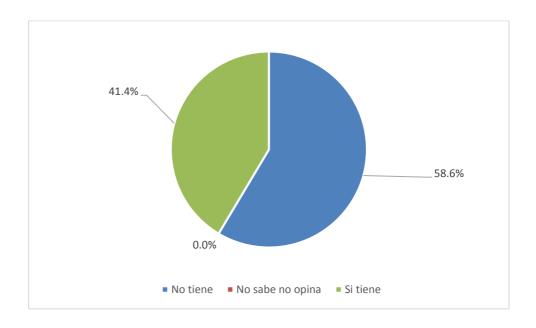
Referente a: Sabe Ud. que el Gas Natural es un combustible de bajo precio y se esta usando en muchos lugares de nuestro pais.



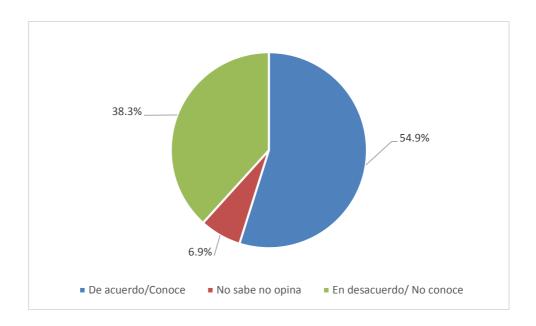
Referente a: Estaría Ud. dispuesto a emplear el gas natural en sus domicilios en reemplazo del GLP porque tiene un menor costo, y sobre todo porque llegaría a través de tuberias hasta su propia casa



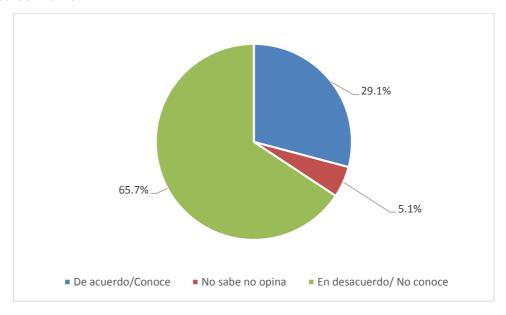
Referente a: Tiene Ud. el subsidio por la compra de GLP con un vale FISE



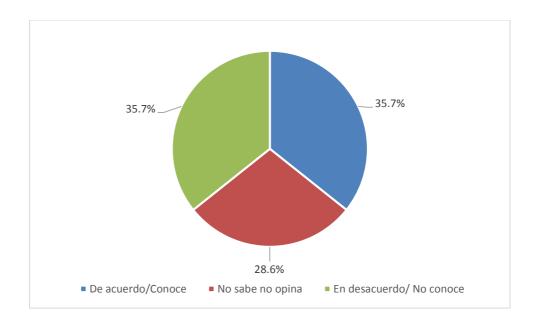
Referente a: Si a Ud. le proponen instalar una red de gas natural en su casa, pero para esto es necesario hacer algunas modificaciones, daría su conformidad



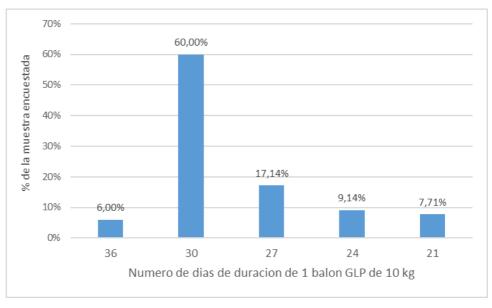
Referente a: Sabe que existe una promoción para que pueda pagar su instalación en cuotas mensuales en 5 años, y aun así estaría ud ahorrando dinero al usar el gas natural en su domicilio.



Referente a: Sabe Ud. que el gas natural es un combustible es un combustible de menor riesgo y de mayor seguridad en su manipulación al ser empleado en comparación al GLP.



Referente a: Numero de días al mes que dura un balón de 10 kg de GLP

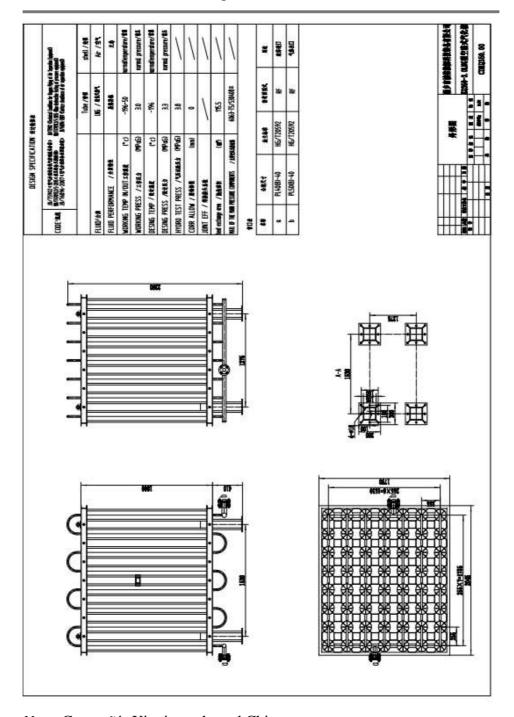


Anexo 3 Costos unitarios pliego tarifario de Calidda Gas Natural del Perú.

3	Calidda							
		(Conforme to dispue:	sto por las Re	soluciones Osl	nergmin N* 00	Apl 54-2016-0S/CD, N	Aplicable por el servicio de octubre de 2023 (Conforme lo dispuesto por el servicio de octubre de 2023 (Conforme lo dispuesto por las Resoluciones Osinergmin N° 054-2016-OS/CD, N° 079-2022-OS/CD y N° 138-2022-OS/CD)	o de octubre de 2000 N° 138-2022-OS/CI
EMPRESA: GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO S.A. 1. PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL:	TURAL DE LIMA L SERVICIO DE DIST	Y CALLAO S.A. RIBUCIÓN DE GAS N	ATURAL:					
		PRECIO MEDIO DE GAS y COSTO MEDIO DE TRANSPORTE (1)	O DE GAS y COSTO	MEDIO DE		TARIFAS ÚNIC	TARIFAS ÚNICAS DE DISTRIBUCIÓN (3)	4(3)
Categoria	Rango de	Precto Medio del Gas	Costo M Transport	Costo Medio del Transporte del Gas Natural (2)	Comerci	Costo Fijo de Comercialización (2)	Costo Fijo de Distribución (2)	Costo Variable de Distribución (2)
Tarifaria	Consumo	Natural (2)	Transporte	Recargos	Comer	Comercialización Filo (CF)	Distribución	Distribución Variable (DV)
	Sm3/Cliente-mes	S/./m3	S//m3	S/ im3	Stimes	St.//Sm3/dial	S///Sm3/dia)	S//Sm3
A1 (Sin P. Promoc)	0-30	0.51897308			2.2307			0.74614272
A1 (Con P. Promoc.) (5)	0-30	0.18355475			2,2307	i	1	0.74614272
A2 (Sin P. Promoc)	31 - 300	0.51897308			7.2008		-	0.57641540
A2 (Con P. Promoc.) (5)	31 - 300	0.18355475			7.2008	i	1	0.57641540
a	301 - 17,500	0.51897308			84.8258	1	1000	0.43039766
IP (6)	(,)	0.51897308	0.21298471	0.21298471 0.00806550	ı	0.0956	0.7807	0.20257360
2 20	17,501 - 300,000	0.5189/308			ı	0.0956	0.7807	0.2025/360
0	300.001 - 900.000	0.51897308			1	0.0675	0.5537	0.14606692
ш	Mayor a 900,000	0.51897308			I	0.4774	3.2387	0.12217542
GE	(,)	0.28278781	22			0.3397	2.3493	0.08837662
(*) Independiente del Coresumo 1. Conforme lo dispuesto por la Resolución Obinergmin N° 054-2016-OS/CD y sus modificatorias. 2. Tato de Cambo S. 3688. secún lo dispuesto en el articulo 55 de la Resolución Osineramin N° 054-2016-OS/CD y modificatorias.	esolución Osinergmin N° 0: nún lo dispuesto en el articu	54-2016-OS/CD y sus modifulo 35 de la Resolución Osin	icatorias.	016-0S/CD v mod		actores de actuali:	Factores de actualización (PPI, IAC, IPE e IPM) (7)	1PM) (7)
. Conforme to dispuesto por la Resolución Osinergmin Nº 079-2022-OSICD, modificada por Resolución Nº 138-2022-OSICD	esolución Osinergmin Nº 0	79-2022-OS/CD, modificada	por Resolución	N* 138-2022-05/	CD.	Componente de TU	Valor (Unidades)	Vigencia
. Recargo FISE vigente desde el 10 de Junio de 2012, según Ley N° 29852 y Reglamento Aprobado D.S. N° 021-2012-EM	10 de Junio de 2012, segú	in Lev N* 29852 y Regiamer	ito Aprobado D.	S. N" 021-2012-EN	N. C. COLO.	Factor PPI	240.255	Do Accesto 2073 n
s. Descuento de oz. rom sobre predo de gas natural en occa de pozo, a 100,000 primetos ciemes, hasta consumo maximo de 1,500 ma I hetthuriones Driblicse (ID) Moentales, centro de estud instituciones educabase, entre otros.	edo de gas natural en boda nitales centro de saturi los	a de pozo, a 100,000 primero	ofms	в солзитно глахит	o de 1,500 m3	Factor IDE	182 766	Ortubra 2023
Differentian de les commonantes del costo del placo terferio sentin al arterio 31 de la BCD N° 054,0016/CD y modificatories	e del costo del nieno lerife	ale confined order to 34° do	A DOWN NIE DEA	JOHE CISION WAY	difficultation	Factor IDM	122 020720	2000

Nota. Obtenido de : https://www.calidda.com.pe/media/qifnxetr/pt-octubre-2023-y-competitividad-esperada.pdf

Anexo 4 Plano de detalle de vaporizador ambiental de 350 Nm3



Nota. Compañía Xinxiang chengd China.

Xinxiang Chengde Energy Technology Equipment Co.,Ltd More than 21 years of production experience/Exported to more than 70 countries. Add/Ximing.city.html.province/China. Exacd.ava@gmail.com. Webstewns.com/protonle.com

CNCD KQ 350/3.0 LNG Ambient Vaporizer Quotation

This quotation(the "quotation sheet") is made on the date of _09/12/2023 (No.:CD20231209)- BETWEEN:

"THE SELLER"

Name in full of contracting entity:	Xinxiang Chengde Energy Technolo	gy Equipment Co., Ltd.
Invoice address:	Address:Fengquan District, Xirolang ci P.R. China	ty, henan Province 453000,
/20	Email:avahuo@cryocontainer.com	Tel: +86-13462214680
Represented by:	Ava Huo-Foreign Market Manager	

"THE BUYER"

Name in full of contracting entity or individual:	VS Ingenieros consultores SAC
Invoice address:	Email:guevara281165@gmail.com
Represented by:	Robert Guevara Chinchayan

IT IS AGREED as follows:

Article 1: COMMODITY -QUANTITY -PRICE and AMOUNT

Item	Commodity	Quantity (PCs)	UNIT Price(US\$)	Total Price(US\$)
1	KQ 350/3.0 LNG Ambient Vaporizer	02	2,300.00	2,300.00
	1.Model:KQ350/30			
	2 Maximum evaporation:350m3/h			
	3.Working medium:LNG			
	4 Design pressure: 3,3 MPa			
	5. Working pressure: 3.0MPa			
	6.Pneumatic test pressure: 3.8MPa			
	7.Design temperature:-196 ℃50 ℃			
	8.Seam coefficient; /			
	9.Corrosion allowance: 0mm			
	10 Heat exchange area: About 115.599M2			
	11.Hs code:8419899090			
	12.Packing Weight:300KG		l l	

1/9

Tel-whatsapp:30-13462214680





Totally FOB Price:

4,600.00

Totally: US\$ FOUR THOUSAND SIX HUNDRED ONLY.

Note: This quotation is valid for 20 days. Why you choose us?

- We have more than 21 years of production experience also with rich exported experience we have a professional and powerful technical team. All the technology and product process are after 20 years of accumulation and precipitation. Our third parties partners are BV, SGS, etc. Also Through the American ASME certification European market CE certification and etc.
- We have agents in Spain,Indonesia.USA,Korea,Iran.Vietnam,why they
 choose us?because Professional technical team make sure high quality products with
 good price,Professional sales team make sure best service for customers.
- There have many foreign customers have come to our factory do different products test dear, your many friends have helped you checked the products quality, you need not worry about the quality again dear
- For price,we are factory,not trading company,we can provide more better price for you. For new customers,our company also support that give new customers more better price.
- We are factory not trading company, can provide more better service and aftersales service for you.

Factory Pictures

2/9

Tel/whatsapp:36-13-6.7214660

Xinxiang Chengde Energy Technology Equipment Co.,Ltd

More than 21 years of production experience Exported to more than 70 countries

dd Xinxiang Chengde Energy Technology Equipment Co.,Ltd



Article II: Delivery time and place

 Delivery time: After 100 % total value of goods has been received from the buyer, the contract take effective. The Seller should shipping products to buyer within: 15 days.

2.Delivery place: Any port in China.

Article III: PAYMENT

- After the Buyer pays 100% T/T payment, the contact comes into effect.

—After the Cargoes on board, the Seller must ship the following the documents to Buyer within 7 days to make sure Seller can be received documents before ETA:

- 1.Shipment document : Bill of Loading, Invoice, Packing list , Contract.
- Product quality certification issued by tank manufacturer, tank drawing, calculation sheet and operation instructions etc. for tank.
- Pressure vessel supervision certificate issued by & Pressure Vessel Supervision Institute in one original for tank.

CNLU

Xinxiang Chengde Energy Technology Equipment Co.,Ltd

More than 21 years of production experience/Exported to more than 70 countries.

Add:Xeoling vity huma province China. Executarniji genal com. With www.cncryetark.com.

TT in favor of :

Beneficiary Name: Xinxiang Chengde Energy Technology Equipment Co., Ltd. Account number:393935088

Beneficiary Address: Unit 06, 12/F., Emperor Group Centre, 288 Hennessy Road, Wan

Chai, Hong Kong

Beneficiary Bank: CITIBANK, N.A., HONG KONG BRANCH

Beneficiary Bank Address: CHAMPION TOWER, THREE GARDEN ROAD, CENTRAL,

HONG KONG Bank Code:008

Branch Code:391

Country/ Region:HongKong

Swift Code: CITIHKHX or CITIHKHXXXX

Article IV: Warranty

Guarantee by the (People's Republic of China Law on Product Quality) requested the Executive

All the goods is warranty within 12 months from the date of unloading. In the period warranty, the seller will be responsible for all defect or damage of the goods which caused by fault of design or produce of the seller without any charges. Out of the period warranty, the seller will be responsible for the repair and the buyer will pay the charge.

Article V : REFERENCE PICTURES



519

Tel/whatagp 96-13-6-2214660

Anexo 6 Metrado de costos de instalación de planta de regasificación.

Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U (S/.)	Subtotal(S/.)
1	OBRAS PRELIMINARES	•			10 400,00
1,01	Trazo y replanteo topografico	und	1	800,00	800,0
1,02	Adecuacion del terreno	und	1	1 600,00	1 600,0
1,03	Transporte de materiales	glb	1	8 000,00	8 000,0
2	SUMINISTRO DE EQUIPOS				76 468,0
2,01	Vaporizador atmosferico de 350 Nm3	und	2	20 734,00	41 468,0
2,02	Tuberias ASTM A403 Grado 304 2" mm	glb	1	6 500,00	6 500,0
2,03	Tuberias ASTM A403 Grado 304 105 mm	glb	1	9 000,00	9 000,0
2,04	Valvuleria	glb	1	7 500,00	7 500,0
2,05	Soportes de acero	glb	1	6 000,00	6 000,0
2,06	Uniones mecanicas	glb	1	3 500,00	3 500,0
2,07	Bomba-Motor Grundfoss	glb	1	7 500,00	7 500,0
2,08	Instrumentacion	glb	1	2 500,00	2 500,0
3	MONTAJE DE CALENTADOR DE AGUA PRESU	JRIZADA	1		14 100,0
3,01	Excavacion de zanjas en terreno normal	m3	3	200,00	600,0
3,02	Cimentacion	cjto	1	1 500,00	1 500,0
3,03	Montaje de Vaporizador	cjto	1	5 000,00	5 000,0
3,04	Ensamble de uniones	cjto	1	3 500,00	3 500,0
3,05	Acabados	cjto	1	3 500,00	3 500,0
4	MONTAJE DE RED DE TUBERIAS	•			8 800,0
4,01	Colocacion de bases para red de tuberias	cjto	1	800,00	800,0
4,02	Montaje de tuberias	cjto	1	4 000,00	4 000,0
4,03	Acoplamiento hacia equipos	cjto	1	4 000,00	4 000,0
5	PRUEBAS Y ENSAYOS	•			11 000,0
5,01	Prueba hidrostatica	und	1	5 000,00	5 000,0
5,02	Protocolo de ensayos no destructivos	und	1	6 000,00	6 000,0
6	SUBTOTAL ACTIVIDADES	•			23 200,0
6,01	Supervision externa	und	1	12 000,00	12 000,0
6,02	Gastos generales 10%	und	1	11 200,00	11 200,0
7	SUBTOTAL OBRA	•	-		143 968,0
8	IGV				25 914,2
9	TOTAL				169 882,2

Nota. Elaboración propia.

Anexo 7 Indicadores de rentabilidad.

Planilla de calculo de ingresos y egresos

	INVERSION DE LA RED DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL								
Item	Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(S/)	Precio Total(S/)				
1	Acometida	4 512,00	Usuario	1 080,00	4 872 960,00				
2	Red de distribucion GN a 2 bar	112 800,00	Lineal	790,74	89 195 472,00				
3	ERMP (Planta de Regasificacion)	1,00	Global	82 512,00	82 512,00				
4	ERMS (Red de distribucion)	6,00	Global	29 796,00	178 776,00				
5	Pruebas	1,00	Global	30 000,00	30 000,00				
6	Comisionamiento	1,00	Global	25 000,00	25 000,00				
7	Gastos Generales (3%)	1,00	Global	2 831 541,60	2 831 541,60				
	Subtotal s	sin IGV (S/)			97 216 261,60				
	Tota	I (S/)			114 715 188,69				
	INVERSION EN LA AMI	PLIACION DE LA	PLANTA DE RE	GASIFICACION					
1	,								
	AL								
Item	Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(S/)	Precio Total(S/)				
1	Costos de Mantenimiento	12	Global	17500	210 000,00				
2	Costos de Operacion	12	Global	11000	132 000,00				
3	Costos de Administracion	12	Global	10000	120 000,00				
	Subtotal s	sin IGV (S/)			462 000,00				
	Tota	I (S/)			545 160,00				
	INGRESC	S POR VENTA D	E GAS NATURA	AL .					
Item	Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(S/)	Precio Total(S/)				
1	Cliente residencial	4512	Global	504,24	2 275 130,88				
2	Restaurante IB	12	Global	12962,64	155 551,68				
3	Restaurante IA	12	Global	6877,92	82 535,04				
4	Restaurante I	13	Global	1572,96	20 448,48				
	Subtotal	sin IGV (S/)			2 533 666,08				
	Tota	I (S/)			2 989 725,97				

Nota. Elaboración propia.

Análisis económico

	AN	ALISIS ECONOM	ICO	
	Ingresos			
	Ingresos	2 989 725,97		
	Egresos	545 160,00		
	Inversion Total			
	Inversion	114 885 070,69		
Periodo	INVERSION	EGRESOS	INGRESOS	SALDO
0	114 885 070,69			-114 885 070,69
1		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
2		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
3		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
4		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
5		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
6		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
7		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
8		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
9		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
10		545 160,00	2 989 725,97	2 444 565,97
VAN	-19 214 369,58			
TIR	-21,34%			

Nota. Elaboración propia.

Indicadores de rentabilidad para cargas especiales, consideradas en el informe.

Carga Especial	Categoría	Inversión (S/)	Ahorro (S/mes)	Pay back (meses)
Restaurantes	IIB	2500	399,78	6,3
Restaurantes	IA	1902,8	166,84	11,4
Restaurantes	I	1502,8	156,92	9,6

Inversión para Restaurante Categoria IIB S/ 2 500 incluye 4 puntos de conexión

Inversión para Restaurante Categoria IA y I son similares a la inversión del consumidor residencial al cual se le agrega 400 por punto de conexión. Se considera 1 punto adicional de conexión para categoria IA y 2 puntos de conexión adicionales para la categoria IIB

Nota. Elaboración propia.