

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Propuesta de implementación de una red interna de gas natural
para reducción de costos en el hospital Eleazar Guzmán Barrón”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO**

AUTORES:

Bach. Díaz Rodríguez, Derian Alejandro

Bach. Pastor García, Juan Pedro

ASESOR:

Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto

COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X

NUEVO CHIMBOTE-PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente informe de tesis titulado “Propuesta de implementación de una red interna de gas natural para reducción de costos en el hospital Eleazar Guzmán Barrón” elaborado por los bachilleres Díaz Rodríguez, Derian Alejandro y Pastor García, Juan Pedro, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.

Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto
COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X
DNI 32903454
ASESOR




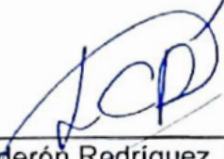

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECANICA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

El presente informe de tesis titulado “Propuesta de implementación de una red interna de gas natural para reducción de costos en el hospital Eleazar Guzmán Barrón” elaborado por los bachilleres Díaz Rodríguez, Derian Alejandro y Pastor García, Juan Pedro, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico.

Fue Revisado y Aprobado por el siguiente Jurado Evaluador.

 Msc. Escalante Espinoza, Nelder Javier COD. ORCID. 000-0001-8586-3021 DNI 32763819 Presidente	
 Msc. Calderón Rodríguez, Luis Carlos COD. ORCID. 0000-0002-9447-2257 DNI 32977058 Secretario	 Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X DNI 32903454 Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los doce días del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, siendo las 11:00 a.m., el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 375-2023-UNS-CFI, integrado por los docentes: : **Msc. Nelder Javier Escalante Espinoza (Presidente)**, **Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez (Secretario)** y el **Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda (Integrante)** y de expediente según Resolución Decanal N° 631-2023-UNS-FI, y en concordancia a lo dispuesto en Oficio Múltiple N° 034-2022-UNS-CU-SG, el Jurado Evaluador, titular, da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INTERNA DE GAS NATURAL PARA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL HOSPITAL ELEAZAR GUMÁN BARRÓN"**, perteneciente al bachiller: **DÍAZ RODRIGUEZ DERIAN ALEJANDRO** con código de matrícula N° 0201316013 quien fue asesorado por el **Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda**, según Resolución Decanal N° 304-2022-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
DÍAZ RODRIGUEZ DERIAN ALEJANDRO	17	BUENO

Siendo las 11:30 a.m. del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, setiembre 12 de 2023



Msc. Nelder Javier Escalante Espinoza
PRESIDENTE



Msc. Luis Carlos Calderon Rodriguez
SECRETARIO



Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los doce días del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, siendo las 11:00 a.m., el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 375-2023-UNS-CFI, integrado por los docentes: : **Msc. Nelver Javier Escalante Espinoza (Presidente)**, **Msc. Luis Carlos Calderón Rodríguez (Secretario)** y **el Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda (Integrante)** y de expedito según Resolución Decanal N° 631-2023-UNS-FI, y en concordancia a lo dispuesto en Oficio Múltiple N° 034-2022-UNS-CU-SG, el Jurado Evaluador, titular, da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INTERNA DE GAS NATURAL PARA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL HOSPITAL ELEAZAR GUMÁN BARRÓN"**, perteneciente al bachiller: **PASTOR GARCÍA JUAN PEDRO** con código de matrícula N° 0201316005 quien fue asesorado por el **Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda**, según Resolución Decanal N° 304-2022-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PASTOR GARCÍA JUAN PEDRO	17	BUENO

Siendo las 11:30 a.m. del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, setiembre 12 de 2023



Msc. Nelver Javier Escalante Espinoza
PRESIDENTE



Msc. Luis Carlos Calderon Rodriguez
SECRETARIO



Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda
INTEGRANTE

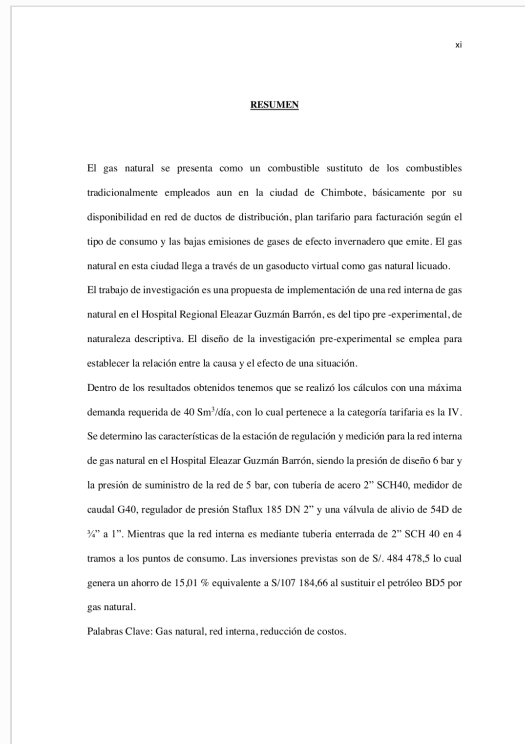


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. 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: DERIAN ALEJANDRO DIAZ RODRIGUEZ
Título del ejercicio: TESIS FINAL
Título de la entrega: Propuesta de implementación de una red interna de gas na...
Nombre del archivo: IFT_DIAZ_PASTOR_FINAL._16_10_2023.pdf
Tamaño del archivo: 1.45M
Total páginas: 96
Total de palabras: 26,236
Total de caracteres: 127,832
Fecha de entrega: 16-oct.-2023 03:28p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2184711485



Propuesta de implementación de una red interna de gas natural

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	22%	6%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	12%
2	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	1library.co Fuente de Internet	<1%
8	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
9	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	

DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios quien me ha dado la fortaleza y es mi guía en este camino labrando mi destino.

A mis padres el Sr. Pedro Lombardo Pastor Antonio y mi Sra. madre Marleny Valentina García Mariños agradecerles siempre por el apoyo para seguir adelante y por su gran ejemplo.

Para mi hermano Giancarlo Junior Pastor García, mi gran amigo.

A mis profesores y colegas; que no hay mejor decisión de seguir esforzándose en mejorar, avanzando en el camino del conocimiento y ponerlo en práctica.

J.P.P.G

DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios por su
bondad y gracia infinita,
A mi madre la Sra. Norma Rodríguez
Por su amor, esfuerzo y ejemplo
Al querer siempre lo mejor de mí.
A mis compañeros de estudio
Para ellos por ese esfuerzo y compartir
Durante nuestra permanencia en la
Escuela de Ingeniería Mecánica.

D.A.D.R

RECONOCIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios la oportunidad de estar con vida
y realizar una de mis metas anheladas la cual es
la culminación de esta tesis.

Agradecer a mi asesor Mg. Rusber Alberto Risco Ojeda
quien me apoyó y brindó sus conocimientos
en todo instante en la elaboración de la tesis.

También agradezco a todos los catedráticos de la Universidad
Nacional del Santa quienes me brindaron el conocimiento
necesario para poder ser un profesional con ética y moral.

Atentamente,

J.P.P.G

RECONOCIMIENTO

Agradecer a mi asesor Mg. Rusber Risco Ojeda
por el invaluable apoyo y asesoría
en la culminación de mi tesis de
Ingeniería Mecánica.

También agradecer a todos mis docentes
de la Escuela de Ingeniería Mecánica
por sus lecciones durante
mi estancia en mi casa de estudios.

Atentamente,

D.A.D.R

INDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.	13
1.1 Realidad Problemática	13
1.2 Antecedentes	14
1.3 Justificación	16
1.4 Hipótesis	17
1.5 Objetivos	18
II. MARCO TEÓRICO.	19
2.1 Gas natural	19
2.2 Estación de regulación y medición	31
2.3 Red interna de gas natural	50
2.4 Sustitución de combustibles	55
2.5 Evaluación económica	57
III. MATERIAL Y MÉTODO	61
3.1 Material	61
3.2 Método	63
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
4.1 Equivalente energético	73
4.2 Dimensionamiento de la estación de regulación y medición primaria	76
4.3 Determinación de las condiciones de diseño de la red interna	86
4.4 Elaboración del metrado de la red de distribución interna	90
4.5 Evaluación económica	91
4.6 Discusión de resultados	96
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
5.1 Conclusiones	98
5.2 Recomendaciones	99
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
VII. ANEXOS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de fraccionamiento de Malvinas-Camisea	23
Figura 2 Esquema del transporte virtual de gas natural licuado	25
Figura 3 Planta de regasificación de Chimbote compuesto de 6 vaporizadores	26
Figura 4 Redes de distribución de gas natural	27
Figura 5 Vista frontal de caldero pirotubular a gas natural	29
Figura 6 Esquema de tramos de una estación de regulación primaria	32
Figura 7 Válvulas de cierre y apertura para ERM de gas natural	35
Figura 8 Válvula de seguridad	36
Figura 9 Filtro tipo cartucho	38
Figura 10: Regulador de acción directa	41
Figura 11: Regulador pilotado	41
Figura 12: Sistema de medición de energía total	43
Figura 13: Medidor ultrasónico Emerson 3410	45
Figura 14: Estación de Regulación secundaria	47
Figura 15: Quemador de difusión	57
Figura 16 Estructura de costos para la facturación del gas natural zona de concesión QUAVII S. A	58
Figura 17 Pliego tarifario de gas natural zona de concesión QUAVII S.A aplicado a marzo 2023	71
Figura 18 Características standard de punto de suministro red de distribución en Chimbote	74
Figura 19 Medidor de Caudal Calibre G40 de D.N 2”	79
Figura 20 Válvula de bloqueo SB/82 de D.N 2”	80
Figura 21 Distribución de componentes normalizados de ERM	84
Figura 22 Flujo de Caja del Proyecto	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Máxima presión admisible de operación	28
Tabla 2 Criterios de Diseño para el Tipo de Sistema de Regulación	33
Tabla 3: Técnicas de uniones para tuberías de instalaciones de gas natural	54
Tabla 4 Categorías tarifarias Empresa QUAVII S. A	58
Tabla 5 Características de Calderos Pirotubulares	62
Tabla 6 Máximas demandas diarias mensuales 2022	62
Tabla 7 Condiciones de selección del regulador de presión	65
Tabla 8 Parámetros para selección de la válvula de bloqueo	66
Tabla 9 Consideraciones del punto de suministro desde el Distribuidor	74
Tabla 10 Planilla de cálculo para presión de suministro de 5 bar	76
Tabla 11 Planilla de cálculo para presión de suministro de 4 bar	76
Tabla 12 Parámetros para cálculo de resistencia de tuberías acometida	77
Tabla 13 Parámetros de suministro a presión de trabajo	78
Tabla 14 Determinación comercial del medidor de caudal	78
Tabla 15 Correspondencia del diámetro con el valor de Cg	79
Tabla 16 Características técnicas del regulador de presión	80
Tabla 17 Características de la válvula de bloqueo	81
Tabla 18 Parámetros de presión regulada actual de 40 Sm ³ /h	82
Tabla 19 Parámetro de selección de válvula según especificación técnica.	82
Tabla 20 Parámetros de selección de elemento filtrante	83
Tabla 21 Especificaciones del filtro tipo cartucho	83
Tabla 22 Planilla de cálculo para presión de suministro de 5 bar en ERM	85
Tabla 23 Planilla de cálculo para presión de suministro de 4 bar en ERM	85
Tabla 24 Planilla de cálculo para red interna de gas natural con presión de suministro de 2 bar	89
Tabla 25 Planilla de cálculo para red interna de gas natural con presión de suministro de 1,5 bar	89
Tabla 26 Metrado de Red de suministro, ERM y red interna	90
Tabla 27 Metrado de zona de Calderos y otras actividades	91
Tabla 28 Facturación mensual Año 2022	92
Tabla 29 Consumo de gas natural equivalente	92
Tabla 30 Porcentaje de reducción de la Facturación por la propuesta de Implementación	94

RESUMEN

El gas natural se presenta como un combustible sustituto de los combustibles tradicionalmente empleados aun en la ciudad de Chimbote, básicamente por su disponibilidad en red de ductos de distribución, plan tarifario para facturación según el tipo de consumo y las bajas emisiones de gases de efecto invernadero que emite. El gas natural en esta ciudad llega a través de un gasoducto virtual como gas natural licuado.

El trabajo de investigación es una propuesta de implementación de una red interna de gas natural en el Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón, es del tipo pre -experimental, de naturaleza descriptiva. El diseño de la investigación pre- experimental se emplea para establecer la relación entre la causa y el efecto de una situación.

Dentro de los resultados obtenidos tenemos que se realizó los cálculos con una máxima demanda requerida de 40 Sm³/día, con lo cual pertenece a la categoría tarifaria es la IV. Se determino las características de la estación de regulación y medición para la red interna de gas natural en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón, siendo la presión de diseño 6 bar y la presión de suministro de la red de 5 bar, con tubería de acero 2" SCH40, medidor de caudal G40, regulador de presión Staflux 185 DN 2" y una válvula de alivio de 54D de ¾" a 1". Mientras que la red interna es mediante tubería enterrada de 2" SCH 40 en 4 tramos a los puntos de consumo. Las inversiones previstas son de S/. 484 478,5 lo cual genera un ahorro de 15,01 % equivalente a S/107 184,66 al sustituir el petróleo BD5 por gas natural.

Palabra Clave: Gas natural, red interna, reducción de costos.

ABSTRACT

Natural gas is presented as a substitute fuel for the fuels traditionally used even in the city of Chimbote, basically due to its availability in the distribution pipeline network, billing rate plan according to the type of consumption and low greenhouse gas emissions. that emits Natural gas in this city arrives through a virtual pipeline as liquefied natural gas.

The research work is a proposal for the implementation of an internal natural gas network at the Eleazar Guzmán Barrón Regional Hospital, it is of the pre-experimental type, of a descriptive nature. The pre-experimental research design is used to establish a relationship between cause and effect of a situation.

Within the results obtained we have that the calculations were made with a maximum required demand of 40 Sm³/day, which belongs to the tariff category is IV. The characteristics of the regulation and measurement station for the internal natural gas network at the Eleazar Guzmán Barron Hospital were determined, with the design pressure being 6 bar and the supply pressure of the network 5 bar, with 2" steel pipe. SCH40, G40 flowmeter, Staflux 185 DN 2" pressure regulator and a 54D ¾" to 1" relief valve. While the internal network is through 2" SCH 40 buried pipe in 4 sections to the points of consumption. The planned investment is S/. 484,478.5, which generates a saving of 15.01% equivalent to S/107,184.66 when replacing BD5 oil with natural gas.

KEYWORD: Natural gas, internal network, cost reduction.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

El Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón es una entidad de servicio de salud pública orientada a la atención al público mediante consultas y tratamiento médico con internado y del tipo ambulatorio. Parte de su infraestructura de atención depende del vapor a baja presión generado en una caldera de 80 BHP el cual permite el flujo de calor necesario para la operatividad y disponibilidad de las áreas de lavandería, cocinado y esterilizado, quien cumple de soporte de la prestación atención a la salud. Pero los altos costos de petróleo biodiesel BD5 los cuales en estos últimos dos años han sido afectado primero por los estragos de la pandemia, en el cual el precio internacional cayo significativamente para luego recuperar y superar el precio pre pandemia en un valor desde 10 soles/galón a 16.5 soles/galón, incrementándose los costos de generación de vapor. Así mismo la red de suministro de combustible se realiza a través de cisternas, lo cual no representa una cadena de suministro confiable, siendo esta larga, dependiendo los sistemas de almacenamiento de Petroperú de Chimbote del suministro desde la Refinería de La Pampilla en Ventanilla, línea de suministro que representa una vulnerabilidad en el transporte terrestre.

Del mismo modo no existe una oferta de implementadores certificados y debidamente capacitados para redes internas de gas natural para grandes clientes, existiendo una dependencia de empresas con personal de la ciudad de Lima, con lo cual el mercado de especialistas en diseño de redes internas de gas natural para grandes y medianos consumidores es escaso, siendo una posible solución la contribución de los Ingenieros Mecánicos para cubrir este déficit. E incluso en la mantenibilidad de las redes internas existen deficiencias en muchas empresas. Una red de distribución interna de gas natural toma referencia a la NTP 111.010, para lo cual es necesario un conocimiento académico previo para su interpretación y real ejecución, con la premisa de tener una red interna confiable y segura.

El Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón brinda el servicio de salud, para lo cual se cuenta con un servicio de generación de vapor que permite cubrir con los requerimientos de demanda para las áreas de cocción, lavandería, esterilizado entre otros. El generador de vapor debe consumir petróleo Diesel BD5 el cual es un combustible de un elevado costo y generador de emisiones contaminantes, para lo cual urge en cambiar la matriz energética de consumo, realizando esta transición hacia un

combustible de menor costo menos contaminante, el cual se encuentra disponible en la red externa de gas natural que para por los exteriores del hospital. El objeto de estudio es el sistema de suministro de combustible el cual se realizará a través del dimensionamiento de una red interna de gas natural con lo cual se reduzcan los costos por combustible en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón.

Se formula el siguiente problema:

¿En qué medida la propuesta de implementación de una red interna de gas natural reduciría los costos de combustibles en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón?

1.2 Antecedentes:

Se enuncian los siguientes antecedentes:

Barrantes & Gómez (2020), concluyen que teniendo como base la demanda de 120 Sm³/h el diseño de las instalaciones incluye en la estación de regulación de presión y medición 01 registrador de caudal, un controlador de presión tipo Staflux 185, una válvula con cierre según Clase 150 de 2", una válvula de seguridad 054.D, se considera una velocidad del gas natural de 1,45 m/s, una reducción de presión menor a 0,001 bar en el tramo de 10 bar, tubería de 2" acero sin costura Cedula 40. Además, a presión de 19 bar, la velocidad del gas natural es 0.8 m/s, con una reducción de presión menor a 0,001 bar. Del mismo modo en la red interna se dimensiono con tubería de acero sin costura de 2" con unión roscada Cedula 40 y en los tramos con presión de 3 bar y 120 Sm³/h de gas natural, se tiene una velocidad de 3,98 m/s y con reducción de presión menor a 0,0077 bar.

Carhuaricra (2017), concluye que en el dimensionamiento de redes internas dentro de una empresa productiva o de servicio se debe basar en las NTP 111.011 (instalaciones internas residenciales y comerciales) y la NTP 111.010 (Red interna Industrial), las cuales se diferencian en la presión de diseño; así tenemos para las redes internas domiciliarias la presión oscila entre los 23 mbar y los 340 mbar, y para las instalaciones industriales la presión alcanza los 4 bar. En la investigación se evalúa la demanda de combustible en un horno secado y cocina semiindustrial para lo cual al reemplazar el sistema de combustión desde diésel a gas natural, el dimensionamiento de la red interna incluye un máximo caudal de diseño igual a 13,3 m³/h, presión promedio de servicio entre 23 mbar a 340 mbar, la acometida incluye un medidor de diafragma, cuyas

especificaciones de montaje nos permite el uso de un regulador con presión de suministro de 4 bar y regulada a 340 mbar, valores que son requeridos para el ingreso de gas en el medidor y con caudal de 50 m³/h.

Chávez (2017), concluye que el diseño consta de 02 estaciones de regulación de presión y medición de gas natural, la primera de ellas recibirá el gas natural desde la red que pasan por la parte externa de la planta industrial y que se suministra a planta a presión de 8 bar, la cual posteriormente se regulara a 4 bar y del cual se deriva el gas natural por medio de la red interna hasta la segunda estación, donde se realiza la regulación de la presión de 4 a 0,360 bar y suministrándose en esas condiciones hacia los quemadores de los equipos térmicos, los cuales tienen un punto de control donde se regula la presión desde 0,360 a 0,020 bar, el cual es el valor normalizado para una buena operatividad y servicio de los quemadores. El costo de implementación de la red interna tiene un valor de US\$ 90 527,64 y está plenamente justificado debido a los ahorros obtenidos que representan el 20% del costo de producción, una red confiable de abastecimiento de gas natural en los equipos consumidores de la empresa y del mismo modo permite una reducción del nivel de emisiones de *CO*₂ vertidas al medio ambiente.

Kuzma (2019) concluye que el cálculo de la red interna de gas natural, se realizan conforme a la NTP 111.010-2003 Rev.2014, la cual toma como base la normatividad internacional referente a tuberías de transporte y distribución de red externa e interiores para gas tal como, ASME B31.3 y ASME B31.8. Dentro de las consideraciones de diseño tenemos que la presión con que se suministra el gas a la red interna de la empresa es de 5 bar manométricos. El tramo de la red entre la válvula de bloqueo del distribuidor de gas y el ingreso hacia el sistema de regulación de la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria, se calcula teniendo en cuenta que no debe tenerse una reducción de presión no mayor al 10% de la presión mínima de ingreso. Los componentes que forman la instalación que se encuentran comprendidos entre 02 etapas de regulación se dimensionaron según una reducción de presión máxima de 50% de la presión regulada. Para lo cual se obtuvieron diámetros de 1 ½", 1", ¾" y ½".

Pezo (2014), concluye que la norma ASME 831.8-2003 permite determinar las dimensiones de la instalación interna de gas natural con una tubería de acero sin costura de 1" de diámetro y un caudal de 18 609 m³/h requeridos. El procedimiento de montaje de la red interna se realiza en concordancia a lo normado por la ASME 831.8-2003, A.P.I 1104 y el D.S N°042-99-EM con la cual se ejecutó la red interna de gas natural segura y confiable. La ejecución incluye protocolos de verificación radiográficos, hidráulica y neumática con función al valor de la presión normalizada, que se presentó para la certificación de la instalación, comisionamiento y la recepción de la red interna con resultados favorables durante los protocolos de pruebas a cargo de la Empresa distribuidora de gas Cálidda.

Valdivia (2018), concluye que, para el diseño y cálculo de la red interna de distribución de gas natural en un hotel que cuenta con 18 pisos y 8 sótanos, en la ciudad de Arequipa, el costo de montaje del sistema es de S/106 269,74 con IGV incluido, seleccionándose una tubería de cobre y una longitud de red de 109,43 m con diámetro de 1" de diámetro, 23,47 m de tubería de 3/4" y 44,62 m de tubería de 1/2". Para el sistema de evacuación de gases se seleccionó una plancha de fierro galvanizado y cuenta con un sistema de detección de gases y cinco extinguidores tipo C.

1.3 Justificación:

Se justifica por lo siguiente:

La presente investigación se justifica debido a que en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón no cuenta con una red interna de suministro de gas natural, el cual es un combustible de bajo costo y disponible en la red externa a los ambientes del hospital, que permita el abastecimiento de una fuente de energía primaria de menor costo unitario y menores emisiones en su combustión con respecto al combustible que actualmente se utiliza el cual es el petróleo BD5, el cual podrá emplearse en la generación de vapor saturado, fluido que es empleado en diversas áreas del centro hospitalario para la cobertura del servicio que brinda. La realización del estudio permitirá diseñar los accesorios y sistemas normalizados de la red interna de gas natural desde la estación de regulación y medición primaria, accesorios de control y medición, red interna de gas natural y componentes en puntos de consumo de gas natural, teniendo en cuenta la normatividad técnica que permitan un diseño confiable,

de calidad y seguro. El sistema a diseñar tendrá un impacto favorable en el servicio de atención de salud debido a que permitirá al Hospital Eleazar Guzmán Barrón disponer un combustible que le permitirá reducir sus costos por consumo de combustible, y poder mantener un servicio de salud y atención de seguridad, calidad a los usuarios que requieran del mencionado servicio.

A nivel económico esta investigación es importante ya que busca determinar la reducción de costos de combustibles con la iniciativa de implementar de la red interna de gas natural en reemplazo del petróleo biodiesel BD5 en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón de Nuevo Chimbote.

En el nivel estratégico, permitirá el suministro de combustible por medio de una red interna de distribución segura y de alta confiabilidad, de tal forma que el gas natural sea suministrado de manera continua, a diferencia del suministro del petróleo biodiesel BD5 que presenta una cadena de suministro larga y sometida en ciertos casos a volatilidad de precio internacional.

En el nivel social, el proyecto es de relevancia ya que la población o el consumidor requiere una solución oportuna ante cualquier problema que se presente durante la prestación del servicio de salud en la entidad pública de salud con referencia al diseño de una red interna de suministro de gas natural, con lo cual el servicio de atención pública para consulta e internado están garantizados en lo referente a los objetivos de persigue el hospital, a través de un servicio confiable y de calidad.

A nivel tecnológico, el Hospital Eleazar Guzmán Barrón cuenta con una instalación de vapor que abastece de vapor saturado a baja presión a las áreas de esterilizado, cocinado y lavandería para lo cual es necesario el suministro permanente del gas natural, teniendo en cuenta una inversión que no involucre costos elevados y de algún modo que esta migración a un nuevo combustible se relacione con la disminución de emisiones vertidas de dióxido de carbono principalmente, así mismo en el dimensionamiento de la red interna se toma como referencia de cálculo las normas internacionales y nacional vigente.

1.4 Hipótesis:

Mediante la propuesta de implementación de una red interna de gas natural se reducen los costos de combustible en un 5% en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón

1.5 Objetivos:

1.5.1 Objetivo general

Elaborar la propuesta de implementación de una red interna de gas natural para reducción de costos de combustible en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón.

1.5.2 Objetivos específicos:

- a. Calcular la máxima demanda de gas natural para el dimensionamiento de la red interna de gas natural.
- b. Determinar las características de la estación de regulación para la red interna de gas natural en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón.
- c. Determinar las características de diseño de la red interna de gas natural del Hospital Eleazar Guzmán Barrón.
- d. Elaborar un modelo de memoria descriptiva para el cálculo de componentes de la red interna de gas natural del Hospital Eleazar Guzmán Barrón.
- e. Realizar una evaluación económica para la reducción de costos por consumo de combustible en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Gas Natural.

2.1.1 Generalidades.

El gas natural es un hidrocarburo que se venido formando progresivamente en un proceso que duro millones de años durante el proceso de evolución de la tierra, se asume que por plantas y pequeños animales de mar sepultados en la tierra, posteriormente por arena y roca, hasta que el acumulamiento de estos restos provocaron una sobrepresión y un incremento de temperatura con lo cual se generó el gas natural después de muchos años de descomposición, Se le encuentra en yacimientos junto al petróleo crudo asociada a ella, se le extrae junto al petróleo crudo y presenta cantidades considerables de etano, propano, propileno, butano e hidrocarburos livianos. El gas no asociado o libre (similar a las reservas de Camisea) concentra un alto porcentaje de gas natural y un nivel despreciable de petróleo crudo. Se estima que entre el 72% y 77% del gas pertenece a reservas de gas no asociado. (Kuzma, 2019)

El gas natural es un combustible convencional compuesto por una mezcla de hidrocarburos que, se encuentran en estado gaseoso asociados al petróleo. Están presentes de forma natural como: gas natural asociado en el reservorio cuando el porcentaje del petróleo es elevado y como gas natural sin asociar cuando su volumen es muy superior al del petróleo que lo acompaña. El elemento fundamental es metano, que constituye el 85-90% del mismo en función al tipo de yacimiento. Otros componentes que lo conforman son etano, propano, propileno y otros compuestos en menor proporción de pentano, el hexano y el heptano, así como sedimentos y dióxido de carbono. (Barrantes & Gómez, 2021)

El gas natural con respecto a otros hidrocarburos emite menor proporción de dióxido de carbono en relación al petróleo y carbón y tan solo emisiones de bajos niveles de subproductos dañinos a la atmosfera. El porcentaje de componentes varia, en función del tipo y antigüedad de la reserva, siempre el componente predominante es el metano en un valor superior al 90 %, siguiéndole en proporción el etano. El gas natural se cubica en m³ standard a una presión de 1bar y temperatura de 15,6°C. (Kuzma, 2019)

El flujo de energía generado en la reacción de combustión se mide en unidades térmicas británicas (BTU), o en metros cúbicos para el sistema internacional, su composición del gas es función del tipo de yacimiento, cuanto es mayor es el porcentaje de gases no combustibles que contiene, entonces el potencial de energía que contenga será menor. El gas natural que se abastece a los usuarios en sus casas, contiene un alto porcentaje de metano, considerándose gas puro o “seco”, y cuando contiene otros hidrocarburos, toma el nombre de gas natural “húmedo”. El olor característico del gas natural se debe a un odorizante llamado mercaptano (que contiene trazas de sulfuro) que se añade al gas natural previo a su suministro por redes de distribución o comercialización. (Kuzma, 2019)

Hasta antes de inicio del presente siglo, la industria del gas natural en el Perú estaba limitada a la explotación de 02 yacimientos gasíferos: Aguaytía, ubicado en el departamento de Ucayali y en los pequeños yacimientos en la Costa norte, específicamente en el zócalo frente al departamento de Piura. Con la entrada el 2004 del Proyecto Camisea y la estructuración del marco normativo de promoción de la industria del gas natural (años 90) generaron el mercado apropiado para impulsar el desarrollo del gas natural y del mismo modo para la diversificación de la matriz energética nacional en ese año predominante con el uso del petróleo. Esto permitió mejorar el balance comercial de hidrocarburos y se crea incentivos para su consumo por parte de los usuarios empresariales, residenciales, industriales y comerciales para el acceso de una fuente de energía menos contaminante y de bajo costo. Hay que tener en cuenta que la tecnología del uso del gas natural en el mundo viene desarrollándose con más de 100 años de antigüedad. (Valdivia, 2018)

El gas natural presenta tres beneficios de mucha relevancia y destacables: Beneficios al medio ambiente, es saludable para el medio ambiente, debido a que presenta menor efecto contaminante con un valor de 54,2 kg CO₂/TJ a diferencia del Petróleo R500 que tiene un valor de 70 kg CO₂/TJ y el petróleo BD5 kg CO₂/TJ. Así tenemos según las estimaciones del organismo regulador para el año

2017, entre los años 2004 y el 2013, se redujo las emisiones de CO₂, en 50% para las empresas de generadoras de energía. (Luna & Reyes, 2020)

El gas natural presenta mayor nivel de seguridad durante su consumo, porque el ser más ligero que el aire se puede disipar o ascender al medio ambiente con mayor facilidad, por lo tanto, ante una posible fuga se tiene un menor riesgo a siniestros, tal como lo sucedido en enero del 2020, en el distrito de Villa El Salvador, debido a una fuga fortuita de gas licuado de petróleo. Muy contrario hubiese sido el efecto en caso de que la fuga hubiese sido de gas natural, el cual además por su olor es rápidamente reconocible y además por su densidad hubiese ascendido con rapidez. (Luna & Reyes, 2020)

La densidad relativa del gas natural es 0,64, con lo cual pesa 40% menor que la densidad del aire. Esta característica hace que el gas natural se enerve o ascienda con mucha rapidez luego de haberse generado una fuga dentro de un ambiente o una red de distribución, lo cual puede dar tiempo a una evacuación rápida y ordenada. Reduciéndose los riesgos de explosiones o siniestros ante la posible presencia de chispa o fuente de calor que puede provocar su inflamación o explosión. El gas natural requiere de un rango de concentración para sus límites de inflamabilidad dentro del rango mínimo de 4,7% y máximo de 13,8%, fuera de estos límites el gas natural es lento para reaccionar. (Luna & Reyes, 2020)

Según OSINERGMIN, el beneficio es función del grado de cobertura de los proyectos de gas natural realizados, con información de los años 2004 al 2013, se tuvo beneficios del siguiente orden : 6 952 millones de dólares en beneficios de forma global para todos los sectores de consumo privado, siendo los ahorros en el sector de generación de energía un valor de 26%, sector transporte 28%, mientras que el ahorro o reducción de gastos por consumo de gas de industrial, comercial y residencial es de 46%; 10 702 millones de dólares de ingresos al estado por impuestos relacionados a la renta 18% y un total de regalías para canon del orden de 72% y 23 921 millones de dólares por el efecto de exportación del gas natural a mercados internacionales tanto en venta de gas natural como en líquidos del gas natural.(Luna & Reyes, 2020)

2.1.2 Reservas de gas natural.

Los Yacimientos de la costa norte y el zócalo continental se ubican geográficamente en la zona petrolífera marina de los departamentos de Piura y Tumbes. El gas natural se encuentra asociado a la explotación de petróleo en plataformas submarinas, debido a ello los costos de explotación son bajos comparados a los yacimientos predominantes con gas natural. Las reservas probadas de gas natural son de 0,2 a 1,0 TCF (trillones de pies cúbicos) con lo cual su explotación se orienta básicamente al consumo en la región, salvo algunas empresas que lo exporta. El total de reservas probables se incrementó desde 1,5 a 2,3 TCF. (Rodríguez et al., 2022)

En el caso del Yacimiento de Aguaytía, este se ubica en el Lote 31C (provincia de Curimaná, departamento de Ucayali), a una distancia de 70 km de Pucallpa, 77 km de Aguaytía y 475 km de distancia de Lima. El Lote 31-C tiene reservas certificadas de 0,44 TCF de gas natural y 20 millones de barriles de líquidos de gas natural. Siendo la producción media de 70 millones de pies cúbicos diarios. El procesado de gas natural con condensados es 65 millones de pies cúbicos diarios de gas seco, 1,4 miles de barriles corresponde a gas licuado de petróleo y 3,0 miles de barriles de gasolina natural. El gas natural se emplea en la región y en la producción de energía en las centrales termoeléctricas de Aguaytía. (Rodríguez et al., 2022)

El yacimiento de Camisea se encuentra en los campos de San Martín y Cashiriari en la provincia de la Convención, Cuzco, siendo a la fecha el reservorio con mayor volumen de gas natural no asociado al petróleo, salvo estudios que se vienen realizando en Argentina en el reservorio de Vaca Muerta con un potencial de 308 TCF. El potencial en volumen es de 8.7 TCF, y un potencial de 411 millones de barriles de gas natural líquido asociado. El volumen de gas (reserva probada más la posible) del Lote 88 es 11 TCF, lo que permitiría obtener además 482 millones de barriles de gas natural líquido. Está formada por los lotes 56 y 88. (Tineo, 2016)

2.1.3 Cadena del valor del gas natural.

- a. Explotación. Incluye los diagnósticos prospectivos de levantamiento sísmico, análisis geológicos, elaboración de la ingeniería de explotación, etc.; con la finalidad de poder identificar y valorizar las reservas probadas del gas natural confinado entre los estratos rocosos de la zona en estudio. Es por ello de suma importancia que estos estudios estén complementados con un programa de desarrollo del yacimiento, de tal manera que, al iniciarse la producción, incluya todas las actividades que permitan la extracción del gas natural de forma segura. (Rodríguez et al., 2022)

Tratamiento: En esta etapa se desechan los subproductos contenidos en el gas natural asociados al yacimiento como es el agua, componentes ácidos como anhídrido carbónico (CO_2), sulfuros de hidrógeno (H_2S), y demás compuestos como impurezas, esto se realiza aplicando tecnología de punta a través de procesos físicos-químicos. (Rodríguez et al., 2022)

Fraccionamiento: Es un proceso en el cual el gas natural se separan los hidrocarburos pesados o líquidos a través de un proceso de separación por lotes quedando finalmente el gas natural seco (formado en su totalidad por metano y etano). Los líquidos del gas natural se emplean en la producción de GLP y están muy cotizados en el mercado internacional o procesados a través de las plantas de la industria petroquímica. (Rodríguez et al., 2022)

Figura 1

Planta de fraccionamiento de Malvinas-Camisea



Nota. Tomado de Osinergmin (2023)

b. Transporte.

El transporte representa una actividad relevante en la cadena del valor, caracterizándose por que el transporte principal se realiza a través de 02 ductos: un gasoducto para gas natural de 731 km. y un poliducto para los líquidos del gas natural de 560 km. Los 2 ductos parten desde la estación de Camisea, a través de la cordillera de los andes por el departamento de Cuzco, Ayacucho, Huancavelica e Ica, siendo el punto de llegada el puerto de Pisco. Los ductos están construidos en forma paralela, el poliducto cuenta con 04 estaciones de bombeo, en donde se impulsa los líquidos en todo el trayecto de la red de transporte. Para controlar la presión del gas natural y de los líquidos durante su trayectoria hacia Pisco, se han instalado 02 estaciones reguladoras de presión. El transporte a través de los ductos se realiza a presiones de impulsión de hasta 150 bar la cual se va regulando hasta alcanzar la presión de 20 bar, el cual es el valor normado de la presión al llegar la planta de Pisco. El gasoducto peruano tiene capacidad para transportar 920 MMPCD. (Campomani & Hernández, 2022)

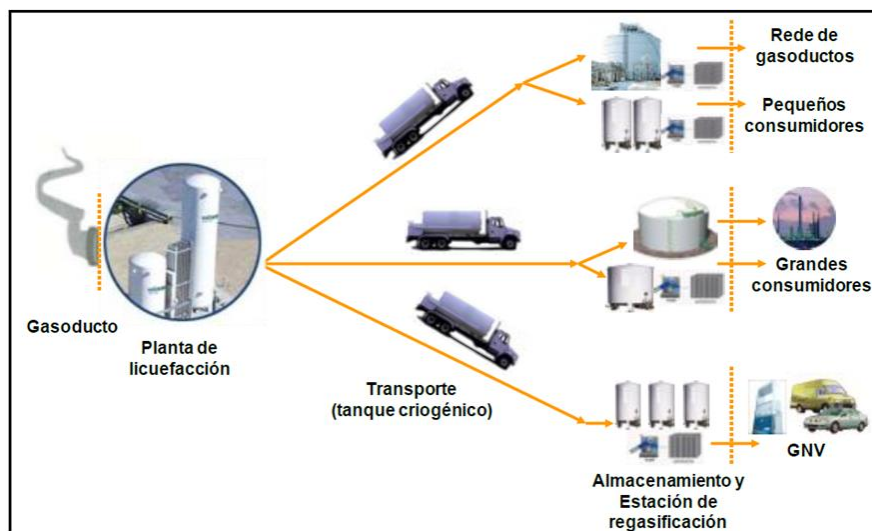
El gas natural se puede transportar vía terrestre por medio de dos tecnologías, vía gas natural licuado a -161°C y 1 bar de presión y comprimiendo su volumen hasta 500 veces por medio de camiones criogénicos, el transporte se realiza desde el puerto de Pisco por la carretera panamericana hasta los centros de recepción en ciudades al norte y sur a -161°C y 1 bar de presión. Del mismo modo para el segundo caso se transporta como gas natural comprimido desde las plantas de compresión ubicadas en la ciudad de Lima a 200 bar y $15,6^{\circ}\text{C}$ comprimiendo su volumen hasta 200 veces. (Barreto & Quiñones, 2014)

El Transporte mediante cisternas de gas natural licuado, tiene una cobertura máxima de 1 000 km, en donde para distancias mayores su transporte no es rentable. El alto grado de aislamiento de los depósitos de transporte se consigue aplicando vacío en los exteriores de los depósitos criogénicos y empleando el poliuretano. Las cisternas son de capacidades variables según el tipo de tecnología y fabricante con valores de 50 y 80 m^3 de gas natural licuado. Las cisternas criogénicas son diseñadas para el transporte de gases criogénicos (O_2 ,

N₂, etc.) y deben estar certificadas para el transporte del GNL grandes distancias entre ciudades. (Baltodano & Huamán, 2012)

Figura 2

Esquema del transporte virtual de gas natural licuado



Nota. El esquema muestra la cadena de suministro de GN. Fuente: Barreto & Quiñones (2014)

La regasificación es aquel proceso mediante el cual, el gas natural licuado transportado por medio de gasoducto virtual, es recepcionado y posteriormente calentado y presurizado para su almacenamiento en una zona de recepción. Una planta de regasificación permite almacenar, calentar, comprimir para la conversión de Gas Natural Licuado en condiciones que permitan al Gas Natural su distribución hacia los centros de consumo al valor de la presión autorizada para su consumo. (Campomani & Hernández, 2022)

Sus etapas son las siguientes:

- Centro de descarga: Se realiza debido a la diferencia de presión, en el cual el gas natural licuado fluye en el regasificador. Existen tecnologías que permiten este proceso a través de una bomba especial para fluidos criogénicos.
- Almacenamiento: El gas natural licuado se almacena dentro de un tanque criogénico presurizado, luego se le regasifica. Los depósitos en su interior

y exterior son de acero. Empleándose la perlita o el vacío entre las paredes de ambos depósitos.

- Regasificación: Las tecnologías de regasificación son a través de sistemas atmosféricos y por medio de vaporización forzada.
- Recalentamiento: La finalidad del recalentamiento es incrementar la temperatura y alcanzar condiciones de distribución y consumo normalizadas, el gas regasificado a la salida de los vaporizadores alcanza temperaturas entre 5 a 10° C menor que la temperatura ambiental. El flujo de calor empleado en el recalentamiento se realiza mediante calentadores eléctricos, Agua Caliente o Vapor Saturado. (Campomani & Hernández, 2022)

Figura 3

Planta de regasificación de Chimbote compuesto de 6 vaporizadores



Nota. La figura fue tomada de Osinergmin (2023)

c. Distribución.

La distribución del gas en la localidad de Chimbote se inicia desde el punto de transferencia a la salida de la planta de regasificación de QUAVII hasta las estaciones de distribución entre la empresa y sus usuarios. El gas fluye a través de la red de ductos en localidades como Nuevo Chimbote. Cuenta con estaciones reguladores de presión para el sistema de distribución. (Pérez, 2016)

Estación de regulación de presión: Son instalaciones ubicadas dentro del sistema de Distribución que tienen por finalidad regular la presión del gas hasta valores que permitan la alimentación de las redes de baja presión, teniendo en cuenta las

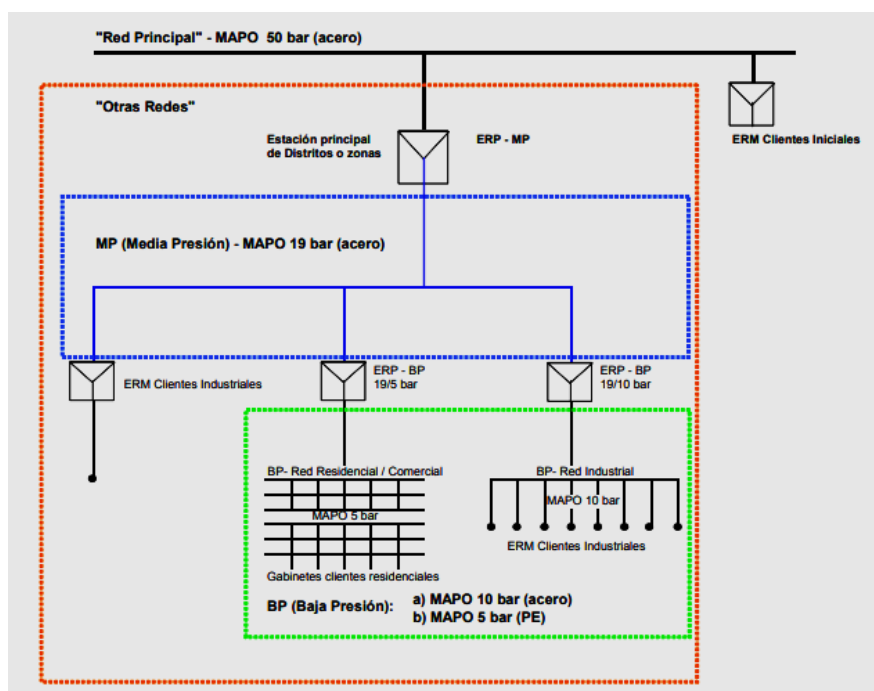
normas técnicas vigentes. En estas instalaciones también se mide el caudal fluyente de gas natural. (Pérez, 2016).

Red de Distribución de Alta Presión, constituidas por tuberías de acero sometidos a una presión máxima regulada de 50 bar. Este tipo de redes incluye ductos de 20" y 30" de diámetro, se emplean en grandes ciudades como Lima, donde la red de distribución es muy extensa en kilómetros de recorrido. En algunos casos algunos consumidores se acoplan a este tipo de redes, las cuales tienen un menor costo unitario por el cargo de redes de distribución. (Pérez, 2016).

Redes de Distribución de Media Presión, comprende instalaciones con tuberías de acero con presión regulada de hasta 19 bar, cuentan con sus propias estación de regulación y medición y se ubican por lo general frente a grandes zonas urbanas, donde reducirán su presión para ser conectadas a las redes de baja presión. (Pérez, 2016).

Figura 4

Redes de distribución de gas natural



Nota. La figura fue tomada de Campomani y Hernández (2022)

Redes de Distribución de Baja Presión Estas redes de gas natural operan a presiones reguladas máximas de 10 bar, comprenden dos tipos de redes con distintos materiales, así tenemos redes con tuberías de acero y otras de polietileno. Mediante las redes se llegan hasta los puntos de acometida o suministros de los clientes residenciales por lo general donde se regula a la presión a valores inferiores a 1 bar para su uso seguro. (Pérez, 2016).

La máxima Presión Admisible de Operación o MAPO del sistema de distribución es el valor máximo permitida de presión, con lo cual el sistema puede operar, según lo normado por el código ASME B31.8 y los contratos BOOT para el gas natural con el gobierno peruano. La presión será determinada por el operador de la red teniendo en cuenta criterios de seguridad del suministro pudiendo ser en muchos casos igual a la presión de diseño de la red. (Pérez, 2016).

Tabla 1

Máxima presión admisible de operación

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

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

2.1.4 Usos del gas natural

a. Generación de energía.

En la generación de energía en el sistema interconectado el gas natural se emplea utilizando el ciclo joule Brayton en centrales termoeléctricas de ciclo simple o cogeneración con rendimientos que alcanzan el 27% y costos variables combustibles de 32-35 U\$/MWh, costos muy económicos comparados con el petróleo diesel, el cual empleando el mismo ciclo con un costo de 250 U\$/MWh. Del mismo modo tiene un importante uso en las centrales termoeléctricas de ciclo

combinado, en la cual los gases salientes de la turbina a gas se utilizan para la generación de vapor sobrecalentado, obteniendo un rendimiento de planta de 57 % y un costo de operación de 20-22 U\$/MWh. En el Perú las Centrales de Ciclo combinado se concentran en la localidad de Chilca a 120 km al sur de Lima, siendo la central de energía más grande del Perú la Central de Ciclo Combinado Kallpa de 870 MW. (Preciogas, 2023)

b. Sector industrial.

El empleo del gas natural es muy intensivo en el área de industrias debido a su bajo costo unitario y además porque según su consumo existe un plan de tarifas que le permite ubicarse en la tarifa más económica según su volumen de consumo. Tienen un alto impacto en el cambio tecnológico de combustibles convencionales como el Residual500 y el BD5 en quemadores de Hornos, Calderos e Incineradores. El gas natural puede es empleado en la industria del cemento, cerámicas, refinerías, textiles y de alimentos. En la localidad de Chimbote la Empresa Siderperú y 04 empresas pesqueras han reconvertidos sus instalaciones a gas natural. Incluso la empresa SDF Textil en el Callao a implementado una central de cogeneración dentro de complejo industrial. (Aguilar, 2022)

Figura 5

Vista frontal de caldero pirotubular a gas natural



Nota. La figura fue tomada de Manser Ingenieros SAC (2023)

Otro uso industrial relevante del gas natural es en el suministro como fuente de calor en calderas o generadores de vapor pirotubulares para la producción de agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas o vapor saturado, del mismo se le emplea en el sector hospitalario para producción de agua caliente sanitaria y vapor saturado a ser empleado en esterilizadoras, marmitas, planchadoras, lavadoras y otros equipos térmicos. El gas natural es insumo para la producción de hidrógeno, etileno y metanol a través del proceso de "reformado" y para la obtención de hierro esponja en empresas siderúrgicas. El hidrogeno se emplea para producir amoniaco para fertilizantes. (Aguilar, 2022)

c. Gas Natural vehicular.

El gas natural es el de combustible muy apropiado para el uso vehicular uso particular y transporte liviano y de carga pesada. Los MCI alternativos que operan con gas natural lo pueden realizar vía gas natural comprimido a 200 bar de presión, almacenados en tanques especiales. Del mismo modo se puede emplear la tecnología automotriz con gas natural licuado, resultando en ambos casos para la ciudad de Lima ahorros de hasta 40 %, según sus horas de recorrido del vehículo. Mientras que en la zona norte los ahorros son menores del orden de 25%. El GNV reduce significativamente las emisiones de gases y partículas contaminantes, del mismo modo tiene un costo inferior a los combustibles convencionales. Para utilizar el gas natural como combustible se pueden convertir los vehículos que utilizan gasohol o biodiesel, dichos motores pueden tener de 4, 6 u 8 cilindros, los cuales utilicen tecnología de inyección electrónica, que en la actualidad es de 5° generación.

d. Sector residencial.

El gas natural se emplea en actividades residenciales, para utilizarlo en procesos de cocinado de alimentos, calentamiento y en algunos casos a través de termas con gas natural, de muy poca difusión en el Perú. El servicio público de suministro de gas natural se realiza a través de redes de baja presión. Se han conseguido ahorros entre 10 a 20 % de la facturación mensual mediante el reemplazo del GLP por gas natural. Además, existe por parte del estado políticas

de promoción del uso gas residencial dando plazo para pagar la instalación interna hasta 5 años. (Baltodano y Huamán, 2012)

2.1.5 Proyectos emblemáticos.

El Plan de Acceso Universal al gas natural es una política de estado iniciado el año 2014 con la finalidad de que personas de escasos recursos económicos puedan acceder mediante gasoductos físicos o virtuales (GNC o GNL), En ese sentido, en el Plan se trazaron la cobertura de masificación del gas natural para el sector residencial en la zona sierra que incluye las ciudades de Abancay, Andahuaylas, Huamanga, Huanta, entre otras. (Primera etapa). Distribución de Gas Natural por red de ductos, para las ciudades de Arequipa, Camaná, Moquegua, Ilo y Tacna (Segunda Etapa). Distribución de Gas Natural por red de ductos, abastecidos por GNL, en ciudades del norte del Perú. (Medina, 2020)

La zona norte incluye a las de Huaraz, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo y Cajamarca las cuales son administradas por la empresa Quavii (Gases del Pacifico) la cual ha desplegado una infraestructura para la cobertura de gas natural residencial en cerca del 50 % de la población de la ciudad que resultaría beneficiaria. El abastecimiento de gas se realiza vía gasoducto virtual. (Medina, 2020)

En el proyecto de masificación bajo la concesión de QUAVII S.A el suministro de GNL proviene desde la planta de licuefacción de PERU LNG ubicada cerca de Pisco, en el cual el GNL se transporta a -161°C y 1 bar de presiones en cisternas criogénicas debidamente aisladas. Luego llegan a las ciudades de la concesión norte a una planta de regasificación del GNL. A diferencia en las áreas operadas por Cálidda Gas Natural y Contugas de Ica se conectan directamente al sistema de transporte físico administrado por TGP. (Medina, 2020)

2.2 Estación de regulación y medición.

2.2.1 Características.

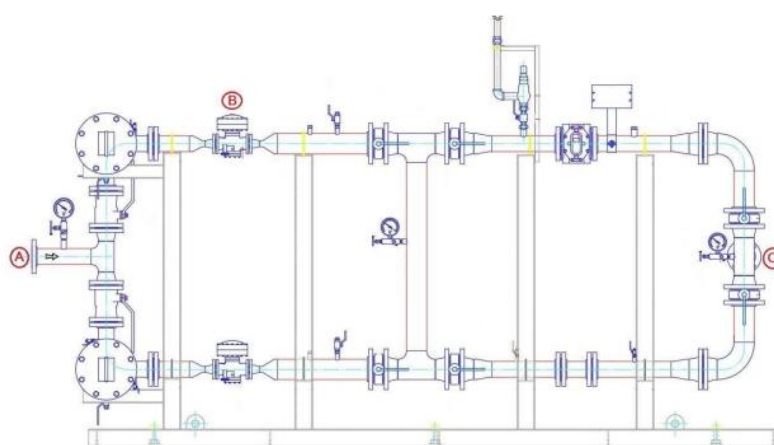
El gas natural suministrado a una empresa industrial o de servicio o a un conjunto de usuarios residenciales requiere de condiciones de presión del gas natural para una

adecuada y segura distribución. Para ello se han ubicado instalaciones especiales que tienen por finalidad regular la presión y medir el caudal de gas natural circulante que se suministra. Estas instalaciones tienen así mismos accesorios de control y seguridad. Debe tener accesorios tal como válvulas de alivio que se activan ante una sobrepresión de gas, y válvulas de bloqueo para el cierre del flujo de gas cuando se requiera necesario. La estación de regulación y medición tiene como función la regulación de la presión del gas natural suministrado con el fin de tener una presión regulada constante y además de la medición del gas suministrado a la instalación. La estación de regulación y medida tendrá según norma una red similar en paralelo a usar en casos de mantenimiento o falla de la red principal. (Renovetec, 2016)

La Estación de regulación y medición permitirá reducir las sobrepresiones a la entrada de la instalación de tal forma que aguas abajo se tenga una presión de servicio máxima para su uso. En el supuesto conato de falla del regulador de presión, se deberá tener una válvula de alivio o seguridad la cual se apertura mecánicamente en caso de fallar el regulador hasta conseguir el valor de la presión regulada. La regulación puede realizarse en 1 o 2 etapas de regulación en cascada según el diseño previsto para la estación de regulación y medición. (Ita, 2021).

Figura 6

Esquema de tramos de una estación de regulación primaria



Nota. La figura fue tomada de Kuzma (2019)

Tabla 2

Criterios de Diseño para el Tipo de Sistema de Regulación

Sistemas de regulación	Consideraciones de diseño
Única etapa	<ol style="list-style-type: none"> 1 Pocos consumidores 2 El incremento de la demanda es muy bajo. 3 Las distancias son cortas. 4 Los cálculos para su diseño no dan valores o resultados para diámetros de gran valor. 5 Otros que la distribuidora considere en el diseño para el proyecto de la red.
Doble etapa	<ol style="list-style-type: none"> 1 Alto número de consumidores. 2 Se considera una demanda futura alta en el corto o mediano plazo 3 La distribución de los usuarios en el área de distribución es dispersa. Bajo nivel de concentración. 4 Los cálculos en su diseño arrojan diámetros de gran tamaño para las tuberías. 5 La longitud de la red de distribución es larga. 6 Otros que la distribuidora considere en el diseño para el proyecto de la red.

Nota. Los datos fueron tomados de la NTP 111.011 (2014)

Regulación de Única Etapa: Consiste en que solo existe un único regulador de presión en la instalación. El regulador debe ser comprado en función a la máxima demanda y con los valores de máxima de caída de presión en cada tramo de la instalación. (Ita, 2021)

Regulación en Dos Etapas: Es un sistema de regulación de presión en cascada, por lo general se reduce la presión hasta un valor de 340 mbar en la primera etapa y luego esta se reduce a presiones de 25 mbar hasta un valor máximo permisible en la línea de suministro según normativa y especificaciones técnicas de diseño y los

valores de máxima demanda y las caídas de presión permitidas en los tramos de distribución. (Ita, 2021)

La Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP) en su diseño se guía según a la NTP 111.011 para el diámetro de tuberías, caída de presión, velocidad requerida, y para la selección de todos sus componentes de paso, alivio, regulación, corte y medición. (Kuzma, 2019)

Las estaciones de servicio interrumpible se caracterizan al estar formados por un único tramo de regulación, compuesto por 01 válvula de bypass y las estaciones de servicio continuo se caracterizan por tener un doble tramo en paralelo, de idéntica capacidad, en este caso una de las redes está en condición de stand by o emergencia en caso de falla de la primera línea. (Castillo, 2019)

Cada línea o tramo de la ERMP debe contar como 1 o 2 filtros tipo cartucho para retener las impurezas que en suspensión puede tener el gas natural, uno en operación y el otro en stand by o reserva; intercambiadores de calor (necesarios para la reducción de la presión en más de 10 bar y en lugares frías, de uso obligado en estaciones de la categoría II); válvula de alivio para máxima y mínima presión, regulador de presión y, un medidor de caudal. Se deberá contar con 2 juntas dieléctricas, a la entrada y a la salida con la finalidad de aislar eléctricamente la estación del resto de componentes de la instalación, del mismo modo un circuito de puesta a tierra y medidores de presión y de temperatura. (Castillo, 2019)

2.2.2 Componentes.

- Válvulas de cierre.

Las válvulas son accesorios de uso necesario en una instalación, ya que deben cumplir con la función de controlar el flujo del gas natural, y también permiten bloquear el flujo para los casos en que se requiera aplicar mantenimiento preventivo o correctivo a los componentes de una instalación. Se tener 2 válvulas de cierre, ubicadas aguas abajo y aguas arriba. Por lo general están fabricadas de acero laminado. El valor de su diámetro debe ser el correspondiente al de la red de tuberías a la cual forma parte. (Castillo, 2019)

Los tipos de válvulas de cierre son: Válvula de compuerta, de mariposa, de bola, de macho cónico y de laminación. (Castillo, 2019)

Figura 7

Válvulas de cierre y apertura para ERM de gas natural



Nota. Figura tomada de Crisergas (2021)

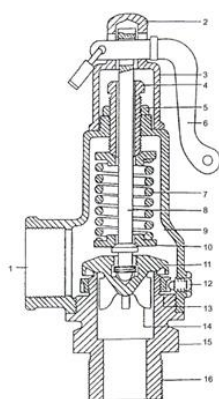
- Válvulas de seguridad.

Son dispositivos que permiten aliviar la presión en casos de sobrepresión dentro de una red, también se les conoce válvulas de seguridad o de alivio, se les selecciona con la finalidad de aliviar la presión cuando toma un valor superior de tal forma que supera el límite preestablecido de operación. Previenen al sistema de redes o la instalación de posibles explosiones o fallas en los equipos por exceso de presión. También se cuenta con válvulas de alivio de la presión de un gas en el caso de que la temperatura sobrepase el valor límite establecido por los fabricantes. Se considera como norma luego del sistema de medición una presión de apertura 10 % superior a la sobrepresión indicada por los fabricantes de reguladores, mientras que la presión de venteo, deberá ser 10 % superior a esta. Mientras que aguas arriba, la válvula de seguridad tendrá como presión de apertura un valor 10 % inferior que la presión de dimensionamiento de la instalación. (Velásquez, 2015)

Las válvulas de alivio de presión, se diseñan para aliviar la presión preestablecida (presión de tarado). Tienen por fin en la red de tubería aliviar los excesos de presión. El bloqueo por sobrepresión se realiza según lo normado y especificaciones técnicas S-DIO-049, valido para válvulas de bloqueo por sobrepresión de 3" a menos, la cual deberá ser hasta 20% por encima del valor de la presión regulada. (Castillo ,2019)

Figura 8

Válvula de seguridad



Nota. La figura fue tomada de Contugas S.A (2023)

- Sistema de filtrado.

En condiciones de operación normal, algunos elementos pueden formar hidratos que al reaccionar dentro de las tuberías de acero que transporta el gas a elevada presión y para tramos muy largos, se forman sustancias nocivas formadas por óxido de hierro, con lo cual por norma es seguro instalar 02 filtros del tipo cartucho con el objetivo de retener las partículas de diversos diámetros. Pudiendo captar hasta pequeñísimas partículas de polvo negro (menores a 1 micra). (Casana & Murillo, 2017)

Los filtros son accesorios seleccionados con el fin de retener las partículas extrañas al gas natural contenidas dentro de el que pueden afectar el suministro normal de calidad. Los filtros deberán garantizar la retención de las partículas superiores a 5 micras contenidas o en suspensión del gas natural. Según el código ASME B 31B, se reglamenta las características técnicas obligatorias que deberá

cumplir la Estación de Medición y Regulación de Gas Natural. Los filtros deben seleccionarse según los requerimientos de la red en la cual se identifica la necesidad de ubicar un tipo de filtrado: Presión de la línea, Diferencial de presión a través del equipo, tamaño máximo permitido de partícula después de filtración, La vida útil de un filtro no está ligada a su calidad, sino a la mayor de empleabilidad que se le da en el punto donde está instalado. Se recomienda una inspección y adecuado mantenimiento preventivo de los filtros según las horas de uso recomendadas por el fabricante, para evitar la saturación de estos y un posterior deficiente filtrado. (Melgar, 2011)

Filtro tipo cartucho: Los filtros de una estación de regulación y medición primarias o secundarias que operan a presión regulada receptoras, que trabajan a la presión regulada, por lo general son los de tipo cartucho. La carcasa exterior está constituida por un cuerpo cilíndrico de acero, la cual presenta tuberías de ingreso y retiro del gas, consta de un tapón que permite el retiro del cartucho del filtro para aplicar su debido mantenimiento y además cuenta con una válvula de purga (o de descompresión) que permita retirar los condensados formados en la red. El cartucho está formado por un cilindro de lámina perforada sobre el que se adecua por el exterior el elemento filtrante, el cual por lo general es de fibra sintética. Cuentan con manómetros tanto a la entrada como a la salida para poder visualizar las posibles de presión que se puedan presentar por obstrucciones o saturación del elemento filtrante. El gas se desplaza entre el cuerpo externo y el cartucho filtrante, y sale a través de la parte central del elemento filtrante luego de la operación de filtración. (Castillo, 2019)

El elemento filtrante según norma deberá contar con un indicador de operación de 2 cm^2 por cada Nm^3 de gas natural como mínimo. Los filtros pueden en ciertos casos estar dispuestos angularmente o en dirección al flujo. Los desechos atrapados por la red caen en el área inferior de la carcasa del filtro (en algunos diseños) o se limpian por la fuerza. Durante el servicio, los desechos acumulados en el área inferior se eliminan a través de una abertura, que permanece cerrada por un tapón en el momento en que se opera el filtro, la frecuencia de limpieza es según las horas de uso por recomendación del fabricante. El filtro deberá retener,

por lo menos: polvo: 98 % hasta 5 micras y agua: 100% hasta 20 micras.
(Castillo, 2019)

Figura 9

Filtro tipo cartucho



Nota. La figura fue tomada de Tecnogas S.A (2023)

Filtro magnético: Este tipo de filtro se caracteriza por su propiedad de poder separar las partículas ferromagnéticas contenidas dentro del flujo de gas natural y que, por contacto con las tuberías, se han desprendido de su superficie y son arrastrados corriente abajo por el gas natural. El separador magnético que cuenta con una rejilla se ubica en el centro del filtro. Una segunda rejilla contiene un tubo menor que el de la rejilla primera y el tamiz magnético el cual por su naturaleza magnética atrae a las partículas metálicas que fluyen dentro del gas natural, por lo general el tamiz magnético está formado por imanes permanentes muy fuertes que atraen partículas menores a 5 micras. (SOLAU,2018)

Las partículas magnéticas capturadas se alojarán en la parte trasera de los tamices magnéticos de tal forma que no impiden la acción continua del filtro ni obstruyen el paso del gas natural. Para que la separación sea de alta eficacia se emplean imanes de neodimio NdFeB de alta capacidad magnética. Durante el proceso de mantenimiento, se deberá primero sacar el cuerpo del separador, los núcleos magnéticos son desplazados a su posición superior a través de una palanca de

mando y las impurezas ferromagnéticas retenidas caen espontáneamente (en algunos casos se puede dar un lavado con agua a los tubos ferromagnéticos). (SOLAU,2018)

- Regulador de presión.

Son los elementos encargados de reducir la presión del flujo de gas. Los accesorios se ubican en la estación de regulación dispuestos a la entrada y salida de la instalación, cuan más alta es la razón entre la presión de ingreso y la presión de salida, entonces se deberá contar con un mayor número de etapas de regulación. En ciertos casos en los cuales la regulación del gas no se realiza correctamente, se producen ruidos y variación de temperatura en la red. (Formando hidratos o condensados contenidos en los hidrocarburos). (Melgar, 2011)

Los reguladores de presión son accesorios que disminuyen la presión del gas en la entrada del elemento hasta una presión regulada menor en la salida. La pérdida de carga producida por el flujo de gas natural circulante se genera al hacer fluir a la corriente de gas a través de un orificio de sección tipo “S” menor a la de circulación del gas. El sistema más simple está formado por un orificio, descubierto por un obturador (válvula simple de retención), la cual es operada manualmente, para tener la presión requerida. De acuerdo al régimen de flujo del gas natural a través del orificio, se tendrá una relación entre las presiones de entrada y salida, y el caudal del gas natural, en condiciones normales de temperatura y presión. (Casana & Murillo, 2017)

A la falta de existencia de flujo, cuando la presión de salida es superior al valor de ajuste del piloto del regulador, el piloto se obtura y la presión de ingreso recarga de forma completa la caja del resorte que forma la válvula principal por medio de la conexión de carga del piloto regulador. El gradiente de presión presentado a través del diafragma suministra el impulso necesario al resorte para obturar la válvula. Cuando ocurre una demanda de flujo del sistema aguas abajo, la caída de presión a la salida se reduce, con lo cual el piloto se apertura y la presión de salida se alivia con rapidez dentro del alojamiento del resorte de la

válvula principal. La disminución de la presión sobre el diafragma permite a la presión de entrada levantar de forma progresiva el diafragma de la placa de la válvula reguladora, aperturándose la válvula y cubriendo la demanda de gas natural según lo requerido. (Melgar,2011)

Las características técnicas de un regulador son:

Fidelidad: Cuando al ser instalado en similares condiciones de presión a la entrada y flujo, en una determinada regulación establecida, para un proceso de régimen permanente, se mantiene siempre constante la presión de salida.

Precisión: La diferencia entre los valores máximos y mínimos de la presión de salida en una determinada regulación del accesorio se mantienen como una mínima variación. (Castillo, 2019)

Sensibilidad: Debido a imperfecciones mecánicas, cuando la demanda u operación varia, el obturador permanecerá sin movimiento durante un tiempo, sin ser afectado significativamente.

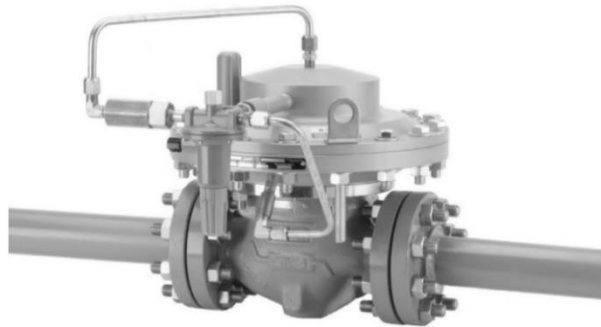
Estabilidad: Al presentarse una perturbación (variabilidad de la presión o el caudal de gas natural) el sistema de regulación reaccionara para mantener la presión requerida.

Estanquidad al cierre: Por lo general es necesario cerrar el obturador, con la finalidad de evitar sobrepresiones o reducciones bruscas de presión. (Castillo, 2019)

Regulador de acción directa:

A bajas presiones, generalmente por debajo de 0,07 bar / 1 psig, este tipo de reguladores presentan un control alta precisión ($\pm 1\%$). Para niveles de control para elevadas presiones, hasta 34,5 bar o 500 psig, pueden tener un control variable entre 10 al 20% del rango de presión en unos instantes antes de establecer la presión requerida. El regulador de presión de accionamiento directo permite la detección de la presión aguas debajo de la instalación por medio de un registro interno de la presión o la línea de control externa. Para esto la presión después de la estación se opone a un resorte que mueve el diafragma y al obturador de la válvula.

Figura 10

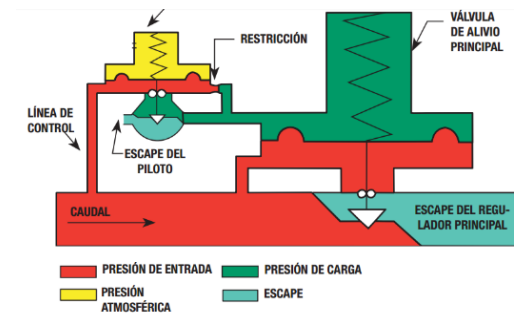
Regulador de acción directa

Nota. La figura fue tomada de Contugas S.A (2023)

Reguladores pilotados.

Los reguladores con piloto son utilizados para aquellos casos en los cuales los caudales son altos o para instalaciones que necesitan un control de precisión de la presión y es maniobrado por piloto con control de 2 vías. El diafragma de la válvula principal actúa con rapidez a las bruscas variaciones de presión después de la estación, produciéndose una corrección instantánea en el obturador de la válvula principal. Así mismo, el diafragma del piloto desvía parte de la presión de entrada al otro lado del diafragma de la válvula principal, con lo cual se controla la posición final del obturador. El control de dos vías es de mayor precisión.

Figura 11

Regulador pilotado

Nota. La figura fue tomada de Contugas S.A (2023)

- Sistema de odorización.

En aquellas instalaciones suministradas con gas natural sin odorizante y que poseen equipos de un proceso industrial, tal como secadores, generadores de agua caliente, etc., es necesario la instalación de un sistema de odorización. (Castillo, 2019)

Se caracterizan por ser sistemas de odorización por arrastre, en el cual su requerimiento es función del caudal demandado. Se emplean 2 modelos.

Odorización por Mecha El odorizante contenido dentro del recipiente asciende a través de una mecha y se difunde dentro del caudal de gas circulante.

Odorización por Derivación Se deriva una fracción del caudal de gas natural en el orden del 0.2 %, hacia un recipiente que contiene al odorizante arrastrando los vapores del odorizante, y regresando otra vez a la corriente principal. (Castillo, 2019)

- Sistema de medición de flujo.

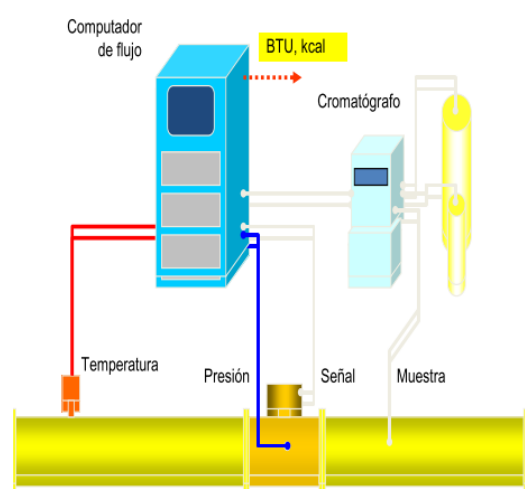
La medición del flujo de gas natural en la estación de regulación y medición permite la medición fiscal y transferencia de custodia, por lo tanto, los equipos deben ser homologados y certificadas a través de órganos competentes y autorizados según la normatividad vigente, para su montaje por los instaladores y tomado en cuenta en su requerimiento para los usuarios. Para determinar las consideraciones técnicas del sistema de medición se considera que el transporte y distribución del gas natural se cuantifica en volumen, así tenemos para el aspecto industrial se debe tener en cuenta la medición de caudal en equivalente de unidades de energía. (Castillo, 2019)

El sistema de medición empleado toma lecturas procesadas en una unidad de corrección, la cual recibe también señales de temperatura, presión y análisis cromatográfico del gas natural con el cual emite valores en unidad de energía por unidades de tiempo normales (0°C y 1 bar). El medidor de flujo que permite el registro directo del volumen de gas es de tipo diafragma o rotativos, y también son muy utilizados en los consumidores de baja demanda. En el sector industrial de mediano y alto consumo de gas natural se tienen medidores de flujo de gas

natural de tipo diferencial, que operan según la ecuación de conservación de la energía (del tipo Orificio, Venturi, Pitot, Annubar, Tobera, etc.) y también están el medidor de línea (Turbina, Vórtice, de Coriolis y Ultrasonidos que emplean transductores para lectura de caudal y no necesitan romper la tubería para su instalación) (Castillo, 2010)

Figura 12

Sistema de medición de energía total



Nota. La figura muestra la tecnología de medición de flujo y fue tomada de Castillo (2019)

Medidor de orificio: Son dispositivos de mayor uso para la medida de caudal de gas natural. Se fundamentan en el principio de caída de presión de un fluido que al circular por medio de una obstrucción provoca un aumento de la velocidad del gas trayendo como resultado la disminución de la presión del mismo. Esto provoca que se ubique una placa orificio la cual incrementara la caída de presión, originado por el aumento del caudal y en viceversa. Esta muy implementado su uso no solo para mediar gases, sino vapor saturado y sobrecalentado, que se encuentran a temperaturas superiores a 150°C. Se requiere de un montaje y un plan de mantenimiento de la placa para mantener una precisión entre $\pm 2\%$. (Sandoval, 2019)

La medición de gas por medio placa orificio se fundamenta en la oposición al paso del flujo que provoca una diferencia de presiones la cual se relacionara con la velocidad del gas y a partir de la cual puede calcularse el incremento de flujo o caudal según el caso. Se tienen dos tomas, antes y luego de la ubicación de la placa, las cuales toman la señal de altura de presión y envían la información a una unidad diferencial, donde se descuenta el valor de la presión estática, obteniéndose la presión diferencial neta por medio de un orificio y a un resorte del tipo Bourdon donde llega la señal de presión estática. El medidor de la placa de orificio está formado por una sección de tuberías aguas arriba y abajo con medidas normalizadas según la ANSI/API 2530 (GPA 8185). La placa del orificio se ubica perpendicularmente al paso del flujo montada en bridas. (Sandoval,2019)

Medidor de coriolis: Los medidores de Coriolis se emplean en la industria de explotación de petróleo crudo para determinar la producción. Se fundamenta en la comparación de la densidad de emulsión con las densidades de referencia del aceite y del agua. Empleando factores de ajuste para el corte y para la densidad del agua y para el flujo de la emulsión. Son medidores compactos, poseen un altísimo rango (20: 1) y es de gran precisión ($\pm 0.2\%$). Dentro de los inconvenientes de uso se tiene: alto costo, donde el material de fabricación cuando no es compatible con el líquido a ser medido. (Melgar, 2011)

Medidor tipo turbina: El Medidor de medidor de flujo de turbina serie 1500 es un dispositivo de transmisión y medición del caudal volumétrico ampliamente utilizado en la industria del petróleo para realizar mediciones precisas de hidrocarburos y otros fluidos de proceso relacionados. Las líneas limpias y la configuración simple del medidor aseguran velocidades de flujo más altas, rangos de caudal más amplios y capacidad de rendimiento continua. La Turbina serie 1500 es ideal para aplicaciones que requieren resolución de alta frecuencia. Los medidores de velocidad tipo turbina poseen un tramo recto de tubería, dentro de su interior se monta un accesorio similar a una hélice o turbina, sobre cojinetes de apoyo y con su eje en medio de la tubería. (Emerson,2011)

Un medidor de turbina posee en su estructura un conjunto de alabes dispuestas sobre un rotor y ubicada en el eje de la línea de flujo. El flujo de gas gira los alabes, con lo cual su velocidad angular es proporcionalmente directa con la velocidad del fluido que se encuentra en proceso de medición. Los métodos de transmisión señales para medir la velocidad angular del rotor varía según el fabricante y tenemos los siguientes: Pulsos magnéticos que sensan las revoluciones, registradores ópticos, relación de engranajes. El medidor de turbina posee una amplia gama de aplicabilidad excepto para fluidos de alta viscosidad. (Melgar Galvez,2011)

Medidores ultrasonido: Este tipo de accesorios de medición tiene un alto impacto en la distribución y transporte de una amplia gama de fluidos, en donde por su característica de ser medidores externos al ducto le permiten un alto grado de aplicabilidad, además de su gran precisión en la medición, adaptabilidad en tuberías desde 1° a 30” así como su capacidad de cambiar de ubicación. Son dispositivos de medición que emplean señales acústicas para determinar la velocidad de un fluido en un ducto. Se basa en la operación de 02 transductores dispuestos fijamente a la largo de la pared externa del ducto. Las caras de los transductores poseen geometría definida. Los pulsos acústicos ultrasónicos emitidos por un transductor son recepcionados por el otro transductor y viceversa. Emplean el efecto Doppler para su funcionamiento. (Sandoval,2019)

Figura 13

Medidor ultrasónico Emerson 3410



Nota. La figura fue tomada de la empresa Emerson Web (2023).

2.2.3 Estaciones de regulación y medición secundaria.

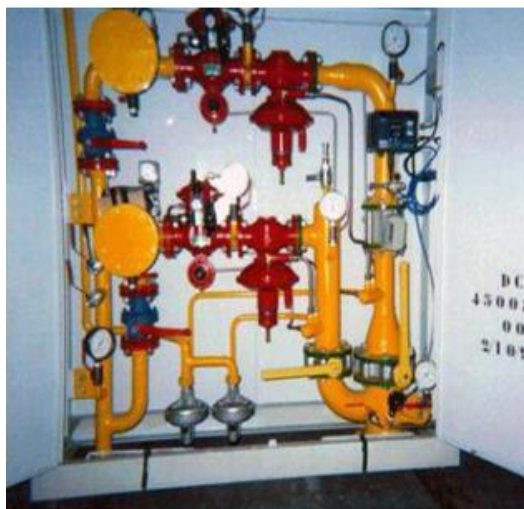
En el caso de la presión de uso de los artefactos de consumo es muy diferente al valor de la presión regulada de la red de distribución, es preferible la ubicación de una Estación de Regulación Secundaria. Son conocidas como subestaciones de regulación, están formadas por un conjunto de accesorios dispuestos con el objetivo de regular de forma automática la presión del gas natural, están ubicadas aguas abajo de la estación de regulación y medición primaria, siendo montadas en lugares accesibles y contando con una adecuada protección. Para ciertos casos en el cual resulta difícil el acceso, se instalan en lugares convenientes una válvula de cierre rápido y de acción manual que obture la estación secundaria. (Castillo, 2019)

Los elementos con que se cuenta la estación secundaria están diseñados para soportar la presión de diseño de la ERMP:

- Válvula manual de cierre o bloqueo rápido.
- Sistemas de regulación o reducción de presión, con sistemas de venteo hacia el exterior.
- Manómetros, con válvula de venteo, para puesta en marcha y purga, para los casos que debido a la distancia hacia la estación de regulación y medición primaria lo requiera. (Castillo, 2019)

Los sistemas de regulación y reducción de presión deben estar instalados entre elementos que permitan un fácil retiro y reemplazo. Esta normado el empleo de by-pass de regulación manual en las estaciones secundarias. Las válvulas de venteo de los reguladores deben tener la siguiente presión para derivar los excesos lo más alto posible. En el caso de instalaciones dispuestas aguas abajo de las estaciones secundarias no soporten la presión máxima de alimentación, se debe procurar la instalación de válvulas de seguridad para evitar los casos de sobrepresiones. Se pueden montar válvulas reguladoras de presión, con sistemas de seguridad incorporados. La presione de venteo de la válvula de seguridad se calcula de forma idéntica a los de las ERMP, con la diferencia de que estas últimas son más robustas en dimensiones y en peso. (Casana & Murillo, 2017)

Figura 14

Estación de Regulación secundaria

Nota. La figura fue tomada de Castillo (2019)

i. Consideraciones de diseño.

Para un proyecto de estaciones de regulación y medición, se debe tomar en cuenta los detalles siguientes:

- Presión mínima del gas a suministrar.
- Presión máxima del gas a suministrar.
- Pérdidas de carga dentro de las tuberías y accesorios que forman la estación.
- Incremento de presión disponible en la línea de regulación.
- Presión de consumo de usuarios.
- Demandas de gas en distintas horas del día. (Castillo, 2019)

La Estación de recepción y medición permite la conducción del caudal demandado por la instalación interna en planta, permite la reducción de la presión que proviene desde la red de media o alta presión ubicada en la vía pública, proporciona el control automático necesario y seguro sobre la presión, con el objetivo de dar protección a los equipos que se ubican luego de la estación, los cuales se diseñan con una presión mucho menor de operación, además deberá realizar la lectura del caudal de gas natural que fluye por el medidor de la estación de regulación y medición primaria (la cual es fiscalizada para nuestro caso por el OSINERGMIN) para la facturación del consumo de gas natural. Debe estar dispuesta sobre una estructura metálica

montada en una base de concreto armado centrifugado debidamente aislado y sobre un nivel de 15 cm del terreno circundante, además por norma se deberá contar con puertas de acceso con carteles preventivos con las leyendas siguientes “gas”, "se prohíbe fumar y/o hacer fuego" y “no se permite el ingreso a personas”. (Chavez,2017)

Velocidad máxima del gas natural a través de ductos: La velocidad representa una variable relevante para el diseño del diámetro de una tubería, esto es, una baja velocidad puede llegar a sobredimensionar la instalación (tuberías y componentes) y un sobre costo y por otro lado al tener una velocidad excesiva, está por fricción ocasiona pérdidas de carga primarias y secundarias en todo el sistema. Cuando se necesite de un sistema de filtrado del fluido para poder dar protección a los equipos de medición, regulación, quemadores que puedan presentar obstrucción al paso de flujo de gas, se pueden permitir valores de velocidad hasta de 40 m/s, debido a la caída de presión producida en el filtro. En el caso de que no se considere filtros la velocidad máxima recomendable de 20 m/s. (Sánchez & Álvarez, 2006)

La velocidad máxima admitida para un tramo de flujo de gas natural provoca ruido, caídas de presión y las consecuencias que genera la presión del sistema. La siguiente fórmula permite establecer un límite de velocidad dependiente de la constante A y de la densidad del gas. La velocidad del diseño es menor que la velocidad máxima.

$$v = \frac{A}{\rho^{0.5}} \dots \dots \dots (1)$$

Dónde: A es una constante igual a 146 y ρ es el valor de la densidad del gas natural en kg/m^3 .

Caída de presión: Habiéndose determinado la demanda de gas, longitud total de cada tramo, dimensiones y material de fabricación, presión y temperatura de operación, se utilizará la ecuación de Pole en el dimensionamiento de la red de distribución en función a las consideraciones siguientes:

- Para presiones de la red de distribución menor o igual a 70 mbar, la suma de todas las pérdidas de carga deberá ser inferior a 5 mbar, según la fórmula de Pole.
- Par el caso de presiones superiores a 70 mbar, la caída de presión deberá ser inferior o igual al 10%, y se determina según la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100\% \leq 10 \% \dots \dots \dots (2)$$

Diámetro de la tubería: La elección del diámetro nominal de la tubería se determinará en función a las pérdidas totales de carga y la velocidad del fluido, la cual estará en relación directa al valor del caudal, longitud de tramo, presión y temperatura (a condiciones estándar y trabajo) y el costo de fabricación de los materiales. (Sánchez & Álvarez, 2006)

Longitud total del tramo de tubería: La longitud total de la tubería está formada por la longitud del tramo, sumada la longitud equivalente (Le) de todos los accesorios dispuestos en cada tramo. La longitud total del tramo está compuesta por la longitud de los tramos rectos sumada la longitud equivalente de cada accesorio. (Sánchez & Álvarez, 2006)

Densidad: La densidad relativa de un gas con referencia al aire evalúa la relación existente entre las densidades del gas y del aire bajo idénticas condiciones de referencia.

- Cuando el valor Densidad < 1, entonces el gas es de menor densidad con respecto al aire de tal forma en caso de fuga el gas puede ascender con rapidez evitando posibles siniestros.
- Cuando la densidad > 1, el gas resulta más pesado que el aire, y para casos de fugas, estos tienden a acumularse cerca del ras del piso, con la posibilidad de generarse siniestros. Por ejemplo, el G.L.P formado por butano y propano. (Sánchez & Álvarez, 2006)

Flujo del gas natural en estado inestable: Esto se presenta en los casos de que existe un mayor retiro del gas demandado que el que puede suministrarse, generando una depresión en la red de distribución. Durante los periodos de tiempo de demanda máxima, la demanda del gas excede al caudal del gas circulante generándose una caída de presión en la red de distribución. Para poder determinar un posible comportamiento de la presión en la red, se debe aplicar la ecuación de Bernoulli de conservación de la energía y luego desarrollar un modelo de solución similar al comportamiento en estado transitorio de la red, a este proceso se denomina flujo inestable. (Melgar, 2011)

Condiciones standard: Esta referido al gas natural que ocupa 1 m³ a la temperatura de 15°C y presión absoluta de 1 013 milibar según lo dispuesto por la empresa reguladora OSINERGMIN. (Osinergmin, 2009)

2.3 Red interna de gas natural.

2.3.1 **Generalidades:** Los cálculos de la red serán realizados según la demanda máxima requerida y para esto se debe considerar las condiciones estándar, para poder corregir aquellos casos en los cuales por altitud a por temperaturas extrema se alteren las propiedades del gas natural fiscalizado. Deberá tenerse en cuenta un factor por ampliación de las instalaciones futuras y factor de simultaneidad para los casos en que exista coincidencia en el consumo de varios equipos o artefactos. Los componentes de la instalación desde el punto de suministro hasta el lugar de consumo deberán dimensionarse con la consideración de seguridad según la normatividad vigente. Los elementos conformantes de la red interna tal como los sistemas de regulación se dimensionan en función a la presión máxima que pueden soportar, agregando los factores para las sobrepresiones y así mismo deberán contar con válvulas de bloqueo, cierre, alivio y medidor de caudal. (Chávez, 2017)

Detalle del suministro: El tramo de tubería desde la válvula de bloqueo de suministro de la empresa distribuidora a la entrada al regulador de la ERMP, se tendrá en cuenta para determinar un valor de caída de presión máxima no mayor a 10 % de la presión mínima con la cual se suministra. El diseño incluye la ubicación y el trazado interno y metrado del sistema de ductos de la instalación incluidos todos

los accesorios, el diseño de la red por tramos y derivaciones, deberá tener la capacidad para abastecer la demanda instantánea del consumidor. (Chávez, 2017)

Una óptima regulación de presión dentro de la red interna permitirá un óptimo funcionamiento de los quemadores que utilizan gas, la cual tiene una presión de servicio entre 20 a 22 mbar. La regulación debe realizarse según el valor de la presión de entrada a la planta desde la red de distribución que de acuerdo al DS 040-2008-EM es de 10 bar como máximo, es por ello que en las ERMP se regulara la presión de salida en un valor promedio de 4 bar y luego deberá regularse la presión en el caso de existir una estación secundaria a un valor normado de 0,360 bar, entrando en los quemadores a una presión regulada de 0,020 bar para una adecuada combustión aire-gas. (Chávez,2017)

Consideraciones para la red interna: Los tramos de una red interna comprendidos entre 2 etapas de regulación se calculan con una caída máxima de presión del 20% al comienzo de cada tramo. Los tramos de tuberías que suministran directamente a artefactos de consumo serán calculados de tal manera que la presión entre el regulador y los artefactos consumidores no exceda el 10 %. Para los medidores de baja presión, la pérdida de carga mínima admitida es 1,1 mbar. Para un sistema de medición que tenga una placa limitadora de caudal, se considerara que esta genera una caída de presión de 12 % del valor de la presión. Para los tramos de tubería con presiones de servicio similares o menores a 0,034 bar no deberá tenerse una caída de presión mayor a 0,95 mbar, y según la NTP 111.010 la velocidad no deberá ser nunca mayor a 30 m/s. (Chávez, 2017)

2.3.2 Tuberías de la red interna.

En las redes de distribución interna del sector industrial se pueden emplear: acero, cobre y polietileno (PE). La selección del material es función de los siguientes criterios:

- El lugar de ubicación del tendido de la red.
- La presión interna de trabajo.
- El diámetro del ducto.
- Los riesgos por oxidación galvanica.

- Factores de deterioro.
- Disponibilidad del material en stock en la localidad.
- En el caso de redes subterráneas, el material a emplearse por norma debe ser acero revestido, polietileno o cobre revestido, y para redes exteriores se emplea acero o cobre, los cuales son más resistentes a posibles daños. (Chávez, 2017)

2.3.3 Tuberías de cobre: Deberá estar fabricado de material sin costura, de paredes internas lisas, deberá tener una alta resistencia a las presiones internas de operación y soportar esfuerzos mecánicos.

Las características son:

- Elevada resistencia a la oxidación.
- Alto punto de fusión cercano a 1 083 °C, lo que permitirá en el supuesto caso de siniestros, la tubería demore en fundirse.
- Invulnerabilidad, ante un ataque de parte de los gases que fluyen dentro del debido a su constitución química.
- Pérdidas de carga despreciables, por bajo coeficiente de fricción de su superficie interior lisa.
- Los tubos de cobre empleados en fontanería así sean para redes de agua o gases se denominan con códigos K, L, y se elaboran según lo normado por la ASTM B88. (Acosta, 2018)

Las tuberías de cobre tipo K son empleadas en presiones de servicio mayores a 1,4 kgf/cm², mientras las tuberías de cobre tipo L son empleadas en las redes internas de baja presión para gas natural hasta presiones de 1,4 kgf/cm². (Acosta,2018)

2.3.4 Tuberías de acero:

Las tuberías de acero se instalarán a lo largo de la extensión de la red de distribución interna y puntos de consumo dentro de una planta. Sus características son las siguientes:

- Emplean tuberías de fierro negro y de fierro galvanizado sin costura fabricados según norma ANSI/ASME B36.10, ASTM A 53 u otra equivalente para el transporte de fluidos.
- Tienen un alto punto de fusión igual a 1 535 °C.

- Debido a ser propenso a la oxidación, se le somete a un tratamiento térmico para protección catódica, o de recubrimiento con pinturas anticorrosivas. (Acosta,2018)

2.3.5 Tuberías de PE-AL-PE:

Las tuberías PE-AL-PE, se componen de una capa de aluminio traslapado y unas capas interna y externa de polietileno solidariamente unidas con un adhesivo. Estas tuberías tienen la solidez de un metal y la alta vida útil de un polímero. Son fáciles de instalar. Tienen las siguientes características:

- La tubería PE-AL-PE, son fabricadas par transporte de gas natural y GLP, según la normatividad internacional AS 4176, NFPA 54, ISO 17484-1:2006.
- El polietileno lineal HDPE no presenta problemas ante el ataque de la corrosión, a temperaturas ambientales este tipo de polímero no se disuelve frente a soluciones acuosas y poseen alta resistencia a fluidos ácidos, alcalinos y sales agresivas.
- Los tubos multicapa tienen revestimiento interior por plástico anticorrosivo, no genera gases tóxicos, ni tampoco óxidos sobre su superficie, ni permite el crecimiento de microorganismos.
- Son muy fáciles para instalarse, no requieren de accesorios adicionales, ni accesorios de unión complejos, no requieren de uniones soldadas debido a que las tuberías de PE-AL-PE son ligeros, fácil de estibar y almacenamiento, lo cual permite una rapidez en su instalación. (Acosta,2018)

2.3.6 Instalación de tuberías.

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)

Técnicas de uniones son:

Las tuberías de acero en redes de gas natural emplean la técnica de roscado, unión soldada y unión mediante bridas. Se procura instalar las tuberías teniendo en cuenta las distancias mínimas con otras tal como conductores eléctricos, ductos de calefacción u otras instalaciones que de alguna forma pudiesen provocar daños a la red. Las tuberías deben estar montadas correctamente para evitar esfuerzos mecánicos tal como tensiones, flexiones, las variaciones de dirección en las tuberías de metal se deberán efectuar con accesorios normalizados como codos o uniones T, en ningún caso se permite el doblado de tuberías para un cambio de dirección. Se tendrán instalar soportes a ciertas distancias según el peso de la tubería y el volumen de gas circulante para evitar la flexión por peso. (Chávez, 2017)

Tabla 3

Técnicas de uniones para tuberías de instalaciones de gas natural

Material	Técnica de unión		
Cobre	Soldadura fuerte (Temperatura de fusión mayor a 450 °C)		
Polietileno	Unión de tope con termofusión o cuplas de Electrofundición		
Acero	Diametro ≤ 5.08 cm (2")	Diámetro > 5.08 cm (2")	
Fierro negro	Junta roscada o soldada	Soldadura	Bridas
Fierro galvanizado	Junta roscada		

Nota. Los datos fueron tomados de Calidda Gas Natural del Perú.

No se podrán realizar instalaciones de gas natural dentro de otros ductos o canaletas empleadas por otro tipo de fluidos o para otros usos, como, por ejemplo: ductos de ventilación, redes de agua potable o alcantarillado, pozos de ascensores, etc. Para el caso de que las tuberías de gas se instalasen dentro de ductos o canalizaciones, las uniones deberán ser mediante soldadura. Se debe contar con un sistema de ventilación y extracción de gases que puedan acumularse, y del mismo modo deben presentar accesibilidad para los programas de limpieza y mantenimiento programado e inspecciones preventivas. Las estructuras sobre la cual estén fijadas la red de tuberías deberán ser fuertes y además las tuberías no deberán instalarse sin ningún tipo de tensión en su armado, del mismo modo las uniones y accesorios de la red deberán estar visibles. (Chávez, 2017)

Uniones mediante sistemas mecánicos: se emplearán en la unión de elementos o accesorios tales como medidores de caudal, sistemas de regulación, llaves de corte, manómetros, que están montados sobre las tuberías de gas. (Chávez, 2017)

Las uniones mecánicas sólo pueden usarse en tuberías que sean visibles o que estén dentro de canalizaciones o armarios, este tipo de uniones no deberán emplearse en estructuras empotradas dentro de paredes o muros o a través de conductos no visibles o sótanos. Las uniones mecánicas para tuberías enterradas están limitadas a los casos entre tubos de polietileno con tubos de acero o cobre a través de uniones de transición fijos o monobloc. Las uniones roscadas deben estar fabricados con rosca cónica según las normas ISO 7.1, ISO 228.1, ANSI / ASME B1.20.1 sus equivalentes. (Chávez, 2017)

Para conseguir la estanqueidad de una unión roscada, se debe emplear un sello de fibra no orgánica, cinta de teflón o sello líquido (locktite). Está prohibido el empleo en este tipo de uniones el asbesto, el cáñamo u otras fibras orgánicas. Las uniones bridadas se instalarán cumpliendo con la norma ANSI/ASME B16.1 ó ANSI/ASME B16.20. Las juntas de estanqueidad no deben tener asbesto y deberán tener alta resistencia a alta temperatura. Las uniones tipo espárragos y sus tuercas deben estar conforme a las normas ASTM A 193 y ASTM A 194. (Chávez, 2017)

2.4 Sustitución de combustible.

2.4.1 Cuantificación de la demanda.

La determinación de la máxima demanda de combustible se realiza en función al valor nominal del combustible a sustituir en función al valor de placa, teniendo en cuenta que la demanda actual puede ser superada en el futuro, la potencia térmica suministrada por el combustible a ser reemplazado es equivalente a la potencia térmica suministrada, en este caso del gas natural. (Aguilar, 2022)

2.4.2 Quemadores de difusión aire/gas,

La selección del combustible para consumir en los calderos debe tener en consideración criterios técnicos y económicos; para el gas natural se detallan los siguientes criterios:

- El gas natural no requiere almacenamiento, sino fluye a través de tuberías según la demanda, por lo cual no son necesarios tanques de almacenamiento. No realizan precombustión como los combustibles líquidos y sólidos, por el contrario, fluyen desde la estación primaria y las redes internas, alcanzando el gas natural una presión de servicio inferior a 1 bar.
- El gas natural no presenta en su composición cenizas ni inquemados, con lo cual no necesita equipos de recuperación tal como tolvas o depósito para cenizas o separadores de polvo.
- La temperatura de los gases de combustión pueden alcanzar valores cercanos a los 110 °C, lo cual permite la recuperación del flujo de calor sensible el cual se emplea para calentar el aire de la combustión o el agua de alimentación en generadores de vapor de gran capacidad. (Castillo, 2018)

Los quemadores de difusión aire/gas, son el tipo de equipos térmicos de mayor uso en la industria y toman el nombre debido a que el aire y el gas natural se mezclan en las toberas del quemador, dentro del hogar del caldero, mezclándose y generándose la reacción exotérmica de combustión por oxidación por difusión. En estos procesos térmicos el aire debido a su presión representa el flujo dominante, el cual impulsa la mezcla hacia adelante. La presión estática del ventilador y la geometría del tipo de difusor determinarán la forma de la llama y su distancia y la velocidad de reacción. (Barreto & Quiñones, 2014)

El suministro de gas deberá realizarse a baja presión, de tal forma que solo el impulso previo del aire sea el único para el avance de la llama, tampoco se debe tener una elevada presión de aire, ya que esta puede detener el proceso de combustión o conseguir una llama de gran longitud y de baja difusividad o generación de calor de reacción. En otro caso una presión muy inferior tampoco es recomendable. El gas natural llega en puertos del quemador a presiones inferiores a 100 mBar. (Barreto & Quiñones, 2014)

Figura 15

Quemador de difusión

Nota. La figura fue tomada de Quemadores industriales Weishaupt (2023)

2.5 Evaluación económica.

2.5.1 Estructura tarifaria del gas natural.

El año 2013 la entidad estatal Proinversión ejecuto el concurso público internacional del proyecto: "Masificación del Uso de Gas Natural en el Perú", que tiene por objetivo la intensificación del consumo del gas natural, como combustible a emplearse en ciudades en las zonas norte y sur del Perú. El 25 de julio del 2013 se concedió la Buena Pro para la Concesión Norte al Consorcio Internacional Promigas-Surtigas, quien modifico su nombre jurídico a Empresa Gases del Pacífico S.A y luego al nombre de QUAVII S.A durante el inicio de la distribución y comercialización del gas natural. La zona de concesión norte se ejecuta en las ciudades de: Chimbote, Huaraz, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo y Lambayeque. (Campomani & Hernández, 2022)

La estructura tarifaria en la zona de concesión norte para el mes de marzo 2023, es la siguiente:

Tabla 4

Categorías tarifarias Empresa QUAVII S.A

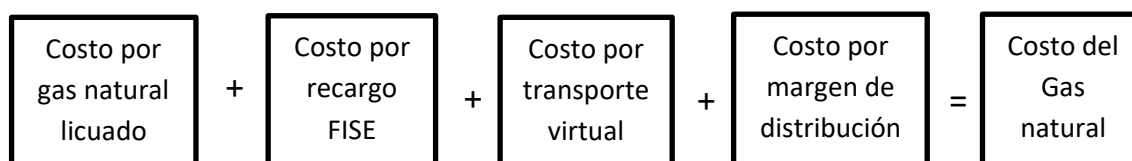
Categoría Tarifaria	Rango (m3/mes)	
	Desde	Hasta
I	0	100
IIA	101	300
IIB	301	1 000
III	1 001	5 000
IV	5 001	38 000
V	38 001	143 000
VI	143 001	280 000
VII	280 001	más
GNV	Según consumo	
Pesca	Según consumo	

Nota. Los datos fueron tomados de la Empresa QUAVII S.A (2023)

Los costos de cada uno de los componentes referidos al consumo de gas natural para cualquier categoría tarifaria es la siguiente:

Figura 16

Estructura de costos para la facturación del gas natural zona de concesión QUAVII S.A



Nota. La figura es elaboración propia.

El costo por el precio del gas natural licuado se compone de la suma de los costos de precio en boca de pozo, transporte por red principal desde Camisea hasta la ciudad de Pisco (en donde está ubicada la planta de licuefacción de gas natural, donde el gas natural se licua) y el costo de licuefacción del gas natural hasta la temperatura de -161 °C y a presión atmosférica (condiciones físicas para su transporte). (Campomani & Hernández, 2022)

Recargo FISE está referido a un impuesto solidario que realizan todos los usuarios consumidores de gas natural y permite incrementar el Fondo de Inclusión Social Energética, el cual es un subsidio destinado para apoyar a los usuarios consumidores de menores o escasos recursos económicos o vulnerables. (Campomani y Hernández, 2022)

El transporte virtual está referido al costo de transporte del gas natural licuado desde Pisco a Chimbote por medio de camiones criogénicos o es el costo asociado de transportar el GNL desde un productor (Planta de Pampa Melchorita) hasta el punto de suministro a través de camiones criogénicos hasta la planta de regasificación ubicado en el PJ 3 de octubre (Nuevo Chimbote). (Campomani y Hernández, 2022)

Margen de distribución: Referido a los costos a reconocer por la distribución del gas natural en una zona de concesión, tiene 4 componentes diferenciados aplicar según el tipo de consumidor y su categoría tarifaria, así tenemos: comercialización, promoción, capacidad y distribución por redes. (Campomani y Hernández, 2022)

2.5.2 Valor Actual Neto.

Representa la técnica de evaluación de la rentabilidad más empleado para la evaluación de proyectos de inversión a largo plazo. Este indicador de rentabilidad permite determinar si la inversión cumplirá con el objetivo financiero de la maximización de la inversión. El valor actual neto es función de lo siguiente:

- La Inversión Inicial (I) esta referido al valor monetario del desembolso que se realiza al inicio de la inversión. Dentro de este monto están el valor de los activos fijos, la inversión y el capital de trabajo.
- Los Flujos de Caja: Corresponden a los flujos de caja futura (egresos e ingresos) para determinados periodos de tiempo.
- La tasa de descuento: Referida a la tasa comercial del mercado o finanzas normado, la tasa de descuento refleja la oportunidad perdida de gastar o invertir en un proyecto, también es conocida como tasa de oportunidad.
- Número de años de duración del proyecto o vida útil del proyecto.
- La metodología de obtención del valor actual neto consta en descontar al instante actual todos los flujos de caja (ingresos menos egresos, o los beneficios

netos) futuros del proyecto. Al resultado se le restara la inversión inicial realizada, de tal forma que el nuevo resultado calculado representa al valor actual neto del proyecto efectuado a evaluar. (Aguilar, 2022)

Al evaluarse el valor actual neto se tienen los siguientes casos:

- Si el valor actual neto > 0 , La Inversión genera beneficios económicos sobre la rentabilidad meta, por lo consiguiente, el Proyecto se acepta.
- Si el valor actual neto < 0 , la Inversión producirá beneficios económicos por debajo de la rentabilidad, por lo consiguiente, el proyecto debe rechazarse.
- Si el valor actual neto $= 0$, la Inversión no produce ganancias ni pérdidas, con lo cual el proyecto no aportara valor economico por encima de la rentabilidad meta, se debe tomar algún otro criterio para la toma de decisiones. (Aguilar, 2022)

2.5.3 Tasa interna de retorno.

Es aquella tasa de interés en el cual el valor actual neto es cero, es decir, al realizar tanteos con diversas tasas de descuento consecutivas se llega a un resultado en el cual se puede tener tres alternativas de solución en función a la tasa de mercado regulada por la superintendencia de banca y seguros. Así tenemos lo siguiente:

- Cuando la tasa interna de retorno $>$ tasa de descuento del mercado, el proyecto es aceptable.
- Cuando la tasa interna de retorno $=$ tasa de descuento del mercado, entonces el proyecto es postergado, hasta que aplique alguna corrección que permita su rentabilidad.
- Cuando la tasa interna de retorno $<$ tasa de descuento del mercado, entonces el proyecto se descarta. (Aguilar, 2022)

2.5.4 Periodo de recuperación de la inversión o pay back: Es in Indicador de rentabilidad económica que nos permite determina el tiempo en que retorna una inversión efectuada teniendo en cuenta los ahorros obtenidos por la realización del proyecto. Se determina comparando la inversión realizada entre los ahorros obtenidos por unidad de tiempo (generalmente es mensual), (Aguilar, 2022)

III. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Material:

3.1.1 Combustibles.

Gas natural: El gas natural es un combustible gaseoso compuesto en su mayor parte por metano, el cual es previamente procesado para su transporte en forma de gas natural licuado a la ciudad de Chimbote. Resulta la mejor alternativa para sustituir combustibles convencionales sujetos a costos variables y muy contaminantes, El gas natural es llevado a la ciudad de Chimbote vía gasoducto virtual como GNL a -161°C y 1 bar de presión en camiones criogénicos, con el cual se puede transportar el equivalente a 600 veces su volumen. El gas natural se distribuye por redes externas a presión de 10-6 bar y a 15.6°C . El gas natural es inodoro, incoloro, no tóxico, su densidad relativa es 0,64 y sólo combustiona para casos de aire comburente con 5 a 15%. Sus propiedades físico químicas más resaltantes según OSINERGMIN son:

Poder calorífico inferior: 41 200 kJ/kg, Densidad: $0,64\text{ kg/m}^3$.

Petróleo BD5:

Es un biocombustible formado por la mezcla de Petróleo Diésel N.º 2 y 5% en volumen de biodiésel (B100). El Diésel N.º 2 es un derivado del fraccionamiento del petróleo crudo luego de un proceso de refinado. El Biodiésel (B100) es un combustible orgánico obtenido de recursos renovables a partir del procesamiento de oleaginosas de origen vegetal (soya, maíz). Es un combustible que no tiene azufre. El Diésel B5 de la Empresa Petroperú, cuya denominación comercial es Biodiésel BD5, cumple con las especificaciones técnicas de la normatividad técnica vigente y los criterios de los ensayos metrológicos y de calidad de estándares internacionales tal como ASTM, D975 y SAE J313. Tenemos las propiedades siguientes:

Poder calorífico inferior: 9 860 kcal/kg ($41\ 254,24\text{ kJ/kg}$), Densidad: $3,286\text{ kg/galón}$
(Fuente: Repsol)

3.1.2 Inventario de calderos.

Se cuenta con 02 calderos pirotubulares con la información siguiente:

Tabla 5

Características de Calderos Piro tubulares

Detalle	Caldero 1	Caldero 2
Potencia (BHP)	70	50
Año de fabricación	2008	1993
Marca	Intesa	ATTSU
Estado	Operativa	Operativa (en stand by)
Combustible empleado	Petróleo BD5	Petróleo BD5
Numero de pasos	3	2
Presión de operación (bar)	6,5	6,5
Consumo de combustible (galón/hora)	21	16
Rendimiento	84 %	84%

Nota. Datos tomados del Departamento de Servicios Generales HEGB

3.1.3 Información de consumo de combustible. Para un promedio de 8 horas/día de operación.

Tabla 6

Máximas demandas diarias mensuales 2022

MES	Demanda máxima (Galón/día)
Enero	66
Febrero	61
Marzo	66
Abril	60
Mayo	65
Junio	62
Julio	66
Agosto	65
Setiembre	62
Octubre	64
Noviembre	64
Diciembre	66

Nota. Datos tomados del Departamento de Servicios Generales HEGB

3.1.3 Marco normativo peruano para el diseño.

Se tiene el marco normativo utilizado:

- Norma Técnica Peruana NTP 111.014 “GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales”.
- Especificación Técnica S-COO-002 “Diseño, Construcción del Accesorio de Ingreso a la Estación”- Calidda Ver.01
- ANSI/ASME B31.8 Fuel gas Piping.
- ANSI B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings Gas Distribution Systems.

3.2 Método.

3.2.1 El presente trabajo de investigación es de tipo pre-experimental y de naturaleza descriptiva.

3.2.2 Diseño de la investigación: El diseño de la investigación pre-experimental la cual establece una relación entre la causa y efecto de una modificación tecnológica. En el diseño de investigación se observa el efecto que causa una variable sobre la otra variable.



O1: Facturación por combustible biodiesel BD5

O2: Facturación por combustible gas natural

X: Dimensionamiento de la red interna de gas natural.

G.E: Área de suministro de combustible del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón.

3.2.3 Metodología de cálculo:

Se presenta la metodología para el cálculo y determinación de resultados y discusión del informe:

- a. Cálculo del equivalente energético de petróleo BD5 a gas natural en función a la máxima demanda. Se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Pot}_{\text{BD5}} = \text{Pot}_{\text{GN}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Potencia suministrada}_{\text{BD5}} (\text{Pot}_{\text{tsBD5}}) = \dot{m}_{\text{BD5}} * \text{PCI}_{\text{BD5}} \dots \dots (4)$$

$$\text{Potencia suministrada}_{\text{GN}} (\text{Pot}_{\text{tsGN}}) = \dot{m}_{\text{GN}} * \text{PCI}_{\text{GN}} \dots \dots (5)$$

Dónde:

PCI = Poder calorífico inferior del gas natural o del petróleo BD5.

\dot{m} = Flujo másico del combustible Petróleo BD5 y/ o gas natural.

- b. Dimensionamiento de la red y componentes de la estación de regulación y medición primaria.

Selección del medidor.

La elección del medidor se fundamenta en la fórmula de Boyle – Gay Lussac o ley de Boyle y Charles:

$$v_a = \frac{(Q_{st} * P_{st}) * (T + 273.15)}{(T_{st} + 273,15) * (P_{e_{min}} + P_{atm})} \dots \dots \dots (6)$$

Dónde:

$P_{e_{min}}$ = Mínima presión manométrica de ingreso al medidor, en bar.

T = Temperatura en las condiciones de servicio, °C

P_{atm} = Presión barométrica del lugar, bar

T_{st} = Temperatura a condiciones estándar, °C

P_{st} = Presión a condiciones estándar, bar

Q_{st} = Caudal estándar requerido por la instalación, Sm³/h

v_a = Caudal de servicio, m³/h

Cálculo del diámetro. Se determina en función de la ecuación 7.

$$A = \frac{Q}{1\ 658,5x C_d} x \sqrt{\frac{g}{h}} \dots \dots \dots (7)$$

Dónde:

Q= Caudal autorizado [pie³/h]

h = altura de columna de agua en [pies], relacionada a la presión de suministro

g = gravedad específica del gas natural [kg/m³]

C_d = Coeficiente de descarga para medidores de placa orificio

Cálculo de resistencia de tuberías.

El cálculo de la resistencia de tuberías, se basó en la Norma ASME B 31.8 que establece en los sistemas de tuberías de gas, el espesor nominal de la tubería para una determinada presión de diseño, según la siguiente ecuación.

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times F \times E \times T} \dots \dots \dots (8)$$

Dónde:

t = Espesor nominal de pared [mm]

P = Presión de diseño [kgf/cm²]

D = Diámetro nominal [mm]

S = Tensión mínima de fluencia [kgf/cm²]

F = Factor de diseño

E = Factor de union soldada.

T = Factor de disminución de temperatura.

Selección del regulador de presión: Se selecciona bajo las siguientes condiciones:

Tabla 7

Condiciones de selección del regulador de presión

Ítem	Detalle	Valor de diseño
1	Presión de diseño	6 bar
2	Presión de ingreso mínimo	2 bar
3	Caudal Autorizado	X Sm ³ /h
4	Presión regulada	2 bar

Fuente: Elaboración propia.

En la selección del regulador de presión se tiene las siguientes ecuaciones:

Para flujo subcrítico: Si $P_2 > P_1 / 2$

$$C_g = \frac{Q * G^{1/2}}{25 * (P_2 * \Delta P)^{1/2} * F} \dots \dots \dots (9)$$

Para flujo crítico: Cuando $P_2 < P_1 / 2$

$$C_g = \frac{Q * G^{1/2}}{12.5 * P_1 * F} * 1000 \dots \dots \dots (10)$$

Dónde:

Q = Caudal en Sm³/h

P1 = Presión de ingreso (bar)

P2 = Presión de salida (bar)

G = Gravedad específica 0,64

F = Factor de dimensionamiento 0,7

ΔP = Diferencia de presiones entre P1-P2

Selección de la válvula de bloqueo.

Para la sobrepresión, se debe tener en consideración la norma técnica S-DIO-049 para válvulas de bloqueo por sobrepresión hasta 1,5” la cual restringe hasta el 20% sobre la presión regulada.

Tabla 8

Parámetros de selección de la válvula de bloqueo

Presión Regulada	Presión de bloqueo en caso de sobrepresión
Pr = 3 bar	P bloqueo = 3,6 bar

Nota. Los datos fueron tomados de N.T.P 111.010 (2014)

El regulador por seleccionar deberá tener incorporado un sistema de protección contra excesos de la presión de salida, a través de un sistema de bloqueo con reseteo manual. Además, la válvula de bloqueo tendrá una presión máxima de ingreso de 25 bar y una velocidad para bloquear de 0,2 a 0,4 sg.

La válvula de alivio operara según el siguiente requerimiento:

Presión de apertura: 15% mayor de la máxima presión regulada

Presión de cierre: 10% menor de la presión de apertura.

Caudal máximo de venteo: 5% del caudal demandado.

Para determinar la sección del regulador se emplea la siguiente ecuación:

$$A = \frac{V}{K_u * C * K_d * P} * \sqrt{T * Z * G} \dots \dots \dots (11)$$

Cálculo de velocidad y de caída de presión

La fórmula de Renouard cuadrática, determina para la caída de presión entre tramos de una red.

$$P_A^2 - P_B^2 = 51,5 * s * l * \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \dots \dots \dots (12)$$

Dónde:

P_A y P_B = Presión absoluta en los extremos del tramo, en bar abs.

S = Densidad relativa del gas.

L = Longitud del tramo en metros, incluyen la longitud equivalente de los accesorios.

Q = Caudal requerido en m^3/h (medido a condiciones estándar para su fiscalización)

D = Diámetro en mm.

Los esfuerzos en las que se somete al elemento filtrante se tiene las siguientes ecuaciones:

Tensión longitudinal:

$$t_l = \frac{PxR}{(SxE) - (0,6Xp)} \dots \dots \dots (13)$$

Tensión circunferencial:

$$t_c = \frac{PxR}{(2xSxE) + (0,4Xp)} \dots \dots \dots (14)$$

Tensión en el cabezal:

$$t_{cz} = \frac{PxR}{(2xSxE) - (0,2Xp)} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

P = Presión de suministro en kgf/cm^2 .

D = Diámetro exterior del elemento filtrante en mm.

R = Radio exterior del elemento filtrante en mm.

S = Esfuerzo del material en kgf/cm^2 .

E = Eficiencia de la junta, igual a 1.

Para el cálculo de conexiones: Los diámetros nominales inferiores o iguales a 1", serán reforzadas con coplas serie 3000.

Para los espesores de las conexiones:

$$trn = \frac{PxR}{SxE - 0.6Xp} \dots \dots \dots (16)$$

- c. Determinación de las condiciones de diseño de la red interna de gas natural del Hospital Eleazar Guzmán Barrón.

En todos los puntos de la instalación la velocidad de flujo del gas no deberá ser mayor a 25 m/s. Según las especificaciones del gas de Camisea, se ha empleado el valor de 0,64 para la densidad relativa del gas natural y 0,01058 cp para la viscosidad.

En el diseño de las tuberías se han empleado las fórmulas:

La velocidad se determina según la siguiente ecuación:

$$v = \frac{376 \times Q \times z}{P \times D^2} \dots \dots \dots (17)$$

Dónde:

Q = Caudal en m³/h (condiciones estándar)

D = Diámetro de tubería en mm.

Z = Factor de compresibilidad para el gas natural.

P = Presión de suministro en bar abs.

V = velocidad del gas natural. (la cual no debe exceder a 25 m/s)

Para presiones manométricas dentro del rango de 50 mbar a 4 bar, la fórmula de Renouard para Q/D < 150.

$$P_A^2 - P_B^2 = 51,5 * s * l * \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \dots \dots \dots (18)$$

Dónde:

P_A y P_B = Presión absoluta en ambos extremos del tramo, en bar abs.

S = Densidad relativa del gas natural.

L= Longitud del tramo más la longitud equivalente en metros.

Q = Caudal demandado en m³/h (a condiciones estándar de presión y temperatura)

D = Diámetro de tubería en mm.

El trazado de la red interna de tuberías se ha definido según las características del terreno y de la accesibilidad a los ambientes, en este caso la acometida se efectúa desde la avenida anchoveta, y el trazado de tuberías por la parte posterior del hospital que no afecta a las áreas de atención y consultas y hospitalización.

- d. Elaboración de un modelo de memoria descriptiva para el dimensionamiento de accesorios de la red interna de gas natural del Hospital Eleazar Guzmán Barrón.
- e. Realizar una evaluación económica para la reducción de costos por consumo de combustible en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón.

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

Para el gas natural licuado.

$$\text{Costo GNL} = \text{Costo unitario GNL} \left(\frac{\$/}{m^3} \right) * \text{Consumo de Gas Natural} \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right) \dots \dots \dots (19)$$

Para el Recargo FISE.

$$\text{Costo Recargo FISE} = \text{Costo unitario Recargo FISE} \left(\frac{\$/}{m^3} \right) * \text{Consumo de Gas Natural} \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right) \dots (20)$$

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

$$\text{Costo transporte virtual} = \text{Costo unitario T.V} \left(\frac{\$/}{m^3} \right) * \text{Consumo de Gas Natural} \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right) \dots (21)$$

Para el margen de capacidad, la empresa distribuidora deberá presentar los detalles en cada Contrato de Suministro suscrito con sus clientes, cual es la capacidad requerida por el usuario. Dicha capacidad por contrato se asocia al Derecho de Conexión, según el Reglamento de Distribución de distribución de gas natural por ductos.

Se calcula según la siguiente ecuación:

$$\text{Margen por capacidad} = \text{MCC} \left(\frac{\$/}{\left(\frac{m^3}{\text{día}} \right) \text{mes}} \right) * \text{VMD} \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right) \dots \dots \dots (22)$$

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) (Osinermin, 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:

$$\text{Costo margen de comercializacion} = \text{Costo unitario} \left(\frac{S/}{\text{cliente}} \right) \dots \dots \dots (23)$$

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

$$= \text{Costo unitario M.D} \left(\frac{S/}{m^3} \right) * \text{Consumo por Gas Natural} \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right) \dots \dots \dots (24)$$

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

Costo por distribucion

$$= \text{costo por margen de capacidad} \\ + \text{costo por margen de distribucion} \dots \dots \dots (25)$$

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


Facturacion por consumo GN

$$= \text{costo GNL} + \text{costo transporte virtual} + \text{costo recargo FISE} \\ + \text{costo por distribucion} \dots \dots \dots (26)$$

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

Figura 17

Pliego tarifario de gas natural zona de concesión QUAVII S.A aplicado a marzo 2023

<p style="text-align: center;">PLIEGO TARIFARIO GAS NATURAL FACTOR K=0.9123 CONCESION NORTE Vigente desde 1 de Abril 2023</p> 									
CATEGORÍAS TARIFARIAS	RANGOS		SUMINISTRO GNL (1)		TRANSPORTE VIRTUAL (2)	DISTRIBUCION POR DUCTOS (3)			
	m3/mes		PRECIO GNL	RECARGO FISE		MARGEN COMERCIAL	MARGEN PROMOCION	MARGEN CAPACIDAD	MARGEN DISTRIBUCION
	Desde	Hasta	S/. /sm3	S/. /sm3		S/. /cliente	S/. /cliente	S/. /(m3/día)	S/. /sm3
I	0	100	0.75921	0.00736	0.63608	2.20176	19.01519	0.00000	0.27667
IIA	101	300	0.75921	0.00736	0.63608	85.73931	0.00000	0.00000	1.13401
IIB	301	1000	0.82022	0.00736	0.63608	85.73931	0.00000	0.00000	1.13401
III	1001	5000	0.82022	0.00736	0.63608	319.43967	0.00000	0.00000	1.09517
IV	5001	38000	0.82022	0.00736	0.63608	0.00000	0.00000	10.45835	0.57719
V	38001	143000	0.82022	0.00736	0.63608	0.00000	0.00000	10.45835	0.57719
VI	143001	280000	0.82022	0.00736	0.48130	0.00000	0.00000	10.45835	0.33203
VII	280001	Más	0.82022	0.00736	0.37030	0.00000	0.00000	7.76379	0.16162
GNV	-	-	0.82022	0.00736	0.63608	0.00000	0.00000	0.50557	0.03071
PESCA	-	-	0.82022	0.00736	0.63608	0.00000	0.00000	0.00000	0.85323

Nota. La figura fue tomada de la Empresa QUAVII S.A (2023)

Para la evaluación económica se tiene en cuenta el Valor actual neto en función a la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} - I \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

V_t = Flujo de caja anual (ingresos menos egresos) (U\$/año)

i = Tasa de interés de mercado igual a 12%.

I = Inversión inicial. (U\$)

t = Periodo de tiempo en años

Para el cálculo del V_t se deberá restar los ingresos menos los egresos.

$$V_t = A_t - CO_t \dots \dots \dots (24)$$

Donde:

A_t = Ingresos obtenidos para cada periodo de tiempo en análisis. (Para cada año)

CO_t = Egresos por costo de operación de la red y mantenimiento programado por año.

La tasa interna de retorno se determina según la ecuación:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} \dots \dots \dots (25)$$

Para el periodo de retorno de la inversión o pay back, se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Pay back} = \frac{I}{A} \text{ (meses)} \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

I = Inversión realizada al inicio del proyecto. (U\$)

A = Ahorros mensuales obtenidos. (U\$/mes)

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Cálculo del equivalente energético.

Consideraciones de cálculo:

Petróleo BD5:

Poder Calorífico inferior 9 628 kcal/kg = 40 245 kJ/kg

Densidad 868,069 kg/m³ = 3,286 kg/galón

Máxima demanda diaria 66 galón/día. (según tabla N° 6)

Gas Natural:

Poder Calorífico inferior 41 200 kJ/kg.

Densidad 0,64 kg/m³. = 0.002 kg/galón

Se presentan los siguientes resultados:

Potencia calorífica suministrada por el Petróleo BD5, según ecuación 4.

$$Pot_{tsBD5} = 8'728\ 174,6 \text{ kJ/día}$$

Flujo de gas natural, teniendo en cuenta las ecuaciones 3 y 5.

$$\dot{Q}_{GN} = 331,01 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Demanda mensual de gas natural en unidades de flujo es igual a:

$$\dot{Q}_{GN \text{ mes}} = 331,01 \frac{m^3}{\text{día}} = 9\ 930,4 \frac{m^3}{\text{mes}}$$

Según la máxima demanda equivalente de gas natural obtenida y la tabla N° 15, corresponde una categoría tarifaria IV.

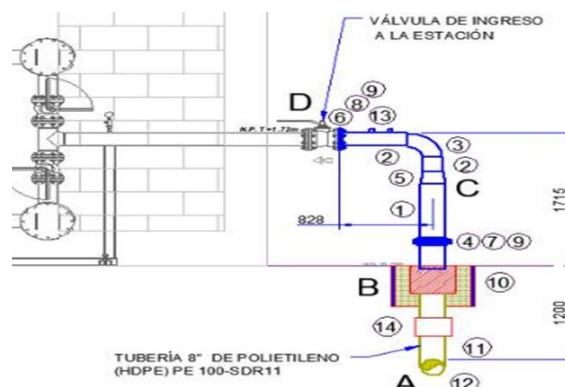
Caudal autorizado para 8 horas de operación:

$$Q_a = 36,77 \frac{m^3}{h} = 40 \frac{m^3}{h}$$

Del mismo modo se presentan las características del punto de suministro:

Figura 18

Características standard de punto de suministro red de distribución-Chimbote



Nota. La figura fue tomada de la Empresa Quavii S.A

Tabla 9

Consideraciones del punto de suministro desde el Distribuidor

Presión de Diseño	6	barg
Presión Máxima para Suministro	5	barg
Presión Mínima para Suministro	2	barg
Q autorizado o máximo a suministrar	40,00	Sm ³ /h
Presión atmosférica según el lugar	1,01325	bar
PRESION MINIMA DE PRUEBA DE HERMETICIDAD		1,5 bar
PROCESO DE SOLDADURA		ASME IX
CRITERIO DE INSPECCION		ASMEB31.3

Nota. La información es elaboración propia.

La tubería se monta a 1,2 m de profundidad, medido desde el lomo de la tubería hasta el nivel del piso terminado. Así mismo la junta de oro (conexión de suministro) se realiza en la tubería saliente desde la caja de distribución o servicio de la distribuidora. La instalación comprende desde la caja de servicio de la concesionaria de distribución hasta el ingreso a la estación de regulación y medición primaria, esta línea está formada por tubería de polietileno de 200 mm HDPE PE-100 SDR 11 la cual se acopla con tubería de acero 8" SCH 40 ASTM A53/A 106/API 5L Gr. B, luego por medio de una reducción concéntrica de 8" x 2" SCH 40 acero, soldado de una Brida WN 2." S-150 y un codo de acero 2" R.L. SCH 40, se conecta a la estación de regulación y medición.

Se asume un valor de 2" tubería SCH 40 ASTM A53/A 106/API 5L Gr. B cuyo diámetro interno es de 52,51 mm, espesor de 3,91 mm, diámetro exterior de 60,33 mm, peso por unidad de longitud de 5,44 kg/m.

Para la tubería de ingreso al punto de suministro y se verifica el valor de la velocidad permitida en el ducto, el cual no debe ser mayor a 25 m/s según lo normado por la NTP 110.011, y se aplica la ecuación 17. Obteniéndose la velocidad de 1,81 m/s.

El valor obtenido cumple con lo requerido por la normatividad.

Seguidamente se presenta las planillas de cálculo para la verificación de la disminución de la presión en el punto de suministro teniendo en cuenta los accesorios normalizados de la figura 17, la cual está constituida por tres tramos. Para lo cual se presentan los siguientes resultados:

Tabla 10

Planilla de cálculo para presión de suministro de 5 bar

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
A-B	40	1,2	2,50	5	5,0000	0,0000	9,87	200	0,09	Tubería de Polietileno SDR11	Electrofusión
B-C	40	0,88	3,92	5	5,0000	0,0000	9,87	8''	0,06	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	0,88	2,88	2	1,9999	0,0001	13,96	2''	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada

Nota. La información presentada es elaboración propia

Tabla 11

Planilla de cálculo para presión de suministro de 4 bar

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
A-B	40	1,2	2,50	4	4,0000	0,0000	10,81	200	0,11	Tubería de Polietileno SDR11	Electrofusión
B-C	40	0,88	3,92	4	4,0000	0,0000	10,81	8''	0,07	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	0,88	2,88	2	1,9999	0,0001	13,96	2''	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada

Nota. La información presentada es elaboración propia

4.2 Dimensionamiento de la estación de regulación y medición primaria.

4.2.1 Referente a las tuberías.

La resistencia de tuberías, se determina según la Norma ASME B31.8 y con la ecuación N°8.

Tabla 12

Parámetros para cálculo de resistencia de tuberías acometida

Parámetros de diseño de tubería de 2" SCH 40	
Presión máxima de diseño del suministro	6 bar
Diámetro adoptado	2" =60,33 mm
Esfuerzo (S) para tuberías de material ASTM 106 Grado B	2 413,8 bar
Valor de E según ASME para materiales ASTM 106 sin costura	1
Factor F según la localidad asignada	0.4
Valor de Temperatura (T) para valores inferiores a 250°F	1

Nota. La información presentada es elaboración propia

Se determina que el valor del espesor calculado es de 0,18 mm, y siendo el valor del espesor real de la tubería igual a 3,91 mm, se concluye que el valor del espesor real cumplirá con las funciones requeridas.

4.2.2 Para la Estación de regulación y medición primaria, según lo normado NTP 111.010 y las características técnicas del gas natural circulante por la Av. Anchoqueta (punto de suministro), colindante con la parte posterior del hospital se tiene los siguientes requerimientos:

Tabla 13

Parámetros de suministro a presión de trabajo

Parámetros	Símbolo	Valor
Mínima presión manométrica de ingreso en el sistema de medición	$P_{e_{min}}$	2 bar
Presión barométrica del lugar	P_{atm}	1,013025 bar
Presión a condiciones estándar	P_{st}	1,013025 bar
Temperatura en condiciones de operación	T	20 °C
Temperatura en condiciones estándar	T_{st}	15,5 °C
Caudal estándar solicitado por la instalación	Q_{st}	40 Sm ³ /h

Nota. La información presentada es elaboración propia

Se presenta el resultado para el espesor determinado para tubería de 2" SCH 40 y espesor adoptado de $t = 3,99$ mm.

4.2.3 Componentes de la estación de regulación y medición primaria.

- a. Medidor: Según los valores comerciales de los medidores tipo G se tiene el siguiente resultado:

Tabla 14

Determinación comercial del medidor de caudal

Qmax actual (m3/h)	Clasificación Tipo G
40	G25
65	G40
100	G65
160	G100
250	G160
400	G250
650	G400
1 000	G650

Nota. La información fue tomada del Catálogo de Empresa Pietro Florentini SAC

Con lo cual el diámetro es de 3,9 mm, el valor normalizado es de 2", siendo el valor calculado de 0,01299 pul².

Se selecciona un medidor para caudal Tipo G40, el cual tiene un factor de reserva de 1,625.

Figura 19

Medidor de Caudal Calibre G40 de D.N 2"



Nota. La figura fue tomada del Catálogo Pietro Florentini SAC

b. Selección del regulador de presión.

Haciendo uso de las ecuaciones 9 y 10 y los valores de la Tabla N° 7:

Se verifico las condiciones para flujo crítico y subcrítico, obteniéndose un valor de $C_g = 1\ 122.5$

Según el valor de C_g (coeficiente de caudal) se determina el diámetro nominal del regulador de presión.

Tabla 15

Correspondencia del diámetro con el valor de C_g

Tamaño nominal (mm)	25	50	80
Tamaño nominal (pulg)	1"	2"	3"
C_g	439	1 861	3 764
K1 (factor de forma)	106,78	106,78	106,78

Nota. La información fue tomada del Catálogo de Empresa Pietro Florentini SAC

Se selecciono un regulador de presión Staflux 185 D. N 2" para un C_g igual 1 861.

Siendo sus características principales:

Tabla 16

Características técnicas del regulador de presión

Detalle	Valor
Presión de diseño de hasta	100 barg
Presión aguas arriba	2 a 85 barg
Presión aguas abajo	1 a 75 barg
Clase de precisión AC	hasta 5 (en función a las condiciones de trabajo)
Clase de presión de bloqueo SG	hasta 10 (en función a las condiciones de trabajo)
Dimensiones nominales DN	50 mm/2"
Conexiones	Clase 300/600 RF / RTJ según ASME B 16.5
Material del cuerpo	Acero fundido ASTM A352 LCC
Material de la tapa	Acero al carbono
Material del asiento	Acero inoxidable

Nota. Información tomada del Catálogo de Empresa Pietro Florentini SAC

c. Selección de la válvula de bloqueo o corte.

El bloqueo por sobrepresión según consideraciones técnica S-DIO-049 para válvulas de bloqueo por sobrepresión hasta diámetros de 3" será hasta 20% sobre la presión regulada de 2 bar.

Los parámetros de regulación de presión de la válvula de bloqueo son:

Presión de bloqueo por sobrepresión = 2,4 bar.

El bloqueo por baja presión según especificaciones técnicas S-DIO-024 para válvulas de bloqueo por sobrepresión hasta 3" será hasta el 10% por debajo de la presión regulada. Obteniéndose una presión de bloqueo por baja presión de 1,8 bar.

El regulador seleccionado tiene incorporado un sistema de protección contra excesos en la presión regulada de salida.

Tabla 17

Características de la válvula de bloqueo

Detalle	Valor
Dispositivo	SB/82
Modelo	104 MH
Función	OPSO
Rango de presión	1,5-45 bar
Cuerpo	Acero ASTM A 352 LCB para las clases ANSI 600 y 300; acero ASTM A 216 WCB y fundición dúctil GS 400-18 ISO 1083 para las clases ANSI 150 y PN 16.
Mando	Acero ASTM A 350 LF2

Nota. La información fue tomada del Catálogo de Empresa Pietro Florentini SAC

Figura 20

Válvula de bloqueo SB/82 de D.N 2”



Nota. La información fue tomada del Catálogo Pietro Florentini SAC

d. Selección de la válvula de alivio.

Para determinar los detalles de la válvula de alivio tenemos en consideración los valores de la tabla 18.

Tabla 18

Parámetros de presión regulada actual de 40 Sm³/h

PARAMETRO	SIMBOLO	VALORES
Caudal a ventear	V	2
Factor de corrección debido al cambio de unidades	K _u	3,341
Constante de gases	C	344
Coefficiente de descarga	K _d	0,855
Presión absoluta de venteo (3x1.15)+1	P	4,45
Temperatura en valores absolutos	T	293
Coefficiente de compresibilidad	Z	0,997522
Peso específico relativo de los gases	G	0,64

Nota. La información fue realizado por elaboración propia

Reemplazando valores en la ecuación 14, los resultados son los siguientes:

$$A = 0,006 \text{ cm}^2$$

Se presenta los parámetros de selección para la válvula de alivio según las especificaciones técnicas comerciales:

Tabla 19

Parámetro de selección de válvula según especificación técnica.

Código	Conexiones	Tipo de Orificio (diseño)	Área efectiva	
	Entrada/salida		cm ²	pulg. ²
054.D	¾" x 1"	D	0,709	0,110
055.E	1" x 1 1/2"	E	1,264	0,196
057.F	1 1/2" x 2"	F	2,835	0,439
058.H	2" x 2 1/2"	H	5,064	0,785
058.J	2" x 2 1/2"	J	8,303	1,287

Nota. La información fue tomada de Calidda Gas Natural del Perú.

Se opta por seleccionar una válvula de alivio 054.D de ¾" x 1", donde la denominación "D" se refiere al Orificio de la tobera tipo D.

e. Selección del elemento filtrante.

Se tienen las siguientes características para el elemento filtrante:

Tabla 20

Parámetros de selección de elemento filtrante

Detalle	Valor
Caudal (Q)	40 Sm ³ /h
Presión (P)	2 barg
Temperatura de operación (T)	20 °C
Velocidad máxima en el elemento filtrante ($v_{ef\ max.}$)	0,3 m/s
Factor de compresibilidad	0,99
Presión base	1,0156
Temperatura base	15,60

Nota. La información es elaboración propia.

Se presenta la plantilla de selección para filtros de la Marca Tormene americana.

Tabla 21

Especificaciones del filtro tipo cartucho

Modelo type	Altura H (mm)	Diámetro exterior L (mm)	Diámetro interior M (mm)	Área de filtrado (cm²)
G 0.5	120	80	36	600
G 1	165	95	50	1 200
G 1.5	210	120	69	2 300
G 2	260	165	86	4 700
G 2.5	283	200	110	7 250
G 3	320	252	138	9 500
G 4	415	299	186	14 500
G 5	470	390	246	23 000

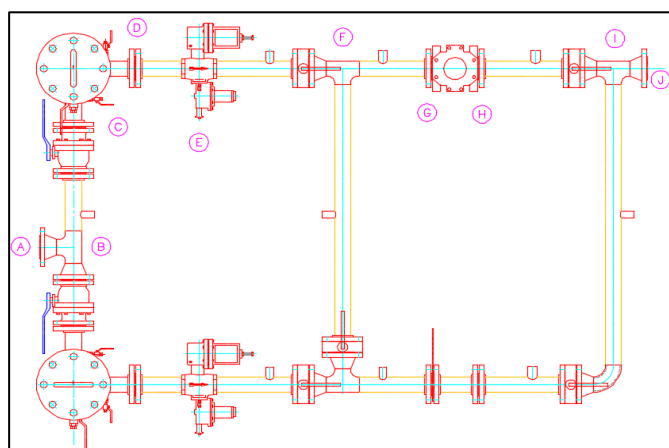
Nota. La información fue tomada de Tormene Americana S.A

Se selecciono un filtro Marca Tormene Americana Modelo G 0.5, el cual es el elemento filtrante normalizado de menor tamaño. Estos filtros emplean cartuchos sintéticos con una eficiencia del 99% para partículas mayores a 5 micrones. Sus características son:

- Diseñados y fabricados de acuerdo al código ASME VIII DIV I.
 - Materiales empleados según la norma ASME/ASTM.
 - Las dimensiones normalizadas de la envolvente del elemento filtrado son:
Modelo TA-FM2 Serie 300 para un área de filtrado de 600 cm² para cartucho G 0.5
Las bridas son del tipo SORF. Material según norma ASTM A-53 Gr.B.
- f. Dimensionamiento de la red de tuberías en la estación de regulación y medición.
Se presentan los resultados de la verificación de la caída de presión y velocidad en los tramos de la red principal de gas natural, la cual consta de los siguientes tramos:
- Tramo A-B con unión T.
 - Tramo B-C con válvula de bloqueo.
 - Tramo C-D con codo de 90°.
 - Tramo D-E con 1 brida, 1 filtro y 1 válvula de alivio.
 - Tramo E-F con 1 regulador de presión
 - Tramo F-G con 1 unión T con flujo por un solo ramal.
 - Tramo G-H 1 Medidor.
 - Tramo H-I 1 válvula de bloqueo.
 - Tramo I-J 1 unión T con flujo en un solo ramal.

Figura 21

Distribución de componentes normalizados de ERM



Nota. La elaboración de la fuente es propia.

Tabla 22

Planilla de cálculo para presión de suministro de 5 bar en ERM

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
A-B	40	0,94	1,99	5	5,0000	0,0000	9,87	2"	0,88	Tubería de Acero SHD40	Soldada
B-C	40	0,43	8,31	4,999978	4,9999	0,0001	9,87	2"	0,88	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	0,43	2,01	4,999888	4,9999	0,0000	9,87	2"	0,88	Tubería de Acero SHD40	Soldada
D-E	40	0,39	0,81	4,999866	4,9999	0,0000	9,87	2"	0,88	Tubería de Acero SHD40	Soldada
E-F	40	0,79	16,91	2	1,9996	0,0004	13,96	2"	1,77	REGULADOR	Soldada
F-G	40	0,34	1,39	1,999631	1,9996	0,0000	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
G-H	40	0,18	8,48	1,9996	1,9994	0,0002	13,96	2"	1,77	MEDIDOR	Soldada
H-I	40	0,5	8,38	1,999415	1,9992	0,0002	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
I-J	40	0,13	1,18	1,999232	1,9992	0,0000	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada

Nota. La información es elaboración propia

Tabla 23

Planilla de cálculo para presión de suministro de 4 bar en ERM

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
A-B	40	0,94	1,99	4	4,0000	0,0000	10,81	2"	1,06	Tubería de Acero SHD40	Soldada
B-C	40	0,43	8,31	3,999974	3,9999	0,0001	10,81	2"	1,06	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	0,43	2,01	3,999865	3,9998	0,0000	10,81	2"	1,06	Tubería de Acero SHD40	Soldada
D-E	40	0,39	0,81	3,999839	3,9998	0,0000	10,81	2"	1,06	Tubería de Acero SHD40	Soldada
E-F	40	0,79	16,91	2	1,9996	0,0004	13,96	2"	1,77	REGULADOR	Soldada
F-G	40	0,34	1,39	1,999631	1,9996	0,0000	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
G-H	40	0,18	8,48	1,9996	1,9994	0,0002	13,96	2"	1,77	MEDIDOR	Soldada
H-I	40	0,5	8,38	1,999415	1,9992	0,0002	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
I-J	40	0,13	1,18	1,999232	1,9992	0,0000	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada

Nota. La información es elaboración propia

Según los cálculos anterior la caída de presión entre tramos no supera el 10 % del valor de la presión regulada o de suministro, según la NTP 110.010

4.3 Determinación de las condiciones de diseño de la red interna.

La red interna de gas natural según el plano isométrico presenta los siguientes tramos:

Tramo A-B desde la ERM con un total de 99 metros tubería de 2" tubería SCH 40 SCH 40 ASTM A53/A 106/API 5L Gr. B cuyo diámetro interno es de 52,51 mm, espesor de 3,91 mm, diámetro exterior de 60,33 mm, peso por unidad de longitud de 5,44 kg/m. Incluye una válvula de corte de 2", 5 codos de 90° y unión T. La red interna se ubicará sobre 0,60 metros sobre el lomo de la ERM, la distribución de la red interna será enterrada. Las tuberías deben ir montadas de forma continua en toda su extensión, pudiendo disponer de registros para el mantenimiento de la red interna. Estos registros deberán ser estancos con acceso de grado 2 ó 3. Cuando el ducto es metálico, no deberá estar en contacto con las estructuras metálicas del edificio ni con otras tuberías y debe ser el caso deberá ser compatible con el material de la tubería, a efectos de prevenir la corrosión.

Las tuberías externas deben estar soportadas con ganchos, abrazaderas, soportes colgantes o soportes de escuadra, de resistencia y geometría adecuada para soportar la carga que fluye por las tuberías, localizados en intervalos de espacio para amortiguar casos en las que se presente una vibración excesiva. La tubería debe ser anclada para la prevención de esfuerzos indebidos sobre los equipos conectado. Los ganchos y soportes de la tubería deberán cumplir con la norma técnica ANSI-MSS SP58.

Las tuberías enterradas deben instalarse sobre una capa sin materia orgánica ni material plástico, puede ser capa de arena de 30 cm de espesor. El recorrido de la tubería debe ser por sitios protegidos contra daño mecánico. Las tuberías no deberán estar en contacto con estructuras metálicas, varillas, polos de sistema puesta a tierra.

La excavación debe tener una profundidad mínima de 100 cm para garantizar que la tubería no sufra aplastamiento ni reducción en su área de flujo.

Las uniones metálicas deben ser revestidas de tal manera se asegure la continuidad del revestimiento en las tuberías. Para las tuberías metálicas es recomendable la aplicación de la técnica de recubrimiento con tres componentes (capa de imprimación/cinta de butilo/cinta de PE). Debe someterse a pruebas de tintas penetrantes END antes de tapar la zanja. La prueba deberá ser según el método STANDARD AP1 1104- Ed. 2013-Título

11.3-ASTM E165 y para el criterio de aceptación deberá tomarse en cuenta el STANDARD API 1104— Ed. 2013-Título 9.5 para uniones soldadas.

Tramo B-C longitud 2,20 m. incluye 1 codo de 90°, Este tramo esta referido a la derivación desde el final del tramo A-B hacia el Caldero de 50 BHP , el cual se encuentra fuera de servicio, pero se incluye en la red interna debido a que se proveer en el futuro su pronto restablecimiento, el cual pasaría a condición de stand by. Así mismo la normatividad indica que se deben incluir todos los consumidores ubicados dentro del predio a suministrar gas natural.

Tramo B-D longitud 10,75 m incluye 2 codos de 90 ° y 1 válvula de corte culminando en el punto de suministro del Caldero de 70 BHP.

Tramo C-E longitud 10,75 m incluye 2 codos de 90 ° y 1 válvula de corte culminando en el punto de suministro del Caldero de 50 BHP.

En el aspecto constructivo se debe tener en cuenta 2 tipos de ensayos:

4.3.1 Ensayos no destructivos para la inspección de los componentes de red, uniones en tuberías, dentro de ellos los más empleados son:

Inspección visual: Esta actividad permite la identificación de materiales que no cumplen con las especificaciones requeridas y permiten realizar los correctivos para los defectos detectados durante el proceso de fabricación, reduce la necesidad de realizar ensayos no destructivos posteriores.

Inspección por líquidos penetrantes: Es un tipo de ensayo no destructivo, en la cual se aplican líquidos sobre la superficie del elemento a examinar, los líquidos penetran por capilaridad en las imperfecciones de una unión soldada. Luego de retirarse el exceso de líquido quedando a la vista las imperfecciones (poros, fisuras, etc.). Existen dos tipos de líquidos penetrantes, los fluorescentes y los no fluorescentes, siendo estos últimos los de mayor uso.

Inspección radiográfica. La radiografía industrial es empleada en la detección de variaciones de una región de un determinado material que presentan una diferencia en el

espesor comparándola con una región vecina (es un método muy eficaz en la detección de defectos volumétricos con gran sensibilidad defectos volumétricos).

Los cordones de soldadura serán inspeccionados mediante radiografiado industrial para las juntas soldadas a tope, y por medio de tintes penetrantes para las uniones soldadas a Socket Weld, de acuerdo al ASME B31.3 o equivalente (STANDARD AP1 1104- Ed. 2013-Título 11.3-ASTM E165)

El porcentaje de pruebas radiográficas para las juntas a tope serán del 10% y el porcentaje de pruebas por tintes penetrantes a las juntas soldadas a Socket Weld será del 100%.

Los ensayos deberán ser efectuados por una Empresa Especializada en el rubro y avalada por un profesional especializado del Nivel II de inspector de soldadura.

4.3.2 Pruebas de hermeticidad.

Finalizado el montaje del sistema de tuberías de la red interna, deberá verificarse su hermeticidad, utilizando como fluido el aire o nitrógeno, con el propósito de ubicar y eliminar las fugas en la instalación. La prueba de presión de hermeticidad debe ser 1.5 veces la presión máxima admisible de operación (MAPO) la cual se aplica en un periodo no menor a 2 horas. En el caso de sistema de tuberías con una MAPO de 60 mbar o menos, para la presión de prueba de hermeticidad es de 100 mbar como mínimo

La prueba de hermeticidad deberá ser realizada según procedimiento constructivo correspondiente y ser avalada por una empresa Certificadora autorizada por INACAL.

4.3.3 Prueba del comisionado de equipos.

El suministrador de los equipos y/o el profesional competente deberán verificar los dispositivos de seguridad del quemador (presostatos, válvulas automáticas de corte, detectores de llama, etc.) en condiciones de operación tan pronto como sea posible, para certificar si están operando de manera óptima. El equipo de consumo debe cerrarse de inmediato si se verifica cualquier eventualidad durante la puesta en marcha de la instalación. Los defectos deberán ser corregidos a la brevedad antes de ponerse nuevamente en marcha la instalación.

Tabla 24

Planilla de cálculo para red interna de gas natural con presión de suministro de 2 bar

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
A-B	40	99,2	119,68	2	1,9974	0,0026	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
B-C	40	2,2	3,78	1,997386	1,9973	0,0001	13,97	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	10,75	21,78	1,997303	1,9968	0,0005	13,97	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
D-E	40	10,75	21,78	1,996827	1,9964	0,0005	13,97	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada

Nota. La información es elaboración propia

Tabla 25

Planilla de cálculo para red interna de gas natural con presión de suministro de 1,5 bar

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
A-B	40	99,2	119,68	1,5	1,4969	0,0031	15,29	2"	2,12	Tubería de Acero SHD40	Soldada
B-C	40	2,2	3,78	1,496862	1,4968	0,0001	15,30	2"	2,12	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	10,75	21,78	1,496763	1,4962	0,0006	15,30	2"	2,12	Tubería de Acero SHD40	Soldada
D-E	40	10,75	21,78	1,496192	1,4956	0,0006	15,30	2"	2,12	Tubería de Acero SHD40	Soldada

Nota. La información es elaboración propia

Según los cálculos anterior la caída de presión entre tramos no supera el 10 % del valor de la presión regulada o de suministro, según la NTP 110.010

4.4 Elaboración de metrado de la propuesta de red de distribución interna.

Se tienen las siguientes etapas para la propuesta de implementación.

Tabla 26

Metrado de la Memoria Descriptiva de la Red de suministro, ERM y red interna

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P.U (S/.)	Subtotal(S/.)
1	OBRAS PRELIMINARES				9 800,00
1,01	Trazo y replanteo	und	1	2 000,00	2 000,00
1,02	Cartel de obra	und	1	300,00	300,00
1,03	Transporte de los materiales	glb	1	7 500,00	7 500,00
2	SUMINISTRO Y MONTAJE DE ERMP				36 970,00
2,01	Excavación de zanjas en terreno normal	m ³	4	180,00	720,00
2,02	Valvulería y tubería	und	1	10 000,00	10 000,00
2,03	Instrumentación	und	1	6 000,00	6 000,00
2,04	Cimentación	m ³	3	250,00	750,00
2,05	Dado de concreto	und	1	1 000,00	1 000,00
2,06	Montaje mecánico	und	1	15 000,00	15 000,00
2,07	Obra civil	und	1	3 500,00	3 500,00
3	SUMINISTRO y MONTAJE DE RED INTERNA				114 300,00
3,01	Excavación de zanjas sobre terreno normal	m ³	60	180,00	10 800,00
3,02	Tubería	cjto	1	60 000,00	60 000,00
3,03	Valvulería	und	1	5 000,00	5 000,00
3,04	Montaje	ml	134	250,00	33 500,00
3,05	Tapado de zanja	cjto	1	5 000,00	5 000,00

Nota. La información es elaboración propia

Tabla 27

Metrado de Memoria Descriptiva de zona de Calderos y otras actividades

4	SUMINISTRO Y MONTAJE DE ERS				27 180,00
4,01	Excavación de zanjas en terreno normal	m3	1	180	180,00
4,02	Dado de concreto	und	2	300	600,00
4,03	Obra civil	und	2	300	600,00
4,04	Valvuleria y tuberias	und	2	10	20 000,00
				000	
4,05	Regulador	und	2	2 500	5 000,00
4,06	Montaje	und	2	1 000	800,00
5	SUMINISTRO Y MONTAJE DE QUEMADORES				156
					000,00
5,01	Quemadores duales	und	2	58	116
				000	000,00
5,02	Montaje electromecánico	und	2	10	20 000,00
				000	
5,03	Protocolo de pruebas	und	2	10	20 000,00
				000	
6	PRUEBAS MECÁNICAS				9 000,00
6,01	Protocolo de ensayos no destructivos	und	1	3 000	3 000,00
6,02	Protocolo de ensayo de hermeticidad	und	1	3 000	3 000,00
6,03	Protocolo de pintado tricapa PCM-UNIGAS-021	und	1	3 000	3 000,00
7	SUBTOTAL ACTIVIDADES				57 325,00
7,01	Supervisión externa	und	1	20 000	20 000,00
7,02	Gastos generales 10%	und	1	37 325	37 325,00
8	SUBTOTAL OBRA				410 575,00
9	IGV				73 903,50
10	TOTAL				484 478,50

Nota. La información es elaboración propia

4.5 Evaluación económica.

4.5.1 Calculo de la facturación promedio de petróleo BD5.

Costo unitario del petróleo BD5 para marzo 2023 igual a 16,55 S/. /galón.

Fuente:

<https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do>

Teniendo en cuenta los valores de la tabla 6 y además el servicio de atención de salud es diario debido al personal hospitalizado se tiene el siguiente valor.

Tabla 28

Facturación mensual Año 2022

MES	Máxima Demanda (Gal/día)	Consumo (Gal/mes)	Facturación (S./mes)
Enero	66	2 046	33 861,30
Febrero	61	1 708	28 267,40
Marzo	66	2 046	33 861,30
Abril	60	1 800	29 790,00
Mayo	65	2 015	33 348,25
Junio	62	1 860	30 783,00
Julio	66	2 046	33 861,30
Agosto	65	2 015	33 348,25
Setiembre	62	1 860	30 783,00
Octubre	64	1 984	32 835,20
Noviembre	64	1 920	31 776,00
Diciembre	66	2 046	33 861,30
Total		23 346	386 376,30

Nota. La información es elaboración propia

4.5.2 Calculo de la facturación mensual de gas natural.

De forma similar al ítem 4.1 y la tabla anterior se determina el consumo de gas natural al mes y se determina la categoría tarifaria.

Tabla 29

Consumo de gas natural equivalente

Mes	Equivalente energético (kJ/mes)	Consumo gas natural (m³/mes)	Categoría
Enero	270 573 682	10 261,4	IV
Febrero	225 874 804	8 566,2	IV
Marzo	270 573 682	10 261,4	IV
Abril	238 041 363	9 027,7	IV
Mayo	266 474 081	10 106,0	IV
Junio	245 976 075	9 328,6	IV
Julio	270 573 682	10 261,4	IV
Agosto	266 474 081	10 106,0	IV
Setiembre	245 97 6075	9 328,6	IV
Octubre	262 374 480	9 950,5	IV
Noviembre	253 910 787	9 629,5	IV
Diciembre	270 573 682	10 261,4	IV

Nota. La información es elaboración propia

Se demuestra tal como se determinó en el ítem 4.1 que la categoría tarifaria para el hospital es la IV.

Se presenta un ejemplo de cálculo para el mes de enero 2023.

Consideraciones de cálculo: según los costos unitarios aplicados a Chimbote en el mes marzo 2023. (Ver figura 15)

Costo unitario GNL= 0,82022 S/. /m³

Costo unitario Recargo FISE = 0,00736 S/. /m³

Costo unitario transporte virtual= 0,63608 S/. /m³

Costo unitario margen de capacidad = 10,45835 S/./m³/día

Costo unitario margen de distribución = 0,57719 S/. /m³

Se presenta el siguiente resultado:

$$\text{Facturacion GN sin IGV} == 24\,388,70 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

$$\text{Facturacion GN con IGV} = 28\,778,64 \left(\frac{\text{S/}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Reduccion de la facturacion} = 5\,082,66 \left(\frac{\text{S/}}{\text{mes}} \right)$$

Mientras que el porcentaje de la reducción de la facturación por combustible es:

$$\% \text{ de reduccion de la facturacion} = 15,01 \%$$

Seguidamente se presentan los resultados referentes a la facturación mensual para los 11 meses restantes del año y los ahorros potenciales obtenidos con la propuesta de implementación de la red interna de gas natural.

Tabla 30

Porcentaje de reducción de la Facturación por la propuesta de implementación

Mes	Consumo gas natural m ³ /mes	Facturación de gas natural sin IGV S./mes	Facturación de gas natural con IGV S./mes	Reducción de la Facturación (S./mes)	% de ahorro mensual
Enero	10 261,4	24 403,93	28 796,63	5 082,66	15,01%
Febrero	8 566,2	20 682,03	24 404,79	3 862,61	13,66%
Marzo	10 261,4	24 403,93	28 796,63	5 064,67	14,96%
Abril	9 027,7	21 571,25	25 454,07	4 335,93	14,55%
Mayo	10 106,0	24 034,17	28 360,32	4 987,93	14,96%
Junio	9 328,6	22 290,29	26 302,54	4 480,46	14,55%
Julio	10 261,4	24 403,93	28 796,63	5 064,67	14,96%
Agosto	10 106,0	24 034,17	28 360,32	4 987,93	14,96%
Setiembre	9 328,6	22 290,29	26 302,54	4 480,46	14,55%
Octubre	9 950,5	23 664,41	27 924,01	4 911,19	14,96%
Noviembre	9 629,5	23 009,33	27 151,01	4 624,99	14,55%
Diciembre	10 261,4	24 403,93	28 796,63	5 064,67	14,96%
Total	117 088,8	279 191,64	329 446,14	56 948,16	14,72%

Nota. La información es elaboración propia

4.5.3 Indicadores de rentabilidad.

a. Flujo de caja.

Inversión: Según las tablas 26 y 27 se tiene una Inversión del orden de S/. 484 478,50.

Los egresos totales están referidos a los costos por facturación anual de gas natural según lo detallado en la tabla 30 siendo un total de S/. 279 191,64 al año.

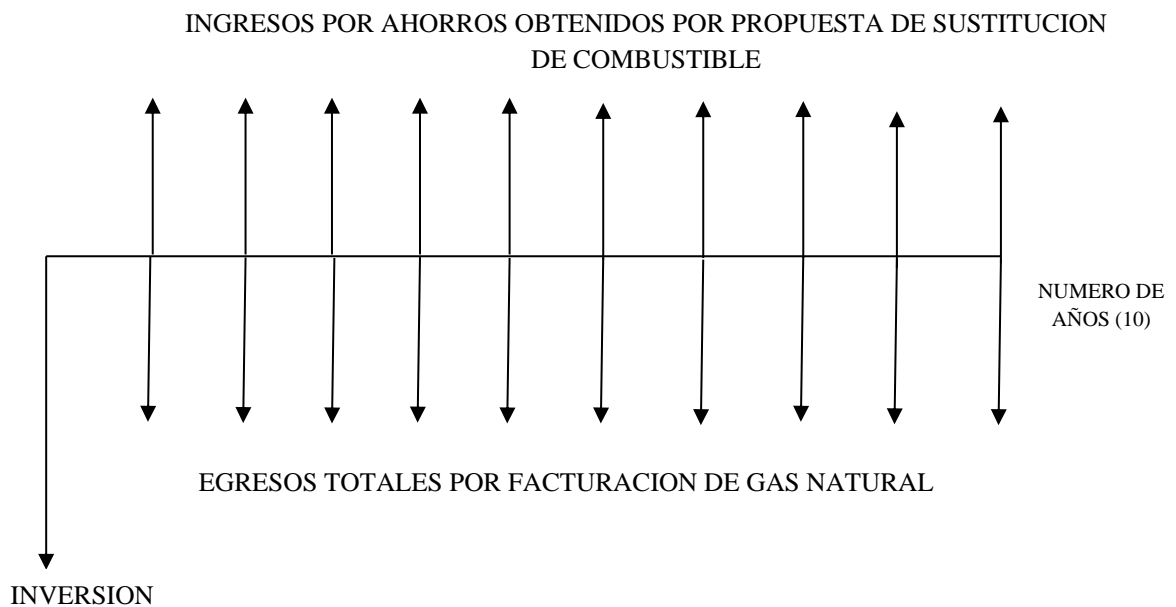
Los ingresos totales están referidos a los egresos dejados de realizar por la Facturación por combustible, según lo detallado en la tabla 268 es S/. 386 376,30 al año.

Las consideraciones para el cálculo de los indicadores de rentabilidad son los siguientes:

Tasa de Interés del mercado Eléctrico: 12 %.

Periodo de Evaluación del Proyecto: 10 años.

Figura 22

Flujo de Caja del Proyecto

Nota: Elaboración propia

- b. Valor actual neto. Según la ecuación 23 y 24, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{VAN} = 466\,341,24$$

Con lo cual al ser un valor positivo el valor del VAN entonces el proyecto es rentable.

- c. Tasa interna de retorno. Se emplea la ecuación 25, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{TIR} = 17,84\%$$

Se tiene un valor de la TIR igual a 17,84% valor superior a la tasa de interés del mercado el cual es 12 %, demostrándose que la propuesta de implementación es rentable.

- d. Periodo de recuperación de la inversión. Empleando la ecuación 26 se tiene el siguiente resultado

$$\text{PR} = 4,5 = 4 \text{ años } 6 \text{ meses}$$

4.6 Discusión de resultados.

- Los resultados en la determinación del equivalente energético permitieron determinar el valor de la máxima demanda de gas natural, para ello se realizó la comparación entre las potencias caloríficas suministradas por cada combustible, en este caso entre el petróleo BD5 consumido actualmente en el caldero y el gas natural. Con lo cual se determinó que la máxima diaria requerida de gas natural es de 331,01 m³/día, lo que representa un valor mensual de 9 930,4 m³/mes. Y le corresponde una categoría tarifaria IV. Del mismo modo teniendo en cuenta que se tiene un promedio de 8 horas de operación al día, al tener una producción intermitente según la demanda requerida de las diversas áreas de consumo de vapor, se obtiene una demanda de 40 m³/h, valor que es tomado como referencia para el dimensionamiento de la propuesta de instalación. La metodología de determinación del equivalente energético no solo se puede emplear para un solo consumidor, como es el caso de la presente tesis y lo que propone Valdivia (2018) con el diseño una red interna de distribución de gas natural para un hotel 5 estrellas en la ciudad de Arequipa con una demanda de 20 m³/h, sino también para empresas mas grandes como lo propuesto por Barrantes y Gómez (2020), para el diseño de una red interna de gas natural en la ciudad de Lima con una demanda base de 120 Sm³/h. O como lo propuesto por Carhuaricra (2017), para el diseño de una red interna para una sola planta con 5 puntos de consumo seleccionando una máxima demanda de 50 m³/h.
- Con respecto a la acometida se ha seguido lo establecido por la NTP 111.010 teniendo en cuenta que la presión máxima de suministro es de 5 bar (siendo la máxima presión en la red de distribución de 6 bar, muy distinto a la ciudad de Lima que oscila entre 12-18 bar) para un caudal autorizado de 40 Sm³/h con una velocidad de 1,81 m/s en la acometida, el cual es una velocidad inferior al máximo permitido que es de 25 m/s. La acometida esta normalizada y según ello se selecciona una tubería de 2" SCH 40 ASTM A53/A 106/API 5L Gr. B cuyo diámetro interno es de 52,51 mm, espesor de 3,91 mm, diámetro exterior de 60,33 mm, peso por unidad de longitud de 5,44 kg/m. Un valor mayor del diámetro de la tubería implica la reducción del diámetro de la tubería con lo cual se puede alcanzar una velocidad de remanso que es perjudicial para el flujo continuo de gas natural.
- Para el caso de la ERM, su dimensionamiento implica la aplicación de la NTP 111.010, para ello para cada componente se aplica diversas consideraciones técnicas, tal es el caso

de las tuberías que aplica la Norma ASME B31.8, o en las válvulas de bloqueo se tiene la norma S-DIO-049, que de alguna manera complementan a la NTP 111. 010. Por ejemplo Barrantes y Gómez (2020), tuvieron en cuenta una presión de suministro de 19 bar y tubería de 2" acero SCH 40 para la ERM y velocidad de 1,45 m/s. Mientras que para nuestra investigación. En la presente investigación se optó por una presión máxima de suministro en la ERM es de 5 bar para una máxima demanda de 40 Sm³/h con una velocidad de 1,77 m/s y se optó también por una tubería similar de 2" acero SCH 40. Obteniéndose una máxima caída de presión de 0,0004 barg.

- Con respecto a la red interna esta compuesta por 04 tramos desde el punto de salida de la ERM hasta el punto de consumo en el caldero que se encuentra en operación, la mayor parte del tramo de tubería, 99 metros, está enterrada, siguiendo lo dispuesto por la NTP 111.010. Se ha seleccionado en función a la presión y al requerimiento de gas natural tubería de 2" tubería SCH 40 SCH 40 ASTM A53/A 106/API 5L Gr. B cuyo diámetro interno es de 52,51 mm, espesor de 3,91 mm, diámetro exterior de 60,33 mm peso por unidad de longitud de 5,44 kg/m los tramos son lineales para evitar las caídas de presión. Del mismo modo de Barrantes y Gómez (2020), utiliza el mismo diámetro de tubería normalizada para los tramos con presión de 3 bar y 120 Sm³/h de gas natural, una velocidad de 3.98 m/s.
- Referente a la evaluación económica se ha superado el valor previsto en los ahorros obtenidos alcanzando un valor de 15,01 %, siendo el valor inicial de 5%, esto es debido a que a pesar de ser el hospital Eleazar Guzmán Barrón solo una empresa de servicios de salud, el costo del combustible actualmente es muy elevado (petróleo BD5) lo cual afecta notablemente a los costos operativos. Para nuestro caso la inversión de S/. 484 478,5 permite alcanzar un alto nivel de reducción de costos. En otros casos para Chávez (2017), el costo de implementación de la red interna tiene un valor de S/ 344 002,6 para una instalación del mismo tipo el año 2017, habiéndose incrementado los costos de instalación en un valor cercano al 30% a la fecha.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

- a. Se calculó la máxima demanda de gas natural para el hospital Eleazar Guzmán Barrón con un valor equivalente a 66 galones/día de petróleo BD5 que equivale a $331 \text{ Sm}^3/\text{día}$ de gas natural y para 8 horas efectivas de trabajo al día, se determinó una máxima demanda requerida de $40 \text{ Sm}^3/\text{día}$, con lo cual la categoría tarifaria es la IV.
- b. Se determinó las características de la estación de regulación y medición (según la figura 21) para la red interna de gas natural en el Hospital Eleazar Guzmán Barrón, siendo la presión de diseño 6 bar y la presión de suministro de la red de 5 bar, para lo cual se seleccionó tubería de acero 2" SCH40, medidor de caudal G40, regulador de presión Staflux 185 DN 2" y una válvula de alivio de 54D de $\frac{3}{4}$ " a 1".
- c. Se determinó los componentes de la red interna de gas natural (según el plano isométrico en el anexo) la cual partirá desde la ERM por media de tubería enterrada de 2" SCH 40 en 4 tramos a los puntos de consumo, principalmente el Caldero de 70 BHP, siendo la velocidad de flujo igual a 1,77 a 2,12 m/s y caídas de presión de hasta 0,037 y 0,044 bar para las presiones de suministro de 2/1,5 bar, con lo cual los valores obtenidos están por debajo de los máximos permitidos por la NTP 111.010.
- d. Se elaboró la memoria descriptiva para el cálculo de la red interna de gas natural la cual tiene una inversión de S/. 484 478,5 lo cual genera un ahorro de 15,01 % equivalente a S/107 184,66 año al sustituir el petróleo BD5 por gas natural superando lo propuesto en la hipótesis que inicialmente era del 5%.
- e. Se realizó una evaluación económica para un periodo de 10 años y una tasa de interés del 12 %, obteniéndose indicadores económicos favorables referentes a su rentabilidad así tenemos un VAN igual a S/. 466 341,66 y una TIR de 17,84%.

5.2 Recomendaciones

- a. A la entidad buscar los canales de inversión para implementar la propuesta de sustitución de combustible en este caso petróleo BD5 por gas natural, que en si es un problema complejo al ser la presente entidad dependiente del Ministerio de Salud, y actualmente no existe un plan definido en las entidades del estado en promover proyectos de cambio de combustible.

- b. Si bien, es cierto que la norma técnica peruana aún se encuentra vigente se recomienda revisar y actualizar algunos artículos de la norma con respecto a otros materiales que puedan emplearse y procedimientos de cálculo, ya que en otros países como Argentina y España se encuentran en una reforma de tercera generación, habiéndose quedado nuestro país en tan solo en la primera generación.

- c. Es necesario implementar en la Escuela Profesional de Ingeniería mecánica un curso de usos o tecnología del gas natural dentro de la malla curricular, siendo actualmente un nicho de mercado para los profesionales que egresan de esta casa de estudios.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tesis

Acosta, H. (2018). Diseño de un sistema de tuberías de material pe-al-pe para la instalación interna residencial de gas natural seco”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Trujillo.
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11093/Edwin%20Ramiro%20Echeverre%20Mendoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aguilar, R. (2022). Cogeneración de energía con grupos electrógenos para la generación de agua caliente sanitaria. Tesis para optar el título de ingeniero en energía. Universidad Nacional del Santa. Chimbote.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3911>

Baltodano, M. y Huamán, M. (2012). Estudio técnico-económico para la implementación de gasocentros virtuales de GNV desde Lima a Chimbote. Tesis para optar el título de ingeniero en energía. Universidad Nacional del Santa. Chimbote.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2293>

Barrantes, W. y Gómez, D. (2020). Efecto del diseño de la red interna para abastecimiento de gas natural en la Empresa Cogorno – Planta Ventanilla. Tesis para optar el título de ingeniero en energía. Universidad Nacional del Santa. Chimbote.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3547>

Barreto, F. y Castillo, F. (2014). Optimización de los indicadores de productividad de la empresa pesquera Ribaudó 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. Chimbote.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/1933>

Campomani, M. y 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. Chimbote.

<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/701/discover>

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.

Hansen, D & Mowen, M. Administración de costos, contabilidad y control. 5ta edición, México: Cengage Learning Editores, S.A de CV, 2007. ISBN: 978-607-481-343-2

Ita, L. (2021). Diseño del sistema de tuberías 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>

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.

file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/TSP_PREGRADO_LUCANA_FIME_2019.pdf

Luna, K. & Reyes, N. (2020). Análisis sectorial de la industria del Gas Natural en el Perú: avances y problemática actual. Tesis para optar el Grado de Máster en Dirección de Empresas. Universidad de Piura.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4912/MDE_2036.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Medina, G. (2020). La masificación del gas natural en el Perú: evaluación y propuestas para impulsarla. Tesis para optar el grado de Maestro en Regulación de Servicios Públicos. Pontificia Universidad Católica del Perú.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17905/MEDINA_PAZ_GERARDO_ALFONSO_MASIFICACION_DEL_GAS_NATURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Meléndez, S. (2006). Conversión a gas natural seco de una caldera pirotubular con potencia de 500 BHP que trabaja con diésel 2. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Ingeniería.

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3258667>

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/Perez%20Solis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pezo, Y. (2014). Diseño, instalación y puesta en marcha de la red externa para el abastecimiento de 18609 m³/h de gas natural a baja presión. Refinería la Pampilla ·Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Callao.

<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/255>

Rodríguez, L., Tinoco, R., Torres, C. y Vásquez, S. (2022). Análisis, Factores Críticos y Potencial para el desarrollo del Gas Natural mediante un Ducto Costero. Tesis para obtener el grado de Magíster en Gestión de la Energía. Universidad ESAN. https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3052/2022_MAGE_2019-1_03_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valdivia, C. (2018). Diseño del Sistema de Gas Natural para un Hotel en la ciudad de Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad San Agustín de Arequipa.

[file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/MCvatrca%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/MCvatrca%20(1).pdf)

Textos

Borras, E. (1987). *Gas natural: características, distribución y aplicaciones*. Editorial Reverte.

Castillo, P. (2010). Combustión Industrial del Gas Natural.

Peru.<https://es.scribd.com/document/157101721/Combustion-Industrial-de-Gas-Natural>

Cengel, Y. (2007). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. Editorial McGraw Hill.

Hicks, T. (2015). Cálculos de Ingeniería. Editorial Reverte.

Ormeño, Espinoza y Palacios (2008). Regulación del Gas Natural en el Perú: Estado del Arte al 2008. Edición GART OSINERGMIN. <https://www.yumpu.com/es/document/view/29370723/regulacion-del-gas-natural-en-el-peru-osinergmin>

ENLACES WEB

Becerra, M. y Rodríguez, R. (2017). Selección de Alternativas para el Suministro de Gas Natural en Colombia empleando el Proceso Analítico Jerárquico. Artículo Científico Revista Scielo. Colombia. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2017000200190&lang=es

Calidda gas natural del Perú (2018). Guía de respuestas para sistemas de distribución de gas natural. CALIDDA. Perú. Disponible en:
<https://www.calidda.com.pe/gas-natural/SiteAssets/Paginas/Mas-seguro-para-tu-familia%E2%80%8B/Documento%20N%C2%B01%20Gu%C3%ADa%20de%20respuestas%20sobre%20el%20sistema%20de%20distribuci%C3%B3n%20de%20Gas%20Natural.pdf>

Castillo, P. (2019). Combustión del Gas Natural. Independently Published. Perú. Disponible en:
<https://dokumen.tips/documents/combustion-industrial-de-gas-natural-56b7f627a63cc.html?page=3>

Emerson (2011). Medidor de turbina serie 1500. Daniel measurement and control, inc. una compañía de Emerson process management Houston, Texas. USA. Disponible en:
<https://www.emerson.com/documents/automation/manual-turbine-flow-meters-series-1500-sizes-3--18-daniel-es-104434.pdf>

Indecopi. (2006). Gas Natural Seco. Sistema de tuberías para instalaciones. Internas residenciales y comerciales. Gobierno del Perú. Disponible en:
<http://www.italcaseperu.com/download/NTP%20111.011%202006%20Instalaciones%20internas%20residenciales%20y%20comerciales.pdf>

Indecopi. (2016). NTP111.010 Norma Técnica Peruana Sobre Instalaciones de Gas Natural. Gobierno del Perú. Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/328233157/NTP111-010-Norma-Tecnica-Peruana-Sobre-Instalaciones-de-Gas-Natural>

Ministerio de vivienda y construcción del Perú. (2018). Norma Técnica de Edificación EM.40. Instalaciones de Gas. Gobierno del Perú. Disponible en:
http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/EM._040_INSTALACIONES_DE_GAS.pdf

Osinermin (2023). Portal web facilito. Osinermin. Gobierno del Perú. Disponible en:
<https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do>

Osinermin. (2018). Determinación de la Tarifa Única de Distribución de Gas Natural aplicables a la Concesión de Lima y Callao para el Período 2018-2022. Gobierno del Perú. Disponible en:
http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/gart/procesosregulatorios/gas-natural/tarifas-distribucion-gas-natural/Fijacion2018_2022/7Publicacion/INF_TEC-0117-2018-GRT_Prepublica_TUD_C%C3%A1lida_2018-2022_v23.pdf

Osinermin. (2019). Procedimiento de Facturación para el Sistema de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos de la Concesión Norte. Resolución N° 169-2019 OS/CD. OSINERGMIN. Disponible en:
<https://www.osinermin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2019/Osinermin-169-2019-OS-CD-EP.pdf>

Osinermin. (2016). Condiciones Generales del Servicio de Distribución de Gas Natural y de la Aplicación de las Tarifas al Usuario Final. Resolución N° 054-2016 OS/CD. OSINERGMIN. Disponible en:
https://www.osinermin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2016/R_OSINERGMIN_No.054-2016-OS-CD.pdf

- Osinermin. (2014). Masificación del Gas Natural. OSINERGMIN. Disponible en:
<http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/ciudadania/concesion-norte.html>
- Osinermin. (2008). Reglamento de Distribución de Gas Natural DECRETO SUPREMO N° 040-2008-EM y sus modificatorias. Consejo Directivo de OSINERGMIN. Disponible en:
<http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/pdf/TUO%20del%20Reglamento%20de%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Gas%20Natural%20por%20Red%20de%20Ductos.pdf>
- Preciogas (2023). ¿Para qué se utiliza el gas natural? Página web de empresa Preciogas. España. Disponible en:
<https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/usos#cocina-gas-natural>
- Quavii. (2023). Pliego Tarifario 2021-1. Empresa Quavii. Perú. Disponible en:
http://www.gasesdelpacifico.pe/cargar_imagen.php?id=1720&tipo=6&thumbnail=FALSE
- Quavii (2023). El Gas Natural y sus usos. Portal web de Empresa QUAVII. Perú. Disponible en:
<https://www.gasesdelpacifico.pe/el-gas-natural-y-sus-usos>
- SOLAU. (2018). MSP-M: Filtro magnético de flujo. SOLAU Imanes y separadores magnéticos. España. 2018. Disponible en:
<https://www.sollau.com/katalog/es-i7-filtro-magnetico-de-flujo-msp-mc.html>
- Tamayo, J., Jacome, J., Vásquez, A. y García, R. (2017). La industria del gas natural en el Perú. A diez años del Proyecto Camisea. Osinermin. Perú. Disponible en:
https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-10anios-Camisea.pdf

VII. ANEXOS

Anexo 1 Cálculo del equivalente energético.

Anexo 2 Cálculo de componentes de la estación de regulación y medición primaria.

Anexo 3 Ejemplo de cálculo tarifario y reducción de costos.

Anexo 4 Tuberías de acero para gas natural

Anexo 5 Entorno de cálculo para caídas de presión y velocidad permitida según NTP 111.010

Anexo 6 Catálogo de medidores de caudal

Anexo 7 Catálogo de reguladores de presión

Anexo 8 Catálogo Válvula de bloqueo o de corte.

Anexo 9 Catálogo de elemento filtrante.

Anexo 10 Planilla para análisis económico de la rentabilidad.

Anexo 11 Memoria de cálculo placa con orificio

Anexo 12 Propiedades del gas natural.

Anexo 13 Matriz de Operacionalización de las variables

Anexo 14 Autorización para la ejecución de tesis de ingeniería mecánica Universidad Nacional del Santa

Anexo 15 Plano isométrico de red interna

Anexo 16 Plano de ubicación de componentes de la red interna

Anexo 17 Memoria descriptiva red de distribución interna de gas natural

Anexo 1 Cálculo del equivalente energético.

Determinación de la potencia calorífica suministrada por el Petróleo BD5, según ecuación 4.

$$\text{Pot}_{\text{tsBD5}} = 66 \frac{\text{galon}}{\text{dia}} * 3,286 \frac{\text{kg}}{\text{galon}} *_{\text{BD5}} * 40\,245 \frac{\text{Kj}}{\text{kg}} = 8'728\,174,6 \text{ Kj/dia}$$

Determinación del flujo de gas natural, teniendo en cuenta las ecuaciones 3 y 5.

$$\text{Pot}_{\text{tsBD5}} = \text{Pot}_{\text{tsGN}} = 8'728\,174,6 \text{ Kj/dia}$$

$$\text{Pot}_{\text{tsGN}} = \dot{Q}_{\text{GN}} * 41\,200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{0,64 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 8'728\,174,6 \text{ Kj/dia}$$

$$\dot{Q}_{\text{GN}} = 331,01 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

La máxima demanda mensual de gas natural en unidades de flujo es igual a:

$$\dot{Q}_{\text{GN mes}} = 331,01 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} * 30 = 9\,930,4 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

En función a la máxima demanda equivalente de gas natural obtenida y la tabla N° 15, corresponde una categoría tarifaria IV.

Para el cálculo del caudal autorizado se tomará en cuenta lo siguiente, para 8 horas de operación:

$$Q_a = \frac{331,01}{8} = 36,77 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Anexo 2 Cálculo de componentes de la estación de regulación y medición primaria.

Para el cálculo del diámetro del medidor se realiza con la ecuación 7:

Dónde:

$$Q = 40 \text{ m}^3 = 1\,412,58 \text{ pie}^3/\text{h}.$$

$$h = 19 \text{ bar} = 7\,625,35 \text{ wc}$$

$$g = 0,64$$

$$C_d = 0,6$$

$$A = 0,01299 \text{ pul}^2$$

Con lo cual el diámetro es de 3,9 mm, el valor normalizado es de 2”.

Se selecciona un medidor de caudal de Tipo G40, con el cual se tiene un factor de reserva de:

$$\text{Factor de Reserva} = \frac{65}{40} = 1,625$$

Selección del regulador de presión.

Haciendo uso de las ecuaciones 9 y 10 y los valores de la Tabla N° 7:

Se verifica el cumplimiento de las condiciones para flujo crítico y sub-crítico:

Para flujo sub crítico: Cuando $P_2 > P_1 / 2$

$$3 > 10/2 = 3 > 5 \text{ NO CUMPLE FLUJO SUB CRÍTICO}$$

Para flujo crítico: Cuando $P_2 < P_1 / 2$

$$3 < 10/2 = 3 < 5 \text{ SI CUMPLE FLUJO CRÍTICO}$$

Se obtiene un valor de $C_g = 1\,122.5$

Selección de la válvula de bloqueo o corte.

Los parámetros de regulación de presión de válvula de bloqueo son:

$$P_{\text{bloqueo por sobrepresion}} = 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ bar}$$

El bloqueo por baja presión según especificaciones técnicas S-DIO-024 para válvulas de bloqueo por sobrepresión hasta 3” será hasta el 10% por debajo de la presión regulada.

$$P_{\text{bloqueo por baja presion}} = 2 \times 0,9 = 1,8 \text{ bar}$$

Anexo 3 Ejemplo de cálculo tarifario y reducción de costos.

Se presenta un ejemplo de cálculo para el mes de enero 2023.

Consideraciones de cálculo: se tienen los siguientes costos unitarios del gas natural para Chimbote del mes marzo 2023. (Ver figura 15)

Costo unitario GNL= 0,82022 S/. /m³

Costo unitario Recargo FISE = 0,00736 S/. /m³

Costo unitario transporte virtual= 0,63608 S/. /m³

Costo unitario margen de capacidad = 10,45835 S/./m³/día

Costo unitario margen de distribución = 0,57719 S/. /m³

Facturacion GN =(2,04085 S/. /m³)*consumo+ Cargo por margen de capacidad.

Para determinar cargo por margen de capacidad.

$$\text{Cargo por margen de capacidad} = \text{Margen de capacidad} * \frac{\text{Consumo}}{\text{N}^\circ \text{ 110ías mes}}$$

$$\text{Cargo por margen de capacidad} = 10,45835 * \frac{10\ 261,4}{31} = 3\ 446,7$$

Tenemos los siguientes cálculos:

$$\text{Facturacion GN sin IGV} = 2,04085 \left(\frac{\text{S/}}{\text{m}^3} \right) * 10\ 261,4 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \right) + 3\ 446,7 = 24\ 388,70 \frac{\text{S/}}{\text{mes}}$$

$$\text{Facturacion GN con IGV} = 28\ 778,64 \left(\frac{\text{S/}}{\text{mes}} \right)$$

$$\text{Reduccion de la facturacion} = 33\ 861,30 - 28\ 778,64 = 5\ 082,66 \left(\frac{\text{S/}}{\text{mes}} \right)$$

Del mismo modo se determina el porcentaje de la reducción de la facturación por combustible:

$$\% \text{ de reduccion de la facturacion} = \frac{5\ 082,66}{33\ 861,30} * 100\% = 15,01 \%$$

Anexo 4 Tuberías de acero para gas natural

DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	SCHEDULE 80				SCHEDULE 40			
		D.I	E.P	P.M.P	PESO	D.I	E.P	P.M.P	PESO
pulg	mm	mm	mm	P.S.I	Kg/m	mm	mm	P.S.I	Kg/m
14	355.60	317.60	19.00	7125.00	157.54	333.40	11.10	6880.17	94.31
12	323.85	288.89	17.48	7094.16	132.07	303.23	10.31	6836.99	79.71
10	273.05	242.87	15.09	7033.87	96.00	254.51	9.27	6760.7	60.24
8	219.08	193.88	12.70	6952.55	64.64	202.72	8.18	6682.02	42.49
6	160.2	140.34	10.97	6873.43	42.55	154.06	7.11	6675.22	26.26
5	141.30	122.24	9.53	6787.75	30.97	128.2	6.55	6606.02	21.77
4	114.30	97.10	8.56	6715.48	22.33	102.26	6.02	6431.62	16.08
3	88.90	73.66	7.62	6629.93	15.20	77.92	5.49	6344.38	11.29
2 1/2	73.03	59.01	7.01	6563.67	11.41	62.71	5.16	6202.47	8.64
2	60.33	49.25	5.54	6353.21	7.49	52.51	3.91	5972.71	5.44
1 1/2	48.26	38.10	5.08	6266.45	5.41	40.90	3.60	5897.44	4.05
1 1/4	42.16	32.46	4.85	6217.95	4.46	35.04	3.56	5855.26	3.39
1	33.40	24.30	4.55	6148.65	3.23	20.64	3.30	5787.67	2.50
3/4	20.07	10.85	3.91	5972.51	2.20	20.93	2.87	6582.02	1.08
1/2	21.34	13.88	3.73	5914.38	1.62	15.80	2.77	5510.61	1.26
3/8	17.15	10.75	3.20	5714.29	1.10	12.53	2.31	5234.14	0.85
1/4	13.72	7.60	3.02	5634.33	0.80	9.24	2.24	5106.10	0.63

Nota. Extraído de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3324>

Anexo 5 Entorno de cálculo para caídas de presión y velocidad permitida según NTP 111.010

RESET	Reporte	Acerca de	Salir
-------	---------	-----------	-------

Características Generales

Densidad relativa GN: <input type="text" value="0,64"/> Velocidad diseño: <input type="text" value="25"/> m/s Presion Regulada: <input type="text" value="4,000"/> barg	NOTA: Considerar Maxima Caída de Presión de 50% de la Presión Regulada inicial entre 2 etapas de regulación (NTP).
---	--

Planilla de Cálculo

¡¡SOLO RELLENAR LAS CASILLAS EN

ITEM	TRAMO	CAUDAL Sm3/h	LONGITUD m			PRESIONES barg		P1-P2 barg	cálculo	DIAMETRO DE CAÑERIA		VELOC. m/s
			Longitud Real	Accesorios	Longitud Cálculo	P1	P2			Adoptado AC Nom.[Diam. Int.]	Adoptado PE Nom.[Diam. Int.]	
1	A-B	40	99,2	Mostrar	119,68	1,900	1,897	0,003	14,20	2" [52,5]	-----	1,83
2	B-C	40	2,2	Mostrar	3,78	1,897	1,897	0,000	14,20	2" [52,5]	-----	1,83
3	C-D	40	10,75	Mostrar	21,78	1,897	1,897	0,000	14,20	2" [52,5]	-----	1,83
4	D-E	40	10,75	Mostrar	21,78	1,897	1,896	0,000	14,21	2" [52,5]	-----	1,83
5				Mostrar	16,12		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
6				Mostrar	1,05		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
7				Mostrar	8,30		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
8				Mostrar	7,88		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
9				Mostrar	1,05		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
10				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
11				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
12				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
13				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
14				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
15				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
16				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
17				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
18				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
19				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
20				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
21				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!
22				Mostrar	0,00		#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	-----	-----	#DIV/0!

Nota. Información obtenida de Tractebel Industrial Services

Anexo 6 Catálogo de medidores de caudal

Tamaños disponibles/condiciones de funcionamiento nominales (unidades métricas)									
Modelo	Qmax	Qmin	Rango	DN	Volumen cíclico	Distancia entre bridas	Peso Alum. HTR	Impulsos de baja frecuencia	Disponibilidad de la versión HTR
	m ³ /h	m ³ /h	máx.	mm	dm ³	mm	kg	Imp/m ³	Sí No
G10	16	0,5	1:30	40	0,18	121	3,5	10	X
G16	25	0,5	1:50	40	0,18		3,5	10	X
G25	40	0,5	1:80	40	0,26		4	10	X
G16	25	0,5	1:50	40 50	0,69	171	10/23	10	V Solamente DN50
G25	40	0,5	1:80	40 50	0,69		10/23	10	V Solamente DN50
G40	65	0,5	1:130	40 50	0,69		10/23	10	V Solamente DN50
G65	100	0,5	1:200	50	0,69		10/23	10	V
G65	100	1	1:100	80	1,11		12/30	10	V
G100	160	1	1:160	50	1,11		12/30	1	X
G100	160	1	1:160	80	1,11		12/30	1	V
G100 - Twin	160	1,6	1:100	80	1,73		20,5	1	X
G160 - Twin	250	1,6	1:160	80	1,73		20,5	1	X
G100	160	1,6	1:100	80	2,31		241	22,5/56	1
G160	250	1,6	1:160	80	2,31	22,5/56		1	V
G100	160	2,5	1:65	100	2,96	27,5/62		1	V
G160	250	1,6	1:160	100	2,96	27,5/62		1	V
G250	400	2,5	1:160	100	2,96	27,5/62		1	V
G250 - Twin	400	4,0	1:100	100	3,86	45		1	X
G400 - Twin	650	4,0	1:160	100	3,86	45		1	X
G400 - Twin	650	4,0	1:160	150	3,86	45		1	X
G400 - Twin	650	6,5	1:100	150	5,97	56		1	X
G650 - Twin	1000	6,5	1:160	150	5,97	56		1	X

Tabla 3 Tabla de capacidad y rango de medición (unidades métricas)

Nota. Información obtenida del Catálogo Pietro Florentini SAC

Anexo 7 Catálogo para reguladores de presión.

Staflux 185

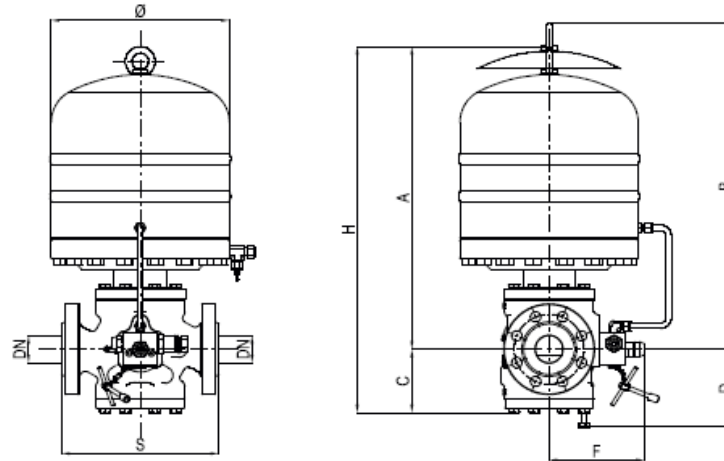


Figura 7 Dimensiones de Staflux 185

Pesos y dimensiones (para otras conexiones, póngase en contacto con su representante de Pietro Fiorentini más cercano)			
	[mm] pulgadas	[mm] pulgadas	[mm] pulgadas
Tamaño (DN)	25 1"	50 2"	80 3"
S - ANSI 300	197 7,75"	267 10,51"	317 12,48"
S - ANSI 600	210 8,26"	286 11,25"	336 13,22"
Ø	280 11"	324 12,75"	324 12,75"
A	500 19,68"	544 21,41"	573 22,55"
B	610 24,01"	650 25,59"	670 26,37"
C	95 3,74"	125 4,92"	145 5,70"
D	110 4,33"	160 6,29"	190 7,48"
F	170 6,69"	190 7,48"	220 8,66"
H	595 23,42"	659 26,33"	718 28,26"
Conexiones de tubing	Øe 10 x Øi 8 (con medidas imperiales a petición)		
Peso	kg libras	kg libras	kg libras
ANSI 300	65 143	98 216	115 253
ANSI 600	67 147	101 223	120 265

Tabla 5 Pesos y dimensiones

Nota. Información obtenida del Catálogo Pietro Fiorentini SAC


Anexo 8 Catálogo Válvula de bloqueo o de corte.

Dispositivo	Modelo	Función	Gama Wh		Tablas de muelles web link
			MPa	barg	
SB/82	102M	OPSO	0,02 - 0,55	0,2 - 5,5	TT 1331
		UPSO	0,02 - 0,28	0,2 - 2,8	
SB/82	102MH	OPSO	0,02 - 0,55	0,2 - 5,5	TT 1331
		UPSO	0,28 - 0,55	2,8 - 5,5	
SB/82	103M	OPSO	0,2 - 2,2	2 - 22	TT 1331
		UPSO	0,02 - 0,8	0,2 - 8	
SB/82	103MH	OPSO	0,2 - 2,2	2 - 22	TT 1331
		UPSO	0,02 - 0,8	0,2 - 8	
SB/82	104M	OPSO	1,5 - 4,5	15 - 45	TT 1331
		UPSO	0,16 - 1,8	1,6 - 18	
SB/82	104MH	OPSO	1,5 - 4,5	15 - 45	TT 1331
		UPSO	1,8 - 4,1	18 - 41	
SB/82	105M	OPSO	3 - 9	30 - 90	TT 1331
		UPSO	0,3 - 4,4	3 - 44	
SB/82	105MH	OPSO	3 - 9	30 - 90	TT 1331
		UPSO	4,4 - 9	44 - 90	

Nota. Información obtenida del Catálogo Pietro Florentini SAC

Anexo 9 Catálogo de elemento filtrante.

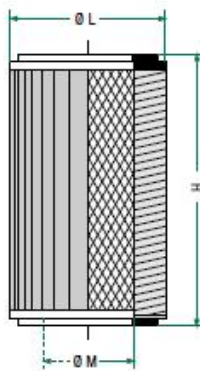
a




Elementos filtrantes | Filter Elements

Los filtros Tormene Americana utilizan elementos filtrantes estándar, y son construidos con fibras de poliéster y malla de acero de refuerzo. El elemento filtrante es capaz de retener las partículas sólidas con filtraciones hasta 5 micrones, y tiene una graduación nominal de 5 y 10 micrones.

The Tormene Americana's filters use standard filter element, constructed with felt polyester and drilled reinforcing steel plate. The filtering element is able to retain the solid particles with filtrations up to 5 microns, and has a nominal degree of 5 and 10 micron.



Modelo Type	H (mm)	Ø L (mm)	Ø M (mm)	Area de Filtrado (cm ²) Filtering Area (cm ²)
G 0.5	120	80	35	600
G 1	165	95	50	1.250
G 1.5	210	120	69	2.300
G 2	260	165	86	4.700
G 2.5	283	200	110	7.250
G 3	320	252	138	9.500
G 4	415	299	186	14.500
G 5	470	390	246	23.000



Nota. Información obtenida de Catálogo Empresa Tormene

Anexo 10 Planilla para análisis económico de la rentabilidad.

ANALISIS ECONOMICO				
	Ingresos			
	Ingresos	386376,30		
	Egresos	279191,64		
	Inversion Total			
	Inversion	484478,50		
Periodo	INVERSION	EGRESOS	INGRESOS	SALDO
0	484478,50			-484478,50
1		279191,64	386376,30	107184,66
2		279191,64	386376,30	107184,66
3		279191,64	386376,30	107184,66
4		279191,64	386376,30	107184,66
5		279191,64	386376,30	107184,66
6		279191,64	386376,30	107184,66
7		279191,64	386376,30	107184,66
8		279191,64	386376,30	107184,66
9		279191,64	386376,30	107184,66
10		279191,64	386376,30	107184,66
VAN	466,341,24			
TIR	17,84%			

Nota. Información con elaboración propia.

Anexo 11 Memoria de cálculo placa con orificio

G.- MEMORIA DE CALCULO PLACA CON ORIFICIO							Pag 1 de 1		
Función	limitador de caudal	Cliente							
Posición	Vertical	Obra							
Cantidad	1	Doc.		Rev.	A	Fecha	6/05/2023		
Datos de diseño									
Presión Máxima de trabajo		19,00 Bar <>	19,37 Kg/cm2	Caudal	40,00 Sm3/h				
Presión mínima de trabajo		5,00 Bar <>	5,10 Kg/cm2						
Calculo placa orificio									
Formula									
$A = \frac{Q}{1658.5 \times C_d} \times \sqrt{\frac{g}{h}}$									
Medidor	G250								
	Qmax	400	m3/h						
1 Presion Ingreso 19bar, Caudal 40 Sm3/h									
Q	1412,588	cfh	40	sm3/h					
A	0,01299651	sq.in							
Cd	0,6								
h	7635,264	wc	19,00	bar					
g	0,64								
Diametro	0,128638	in							
	3,3 mm		Mínimo						
2 Presion Ingreso 5bar, Caudal 40 Sm3/h									
Q	1412,588	cfh	40	sm3/h					
A	0,02453037	sq.in							
Cd	0,6								
h	2009,28	wc	5,00	bar					
g	0,6								
Diametro	0,176729	in							
	4,5 mm		Máximo						
3 Presion Ingreso 5bar, Caudal 2400 Sm3/h									
Q	84755,28	cfh	2400	sm3/h					
A	1,47182248	sq.in							
Cd	0,6								
h	2009,28	wc	5,00	bar (mínimo)					
g	0,6								
Diametro	1,368935	in							
	34,8 mm		ok	Alternativa 1					
De la tabla de sonic venturi nozzle and critical orifice sizes									
Elegimos, orificio crítico 26,4 Máx esp: 3,3 mm									
TABLE 2 — SONIC VENTURI NOZZLE AND CRITICAL ORIFICE SIZES									
(Based On Turbine Meter Rated Capacity, 0.6 Relative Density Gas) (See Note & Figure 8 on next page)									
TURBINE METER RATING	120% of RATING		SONIC VENTURI		CRITICAL ORIFICE		CRITICAL ORIFICE MAX. THICKNESS		
	cubic meters/h	cubic feet/h	mm	inch	mm	inch	mm	inch	
100	3500	120	4200	13.0	0.51	16.2	0.60	1.58	0.074
115	4000	138	4800	13.7	0.54	16.3	0.64	2.03	0.080
150	4500	156	5400	14.7	0.58	17.3	0.68	2.13	0.084
250	8800	300	10600	20.6	0.81	24.1	0.95	3.00	0.118
285	9000	306	10800	20.8	0.82	24.4	0.96	3.02	0.119
280	10000	336	12000	21.8	0.86	25.7	1.01	3.20	0.126
450	16000	540	19200	27.7	1.09	32.3	1.27	4.04	0.159
510	18000	612	21600	29.5	1.16	34.3	1.36	4.29	0.169
880	29000	816	28800	33.9	1.33	39.6	1.56	4.95	0.195
780	27000	912	32400	35.8	1.41	42.2	1.66	5.26	0.207
850	30000	1019	36000	37.8	1.49	44.2	1.74	5.54	0.218
1000	35000	1200	42000	40.9	1.61	47.8	1.88	5.99	0.235
1020	36000	1224	43200	41.4	1.63	48.5	1.91	6.07	0.239
1420	50000	1704	60000	49.0	1.93	57.2	2.25	7.16	0.282
1620	57000	1944	68400	52.3	2.05	61.2	2.41	7.65	0.301
1700	60000	2040	72000	53.6	2.11	62.7	2.47	7.82	0.305
2550	90000	3060	108000	65.5	2.58	76.7	3.02	9.60	0.378
2830	100000	3396	120000	69.1	2.72	81.0	3.19	10.11	0.395
4080	140000	4860	168000	81.6	3.22	95.8	3.77	11.86	0.471
4250	150000	5100	180000	84.6	3.33	99.1	3.90	12.40	0.488
6230	220000	7476	264000	102.6	4.04	120.1	4.73	15.01	0.597
6520	230000	7824	276000	104.9	4.13	122.7	4.83	15.34	0.604
7950	270000	9180	324000	113.5	4.47	132.8	5.23	16.61	0.654

Nota. Información con elaboración propia.

Anexo 12 Propiedades del gas natural.

N°	Descripción	Valor o detalle
1	Composición	95 % CH ₄ , 4% C ₂ H ₆ , 1% restante de H ₂ O, N ₂ , CO ₂ , C ₃ H ₈ , entre otros
2	Peso molecular	17,80 kg/kmol
3	Índice de Wobbe	48,41 MBTU/Nm ³
4	Poder calorífico inferior	41 200 kJ/kg
5	Densidad	Kg/m ³
6	Condiciones de transporte virtual como GNL	-161°C y 1 bar de presión
7	Calor específico a presión constante	8,57 kCal/Kgmol °C
8	Octanaje	130
9	Punto de autoignición	650°C
10	Límite de explosión	LEL: 4,14
11	Punto de inflamabilidad	-181 °C
12	Solubilidad en agua	22mg/l en agua a 25°C.
13	Características	Incoloro, inodoro, no toxico

Nota. Información obtenida de Osinergmin y Petroperú.

Anexo 13 Matriz de Operacionalización de las variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
VI: Diseño de la red interna	Cálculos de la red realizados según la demanda máxima requerida y para esto se debe considerar las condiciones estándar, para poder corregir aquellos casos en los cuales por altitud o por temperatura alteren las propiedades del gas natural fiscalizado. (Chávez, 2017)	Consideraciones de cálculo a tenerse en cuenta durante el cálculo de la red interna de suministro de gas natural según la NTP 111.010. Se emplea tanto para la estación de regulación y medición primaria como para la red interna.	Presión de diseño (bar)	Razón
			Presión regulada (bar)	Razón
			Diámetro de tuberías (pulg.)	Razón
			Caudal de diseño (m ³ /h)	Razón
VD: Reducción de costos.	Se refiere a la disminución del dinero que una organización o empresa desembolsa para la operación de una empresa día a día. Los gastos asociados incluyen el poder mantener un proyecto, los equipos en funcionamiento y una línea de producción. (Hansen y Mowen, 2007, pág. 37).	La disminución del gasto mensual de dinero facturado por el uso de combustible en el Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón.	Consumo de petróleo BD5 a reemplazar. (galón/mes)	Razón
			Costos de consumo de combustible BD5. (Soles/mes)	Razón
			Costos de consumo de combustible equivalente de gas natural. (Soles/mes)	Razón
			Costo de la instalación. (soles)	Razón

Anexo 14 Autorización para la ejecución de tesis de ingeniería mecánica Universidad Nacional del Santa



Dirección Regional de Salud Ancash EQUIPO DE TRABAJO MANTENIMIENTO Y TRANSPORTES
HR. Eleazar Guzmán Barrón
Nuevo Chimbote

“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

Nuevo Chimbote, 08 de agosto del 2023.

NOTA INFORMATIVA N°516- 2023/EQMYT.

ASUNTO : AUTORIZACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE TESIS DE INGENIERÍA MECÁNICA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

A : MSc Rusber Alberto Risco Ojeda
*Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional del Santa*

DE : ING. PABLOWILLIAM ABANTO VALLE
Responsable de Equipo de trabajo de mantenimiento y transporte.

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo muy cordialmente en nombre del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón de Nuevo Chimbote y en el mío propio.

A su vez, a través de la presente se hace presente que los Bach. DERIAN ALEJANDRO DÍAZ RODRÍGUEZ con DNI 70001653 y JUAN PEDRO PASTOR GARCÍA DNI 72429508, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Santa están **AUTORIZADOS** en la toma de datos e información y ejecución de Informe de la tesis titulada: "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INTERNA DE GAS NATURAL PARA REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL HOSPITAL ELEAZAR GUZMÁN BARRÓN".

Sin otro particular, me despido de Usted, no sin antes expresar los sentimientos de mi especial consideración personal.

Atentamente



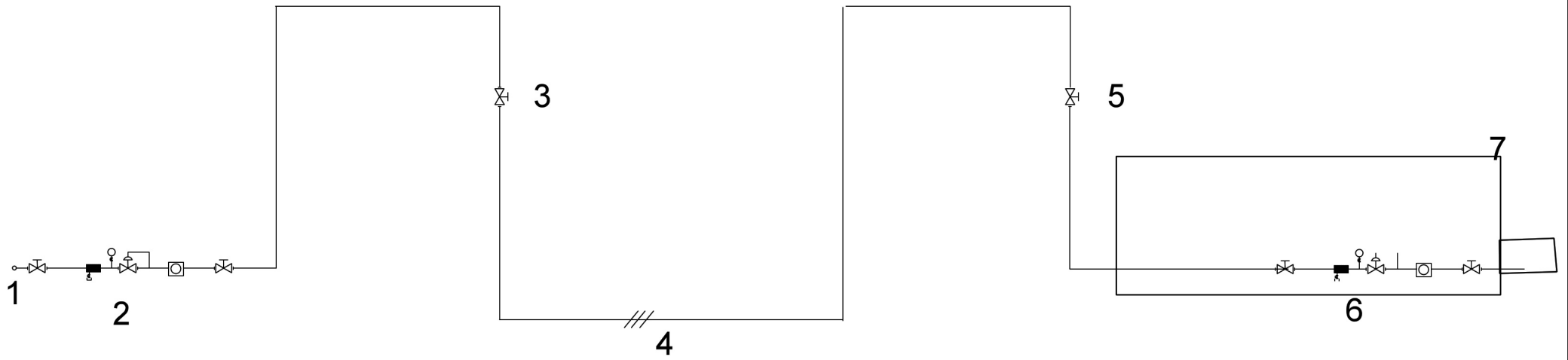
Ing. Pablo William Abanto Valle
CIP. N° 240427
RESP. DE EQUIPO DE TRABAJO
MANTENIMIENTO Y TRANSPORTES

PAV/veri
Cc. Archivo

Anexo 15 Plano isométrico red interna.

Anexo 16 Plano de ubicación de componentes de la red interna

LEYENDA	
N°	Denominacion
1	Acometida de red externa
2	E.R.M.P
3	Valvula de bloqueo principal
4	Tuberia enterrada 2" SCH 40
5	Valvula de bloqueo ingreso caldera
6	E.R.M.S
7	Caldero



HOSPITAL REGIONAL ELEAZAR GUZMAN BARRON			
PLANO DE UBICACIÓN DE COMPONENTES DE LA RED INTERNA			
UBICACIÓN : Av. Brasil, Nuevo Chimbote 02711		UBICACIÓN: Region Ancash Provincia Santa	PLANO N° HEGB-03
RESPONSABLE: Derian Diaz & Juan Pastor			
ESCALA: 1/10	FECHA: Jul-23		

Anexo 17 Memoria descriptiva red de distribución interna de gas natural

MEMORIA DESCRIPTIVA RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL

CLIENTE:

HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON


DIRECCION:

AV. BRASIL S/N. NUEVO CHIMBOTE

AUTORES:

Bach. Díaz Rodríguez, Derian Alejandro

Bach. Pastor García, Juan Pedro

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	EPIM-UNS	
		Nº Página:	2 de 12
		Nº Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

INDICE

1. DATOS DEL CLIENTE


2. DATOS DE LA EMPRESA INSTALADORA

3. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES DE CONSUMO
 - 3.1 Generalidades.
 - 3.2 Datos técnicos.

4. PARAMETROS DE DISEÑO
 - 4.1 Referencias Normativas
 - 4.2 Propiedades del Gas Natural
 - 4.3 Criterios Generales de Diseño
 - 4.3 Características del proyecto

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS
 - 5.1 Tuberías de Acero al Carbono
 - 5.2 Accesorios para tubería de acero
 - 5.3 Válvulas de cierre manual

6. PARÁMETROS DE DISEÑO
7. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN


	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	EPIM-UNS	
		N° Página:	3 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

1. DATOS DEL CLIENTE

PROYECTO	Propuesta de implementación de una red interna de gas natural para reducción de costos en el hospital Eleazar Guzmán Barrón- Red de Distribución Interna
PROPIETARIO	HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON
AREA	Generación de Vapor
CORREO	sistemas@hegb.gob.pe
CEL	(043) 311608
RUBRO	SERVICIO DE SALUD
UBICACION	DIRECCION: Av. Brasil S/N DISTRITO: Nuevo Chimbote PROVINCIA: Santa DEPARTAMENTO: Ancash

2. DATOS DE LOS PROYECTISTAS

PROYECTISTAS	Bach. Pastor García, Juan Pedro Bach. Díaz Rodríguez, Derian Alejandro
ASESOR	Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	EPIM-UNS	
		N° Página:	4 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES NUEVAS DE CONSUMO

3.1 Generalidades:

Debido a los elevados costos de combustibles y la necesidad de tener una producción sostenida y de bajo costo de vapor saturado para las Unidades de Servicio conformantes del Hospital Eleazar Guzmán Barrón, ubicada en el Distrito de Nuevo Chimbote y perteneciente al Ministerio de Salud, se desea utilizar como combustible el gas natural, por tal motivo se presenta la presente Memoria Descriptiva para la Propuesta de implementación de una red interna de gas natural para reducción de costos en el hospital Eleazar Guzmán Barrón


3.2 Datos técnicos:

CALDERO N° 1 70 BHP	
Cantidad	1
Caudal autorizado	40 Sm ³ /h
Tipo	Gas Natural
Presión de entrada	40 mbar
Diámetro de tubería	2"

4. PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1 Referencias Normativas

- Norma Técnica Peruana NTP 111.010 “GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales”.
- Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos (D.S. N° 040-2008).
- Las Referencias Normativas comprendidas en la Norma Técnica Peruana antes mencionada.

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	EPIM-UNS	
		N° Página:	5 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23


- Especificación Técnica S-DIO-015 “Diseño, construcción e instalación de una Acometida”- Calidda Ver.02
- ANSI/ASME B31.8 Fuel gas Piping
- ANSI B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings Gas Distribution Systems

4.2 Propiedades del Gas Natural.

Las propiedades del Gas Natural son particulares dependiendo de cada yacimiento y están relacionadas con la composición del mismo. Para el presente proyecto se ha considerado la siguiente composición del Gas Natural de Camisea. (Composición actual del Gas Natural suministrado vía gasoducto virtual a la ciudad de Chimbote y distribuida por la Empresa QUAVII S.A)

Tabla 1

N°	Descripción	Valor o detalle
1	Composición	95 % CH ₄ , 4% C ₂ H ₆ , 1% restante de H ₂ O, N ₂ , CO ₂ , C ₃ H ₈ , entre otros
2	Peso molecular	17,80 kg/kmol
3	Índice de Wobbe	48,41 MBTU/Nm ³
4	Poder calorífico inferior	41 200 kJ/kg
5	Densidad	0,64 Kg/m ³
6	Condiciones de transporte virtual como GNL	-161°C y 1 bar de presión
7	Calor específico a presión constante	8,57 kCal/Kg mol °C
8	Octanaje	130
9	Punto de autoignición	650°C
10	Límite de explosión	LEL: 4,14
11	Punto de inflamabilidad	-181 °C

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	EPIM-UNS	
		N° Página:	6 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

4.3 Criterios Generales de Diseño

4.3.1 Red Interna de Gas Natural:

Se instalará una válvula de corte general para poder cortar el suministro de Gas Natural a toda la instalación de la red interna, así como válvulas para aislar los puntos de consumo por seguridad.

Para el dimensionamiento de la red interna de gas natural se ha tomado en cuenta las capacidades máximas requerido por los equipos de combustión, en este caso se hace mención que esta referido al Caldero N° 1 de 75 BHP. Habiendo una conexión también para el Caldero N° 2 de 50 BHP que se encuentra en condición de reserva. El Factor de simultaneidad considerada para el cálculo es igual a la unidad. En la que se asume que a pesar de su operación intermitente del caldero N° 1, este permanece en operación como único equipo.

Los tramos de la red interna comprendidos entre dos etapas de regulación se han calculado con una caída máxima del 20% de la presión regulada al comienzo de estos tramos.


Los tramos de tubería que alimentan directamente los equipos de consumo, se han calculado de tal manera que la caída de presión entre el regulador que los abastece y los equipos de consumo no exceda el 10% de la presión regulada.

En todos los puntos de la instalación la velocidad de circulación del gas no supera los 25 m/s. De acuerdo a las características referenciales del gas de Camisea, se han usado los valores de 0.64 kg/m³ para la densidad del gas y 0.01058 Cp para la viscosidad.

Para el dimensionamiento de las tuberías se han usado las siguientes fórmulas de cálculo recomendadas.

- a) Para presiones de 0 a 50 mbarg la fórmula del Dr. Poole

$$Q = \sqrt{\frac{D^5 \cdot h}{2 \cdot s \cdot l}}$$

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO	EPIM-UNS	
	RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	N° Página:	7 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

Donde:

Q = Caudal en m³/h (condiciones estándar)

D = Diámetro en cm.

H = Pérdida de carga en mm. de columna de H₂O

s = Densidad relativa del gas

l = Longitud de tubería en metros, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen.

- b) Para presiones en el rango de 50 mbarg a 4 barg, la fórmula de Renouard simplificada, y válida para Q/D < 150

$$P_A^2 - P_B^2 = 48.6.s.L. \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Dónde:

P_A y P_B = Presión absoluta en ambos extremos del tramo, en kg/cm²

s = Densidad relativa del gas.

L = Longitud del tramo en metros, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen.

Q = Caudal en m³/h (condiciones estándar)

D = Diámetro en mm.


El trazado de tuberías se ha definido teniendo en cuenta las interferencias con respecto a otros servicios y considerando la flexibilidad de la tubería.

El Diseño de redes internas de la presente Planta Industrial, se pueden apreciar en el plano isométrico de la red interna: **HEGB-01**.

4.3.2 Carga térmica:

El cálculo del consumo de gas natural está dado por la capacidad nominal de los equipos, o por el consumo máximo diario de 331,01 m³/día con el cual se ha establecido el caudal autorizado de 40 m³/día.

Los consumos promedios mensuales para el centro de consumo se aprecian en la siguiente tabla.

	<p style="text-align: center;">MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO</p> <p style="text-align: center;">RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON</p>	EPIM-UNS	
		N° Página:	8 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

4.3.3 Red de distribución interna:

La red interna de gas natural según el plano isométrico presenta los siguientes tramos:


Tramo A-B desde la ERM con un total de 99 metros tubería de 2" tubería SCH 40 SCH 40 ASTM A53/A 106/API 5L Gr. B cuyo diámetro interno es de 52,51 mm, espesor de 3,91 mm, diámetro exterior de 60,33 mm, peso por unidad de longitud de 5,44 kg/m. Incluye una válvula de corte de 2", 5 codos de 90° y unión T. La red interna se ubicará sobre 0,60 metros sobre el lomo de la ERM, la distribución de la red interna será enterrada.

Los conductos deben ser continuos en toda su extensión, si bien pueden disponer de registros para el mantenimiento de las tuberías. Estos registros deberán ser estancos con accesibilidad de grado 2 ó 3. Cuando el ducto es metálico, no deberá estar en contacto con las estructuras metálicas del edificio ni con otras tuberías y debe ser compatible con el material de la tubería, a efectos de prevenir la corrosión.

Las tuberías externas deben estar soportadas con ganchos, abrazaderas, soportes colgantes o soportes de escuadra, de una resistencia y geometría adecuada, localizados en intervalos de espacio adecuados para prevenir o amortiguar una vibración excesiva. La tubería debe ser anclada para la prevención de esfuerzos indebidos sobre los equipos conectados y no debe estar soportada por otras tuberías. Los ganchos y soportes de la tubería deben cumplir con la norma ANSI-MSS SP58.

Las tuberías enterradas deben instalarse sobre una capa sin materia orgánica ni material plástico, puede ser capa de arena de 30 cm de espesor. El recorrido de la tubería debe ser por sitios protegidos contra daño mecánico. Las tuberías no deberán estar en contacto con estructuras metálicas, varillas, polos de sistema puesta a tierra.

La excavación debe tener una profundidad mínima de 100 cm para garantizar que la tubería no sufra aplastamiento ni reducción en su área de flujo.

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO		EPIM-UNS	
	RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON		N° Página:	9 de 12
			N° Revisión:	01
			Fecha de emisión	28/09/23

Las uniones metálicas deben ser revestidas de tal manera se asegure la continuidad del revestimiento de las tuberías. Para las tuberías metálicas es recomendable la aplicación de la técnica de recubrimiento con tres componentes (capa de imprimación/cinta de butilo/cinta de PE). Debe someterse a pruebas de tintas penetrantes END antes de tapar la zanja. La prueba deberá ser según el método STANDARD AP1 1104- Ed. 2013-Titulo 11.3-ASTM E165 y para el criterio de aceptación deberá tomarse en cuenta el STANDARD API 1104— Ed. 2013-Titulo 9.5 para uniones soldadas.

Tramo B-C longitud 2,20 m. incluye 1 codo de 90°, Este tramo esta referido a la derivación desde el final del tramo A-B hacia el Caldero de 50 BHP, el cual se encuentra fuera de servicio, pero se incluye en la red interna debido a que se proveer en el futuro su pronto restablecimiento, el cual pasaría a condición de stand by. Así mismo la normatividad indica que se deben incluir todos los consumidores ubicados dentro del predio a suministrar gas natural.

Tramo B-D longitud 10,75 m incluye 2 codos de 90 ° y 1 válvula de corte culminando en el punto de suministro del Caldero de 70 BHP.


Tramo C-E longitud 10,75 m incluye 2 codos de 90 ° y 1 válvula de corte culminando en el punto de suministro del Caldero de 50 BHP.

4.4 Características del proyecto.

Tabla 2

Planilla de cálculo para red interna de gas natural con presión de suministro de 2 bar

TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg			DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2	P1-P2 barg	cálculo	Adop.			
A-B	40	99,2	119,68	2	1,9974	0,0026	13,96	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
B-C	40	2,2	3,78	1,997386	1,9973	0,0001	13,97	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
C-D	40	10,75	21,78	1,997303	1,9968	0,0005	13,97	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada
D-E	40	10,75	21,78	1,996827	1,9964	0,0005	13,97	2"	1,77	Tubería de Acero SHD40	Soldada

	<p style="text-align: center;">MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO</p> <p style="text-align: center;">RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON</p>	EPIM-UNS	
		N° Página:	10 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS

5.1 Tuberías de Acero al Carbono

Las áreas deberán cumplir con la norma ASTM A 53, ASTM A 106 ó ANSI/ASME B 36.10 y estas deberán ser de Cédula 40.

Las tuberías aéreas deberán ser protegidas contra la corrosión con dos capas de pintura de pintura epóxica con 8 mills de espesor y una capa de acabado de 4 mills de espesor con pintura a base de poliuretano.

5.2 Accesorios para tubería de acero

Los accesorios de línea (codos, bridas, tees, reducciones) deberán estar de acuerdo a las normas ANSI B16.9 y ANSI B16.28 según corresponda y deberán de ser de la Clase # 150.

Los accesorios para roscar, deberán tener rosca cónica conforme a las normas ISO 7.1, ISO 228.1, ANSI/ASME B1.20.1 ó equivalente.


5.3 Válvulas de cierre manual

Las válvulas deberán cumplir con las normas API 6D, API 607, ASME/ANSI B 16.4, y la norma MSS SP-25 o equivalente. Todas Las Válvulas deberán ser Clase 150.

Las válvulas para las aplicaciones aéreas deberán ser enteramente metálicas, incluyendo el cuerpo, elemento sellante, etc. Asimismo deberán ser resistentes a altas temperaturas. Las válvulas deberán ser fáciles de operar y serán preferentemente de tipo esférica o de bola.

6. PARAMETROS DE DISEÑO

- Presión de diseño : 2 bar.
- Presión Mínima : 1,5 bar.
- Caudal autorizado : 40 Sm³/h.
- Caudal a consumir : 80 Sm³/h.
- Presión Regulada : 2 bar.

	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON	EPIM-UNS	
		N° Página:	11 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

7. ETAPA DE CONSTRUCCION

Inspección visual: Esta actividad permite la identificación de materiales que no cumplen con las especificaciones requeridas y permiten realizar los correctivos para los defectos detectados durante el proceso de fabricación, reduce la necesidad de realizar ensayos no destructivos posteriores.

Inspección por líquidos penetrantes: Es un tipo de ensayo no destructivo, en la cual se aplican líquidos sobre la superficie del elemento a examinar, los líquidos penetran por capilaridad en las imperfecciones de una unión soldada. Luego de retirarse el exceso de líquido quedando a la vista las imperfecciones (poros, fisuras, etc.). Existen dos tipos de líquidos penetrantes, los fluorescentes y los no fluorescentes, siendo estos últimos los de mayor uso.

Inspección radiográfica. La radiografía industrial es empleada en la detección de variaciones de una región de un determinado material que presentan una diferencia en el espesor comparándola con una región vecina (es un método muy eficaz en la detección de defectos volumétricos con gran sensibilidad defectos volumétricos).


Los cordones de soldadura serán inspeccionados mediante radiografiado industrial para las juntas soldadas a tope, y por medio de tintes penetrantes para las uniones soldadas a Socket Weld, de acuerdo al ASME B31.3 o equivalente (STANDARD AP1 1104- Ed. 2013-Titulo 11.3-ASTM E165)

El porcentaje de pruebas radiográficas para las juntas a tope serán del 10% y el porcentaje de pruebas por tintes penetrantes a las juntas soldadas a Socket Weld será del 100%.

Los ensayos deberán ser efectuados por una Empresa Especializada en el rubro y avalada por un profesional especializado del Nivel II de inspector de soldadura.

Pruebas de hermeticidad.

Finalizado el montaje del sistema de tuberías de la red interna, deberá verificarse su hermeticidad, utilizando como fluido el aire o nitrógeno, con el propósito de ubicar y eliminar las fugas en la instalación. La prueba de presión de hermeticidad debe ser 1.5 veces la presión máxima admisible de operación (MAPO) la cual se aplica en un periodo no menor a 2 horas. En el caso de sistema de tuberías con una MAPO de 60 mbar o menos, para la presión de prueba de hermeticidad es de 100 mbar como mínimo

	<p align="center">MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO</p> <p align="center">RED DE DISTRIBUCION INTERNA DE GAS NATURAL HOSPITAL ELEAZAR GUZMAN BARRON</p>	EPIM-UNS	
		N° Página:	12 de 12
		N° Revisión:	01
		Fecha de emisión	28/09/23

La prueba de hermeticidad deberá ser realizada según procedimiento constructivo correspondiente y ser avalada por una empresa Certificadora autorizada por INACAL.

Prueba del comisionado de equipos.

El suministrador de los equipos y/o el profesional competente deberán verificar los dispositivos de seguridad del quemador (presostatos, válvulas automáticas de corte, detectores de llama, etc.) en condiciones de operación tan pronto como sea posible, para certificar si están operando de manera óptima. El equipo de consumo debe cerrarse de inmediato si se verifica cualquier eventualidad durante la puesta en marcha de la instalación. Los defectos deberán ser corregidos a la brevedad antes de ponerse nuevamente en marcha la instalación.