

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE GAS
NATURAL PARA LA ALIMENTACIÓN DE LOS
EQUIPOS TÉRMICOS DEL HOSPITAL GENERAL
SANTA ROSA- PUEBLO LIBRE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

MANUEL JESÚS NEYRA CHOCCE

CALLAO, 2018

PERÚ

ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TITULO PROFESIONAL
MODALIDAD: INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA
PROFESIONAL

A los **CUATRO** días del mes de **OCTUBRE** del dos mil dieciocho, siendo las 11.00 horas, se procedió a la instalación del Jurado de Exposición de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Resolución Decanal N° 010-2018-D-FIME-J-EXP-ITSQ), conformado por los siguientes docentes:

- **PRESIDENTE** : **Mg. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY**
- **SECRETARIO** : **Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS**
- **VOCAL** : **Ing. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA**
- **ASESOR** : **Msc. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS**

Con el fin de dar inicio a la **EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** presentado por el Sr. Bach. en Ing. Mecánica **NEYRA CHOCCE, Manuel Jesús**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, expondrá el **Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional**, titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE GAS NATURAL PARA LA ALIMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS TÉRMICOS DEL HOSPITAL GENERAL SANTA ROSA – PUEBLO LIBRE"**.

Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Exposición de **Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional** de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por Aprobado con el calificativo de BUENO (15) al Sr. Bach. Ing. Mecánica **NEYRA CHOCCE, Manuel Jesús**.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 12.25 del día 04 de Octubre del 2018.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
OFICINA DE SECRETARIA GENERAL

Msc. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY PRESIDENTE
Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS SECRETARIO
Ing. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA VOCAL
Msc. GUSTAVO ORDOÑEZ CARDENAS ASESOR

Callao, ... 3 de NOV ... 2018 del 20



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Oficina de Secretaría General

Mg. César Guillermo Jáuregui Vinueza
Secretario General

DEDICATORIA

*A mi esposa, mis hijas y a mi hijo
V́ctor Manuel por las sugerencias
acertadas para la realizaci3n del
presente trabajo.*

AGRADECIMIENTO

A Dios que nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr mí meta.

A mis padres Serafina y Cornelio, por infundir en mi la lucha y el deseo de superación

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
I. OBJETIVOS.....	6
1.1 Objetivo General.....	6
1.2 Objetivos Específicos	6
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	7
2.1 Reseña Histórica	7
2.2 Declaraciones Estratégicas	7
2.3 Organigrama.....	8
III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	10
3.1 Servicios.....	10
3.2 Principales Clientes	10
IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA....	12
4.1 Descripción del Tema	12
4.2 Antecedentes.....	13
4.3 Planteamiento del Problema.....	13
4.4 Justificación	14
4.5 Marco Teórico.....	14
4.5.1 Antecedentes de Estudio.....	14
4.5.2 Bases Teóricas	16
4.5.3 Definiciones Básicas	24
4.5.4 Marco Normativo	29
4.6 Fases del proyecto	32

4.6.1	FASE I: Ingeniería Preliminar.....	35
4.6.2	FASE II: Diseño de la red de gas natural.....	37
4.6.3	FASE III: Implementación de la Red de Gas Natural.....	58
4.6.4	FASE IV: Prueba y Entrega del Proyecto.....	94
V.	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....	98
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
6.1	Conclusiones.....	106
6.2	Recomendaciones.....	107
VII.	REFERENCIALES.....	108
VIII.	ANEXOS Y PLANOS.....	110
8.1	Anexos.....	110
8.2	Planos.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Organigrama de la Empresa Ingeniería de Fluidos E.I.R.L.	10
FIGURA N° 02: Bobinas de Polietileno	22
FIGURA N° 03: Tendido de Tuberías Bajo Tierra	24
FIGURA N° 04: Plano de Ubicación del hospital Santa Rosa	37
FIGURA N° 05: Estación de Regulación y Medición Primaria de la Red ..	39
FIGURA N° 06: Diagrama de la ERS	44
FIGURA N° 07: Distancias mínimas entre las tuberías	61
FIGURA N° 08: Identificación del tipo de electrodo según material base	68
FIGURA N° 09: Soldadura de Fusión	74
FIGURA N° 10: Principio de la Caldera Piro tubular	84
FIGURA N° 11: Caldero del Hospital Santa Rosa	84
FIGURA N° 12: Quemador del Caldero del Hospital Santa Rosa	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Tuberías de acero y espesor mínimo de la tubería	19
TABLA N° 2: Tubería de cobre, diámetro externo y espesor de pared	21
TABLA N° 3: Tuberías de polietileno SDR 17,6 serie métrica Tamaño nominal y espesor de la pared	25
TABLA N° 4: Material de la tubería en función de la ubicación	52
TABLA N° 5: Soporte de tubería	60
TABLA N° 6: Distancias mínimas entre las tuberías que conducen gas y tuberías de otros servicios	61
TABLA N° 7: Material base para Aplicación	66
TABLA N° 8: Identificación del tipo de electrodo según material base	67
TABLA N° 9: Tubería sch 40- Ø6”.....	69
TABLA N° 10: Tubería sch 80-Ø4”.....	69
TABLA N° 11: Almacenamiento de los residuos sólidos según su clasificación	69
TABLA N° 12: Comparación de los precios de los combustibles líquidos vs Gas natural	102
TABLA N° 13: Comparación del mantenimiento que se debe hacer con los equipos que usan gas natural vs diesel.	103
TABLA N° 14: Costos de la Inversión	104
TABLA N° 15: Categoría vs Precios	105

INTRODUCCIÓN

El gas natural es un combustible gaseoso que tiene como componente predominante al metano, siendo uno de los más limpios a la hora de la combustión y más económico en comparación de los combustibles fósiles tradicionales, por lo que su uso es beneficioso en especial en una ciudad como Lima, ya que según lo manifestado por la Organización Mundial de la Salud (2017). Lima es una de las ciudades con el aire más contaminadas de Latinoamérica, siendo la fuente principal de contaminación el parque automotor.

Es por este motivo y contando con la llegada del gas natural a la ciudad de Lima, que la administración del hospital vio la conveniencia de ejecutar este proyecto que fue realizado el 2008, por lo que contrato a la empresa Ingeniería de Fluidos E.I.R.L para realizar el proyecto de ***“Implementación de una Red de Gas Natural para la Alimentación de los Equipos Térmicos del Hospital General Santa Rosa - Pueblo Libre”***, el cual permitió repotenciar a los equipos térmicos que se encontraban dentro del proyecto.

Por otro lado el proyecto se dividió en cuatro fases, iniciando por una ingeniería preliminar que se basó en un reconocimiento del proyecto con el fin de explorar sus facilidades que ayudaron a la planificación de la misma, como segunda fase realizo el diseño de la red, que es en donde se realizaron los cálculos para la selección de la estación reguladora y medición primaria de la red, así como el dimensionamiento de las tuberías, así mismo como tercera fase se realizó la implementación de la red de gas natural, la cual consistió en el montaje en obra propiamente dicha y la reconversión de los equipos para ser utilizados con gas natural, por último en la cuarta fase encontramos a las pruebas y entrega del proyecto. Así mismo esta implementación tuvo un beneficio económico / ambiental, debido a que este combustible es menos contaminante y más barato.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Implementar una Red de Gas Natural para Abastecer Combustible gaseoso a los Equipos Térmicos utilizados en el Centro Hospitalario Santa Rosa –Pueblo Libre; afín de reducir sus costos de operación y mantenimiento.

1.2 Objetivos Específicos

- Reconocer las instalaciones de la casa de fuerza y servicios auxiliares que serán abastecidos con gas natural, afín de proyectar la red de alimentación de combustible y estaciones de regulación de presión.
- Evaluar las condiciones de operación y demanda del gas natural en la red, para su dimensionamiento y selección de las estaciones de regulación de presión.
- Implementar procedimientos constructivos para la red de gas natural afín de satisfacer la demanda de los servicios auxiliares y equipos térmicos con la modificación de sus quemadores.
- Garantizar la proyección segura de la red de suministros de gas natural mediante las pruebas realizadas según las normas nacionales e internacionales existentes, para posterior entrega del proyecto.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

2.1 Reseña Histórica

La empresa Ingeniería de Fluidos E.I.R.L. con RUC 20101257828, Es una empresa que realiza los trabajos de montaje, instalación y servicios tuberías y equipos térmicos (calderos, intercambiadores de calor), conversión de equipos a gas natural, fundada en 1988, se encuentra ubicada en Av. Brigadier Pumaqchahua Nro. 1634 (Lima - Lima - Jesús María).

La empresa desde su fundación ha dedicado gran parte de sus recursos humanos y económicos, al desarrollo de nuevas tecnologías como es el caso de las conversiones de equipos a gas natural, para tal fin el personal de mayor calificación es enviado periódicamente al extranjero, como es el caso para equipos térmicos a Alemania, y para la conversión de equipos a gas natural a la república de Argentina.

En la actualidad la empresa está realizando trabajos de conversión de equipos a gas natural, residenciales, comerciales e industriales en diferentes zonas de la capital y provincias, así mismo la empresa está integrada por personal altamente calificado y tiene como principal consigna brindar el mejor servicio a sus clientes.

2.2 Declaraciones Estratégicas

Misión

Somos una empresa que brinda soluciones en el rubro energético en instalación y conversión de equipos a gas, ofreciendo un valor agregado a nuestros clientes, trabajado responsablemente con estándares nacionales e internacionales y un excelente equipo humano.

Visión

Ser una de las mejores empresas reconocidas en el Perú, que brinda servicios de ingeniería, instalación y conversión de equipos a gas para las industrias.

2.3 Organigrama

Las funciones más importantes de la gerencia son:

- Hacer cumplir los acuerdos de la junta administradora.
- Vigilar el cumplimiento de los programas.
- Coordinar con la dirección de las áreas de la empresa.
- Formular el proyecto del programa general

Sección de abastecimiento

Realiza la adquisición de los materiales y repuestos a fin de satisfacer las necesidades logísticas de las diferentes áreas de la empresa. Cuenta con un almacén de control de stock y un grupo que realiza las adquisiciones y compras en el mercado local y/o en el extranjero.

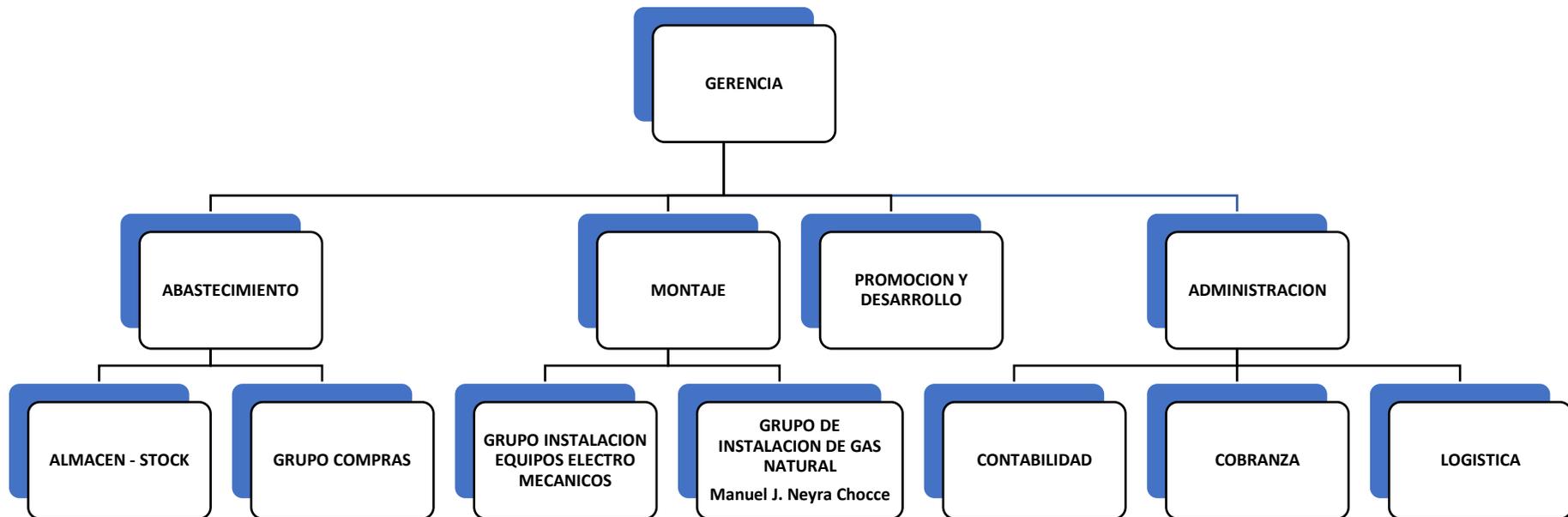
Sección montaje

Esta sección cuenta con personal altamente calificado con la finalidad de realizar el montaje, instalación y servicio de los trabajos que realiza esta empresa. Para cumplir este objetivo cuenta con un equipo de técnicos para el montaje de equipos electromagnéticos, un equipo de instaladores de gas natural y un equipo de mantenimiento general.

Sección de promoción y desarrollo

Es un grupo de personas especializadas en promoción y desarrollo, que se dedican al seguimiento de las licitaciones estatales y/o privadas; con la finalidad de captar o ganar dichos proyectos para la empresa y poder realizar los trabajos correspondientes.

Figura N° 1: Organigrama de la Empresa Ingeniería de Fluidos E.I.R.L.



Fuente: Elaboración Propia

III. ACTIVIDADES DESARROLLADOS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

3.1 Servicios

Los servicios que realiza la empresa Ingeniería de Fluidos E.I,R.L. son los siguientes:

- **Reconversión de equipos a gas natural de las zonas residenciales, comerciales e industriales.**

Nuestra empresa brinda soluciones en el área energética de gas realizando diseño de redes de gas en zonas residenciales e industriales, así como la implementación y reconversión de los equipos para el trabajo a gas natural.

- **Montaje de maquinarias electro mecánicas.**

Nuestra empresa brinda soluciones de adquisición, montaje y mantenimiento de equipos electro mecánico, contando con profesionales de amplia experiencia.

- **Montaje de equipos térmicos.**

Nuestra empresa brinda soluciones de adquisición, montaje y mantenimiento de equipos térmicos, contando con profesionales de amplia experiencia.

3.2 Principales Clientes

Reconversión de equipos a gas natural de las zonas residenciales, comerciales e industriales.

- Instalación de la red de Gas Natural en la clínica Stella Maris para 2 calderas de 80 BHP y 2 de 30 BHP. 2009.

- Mantenimiento de la red de gas Natural en el Hospital de Maria Auxiliadora, Lima.2010.
- Suministro e instalación de válvulas reguladoras de gas natural de 2" para 2 calderos de 100 BHP en el instituto nacional de enfermedades neoplásicas. 2012.
- Instalación de la red de Gas Natural en la clínica Stella Maris para 2 calderas de 100 BHP. 2009.

Montaje de maquinarias electro mecánicas.

- Suministro en instalación de 2 bombas Hidrostral de 11.5 Hp con tableros eléctricos para funcionamiento automatizado, alternado. Clínica Stella Maris. 2009.
- Mantenimiento del sistema mecánico y eléctrico a la casa de fuerza de la piscina de Acel Potao. 2008.

Montaje de equipos térmicos.

- Montaje de kits completo para la reconversión del sistema de combustible de vehículos gasolineros a gas natural para el servicio de taxis metropolitanos. 2008.

IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

4.1 Descripción del Tema

El hospital General Santa Rosa fue inaugurado como centro asistencial el 26 de Julio de 1956, su principal objetivo es el de atender a familias de modestos recursos económicos, actualmente Cuenta con 14 especialidades, con tecnología de vanguardia, siendo las siguientes:

- Medicina
- Medicina física y rehabilitación
- Gineco - obstetricia
- Pediatría
- Cirugía
- Oncología
- Emergencia y cuidados críticos
- Anestesiología y centro quirúrgico
- Patología clínica y anatomía patológica
- Odontología
- Nutrición y dietética
- Servicio social
- Farmacia
- Diagnóstico por imágenes.

Sin embargo, al tener equipos que utilizan Diésel, estos combustionan generando gases nocivos a la salud humana, como como son los óxidos de nitrógeno NO_x , el cual tiene efectos nocivos sobre el sistema respiratorio. Demostrando que al exponerse la persona en forma prolongada al dióxido de nitrógeno (NO_2) pueden disminuir los niveles de la función pulmonar y aumentar el riesgo de padecer síntomas respiratorios, especialmente en personas asmáticas en niños y en

personas de la tercera edad, provocando enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

En el caso del dióxido de azufre SO_2 este repercute en la salud de diferentes formas causando Opacamiento de la córnea, dificultad para respirar, inflamación de las vías respiratorias, irritación ocular por formación de ácido sulfuroso, alteraciones psíquicas, edema pulmonar, paro cardiaco y colapso circulatorio, por lo que un cambio de sistema de alimentación de combustible era necesario.

4.2 Antecedentes

El hospital General Santa Rosa es un centro hospitalario, el cual brinda un servicio social a la comunidad, para ello cuenta con equipos necesarios para brindar que funcionan con combustible fósil, los cuales se detallan a continuación:

- 02 calderos de 100 BHP c/u, en la Casa de Fuerza.
- 02 cocinas de 03 hornillas 01 cocina de 06 hornillas en la cocina.
- 01 secadora de ropa de 45 Kg en la lavandería.
- 02 cocinas de 02 hornillas en el laboratorio.
- 02 mecheros de Bunsen.

Sin embargo, para el encendido de estos se empleaba el petróleo y el gas licuado de petróleo, como fuente de energía, ocasionando de esta manera un perjuicio por la contaminación ambiental por lo que fue necesario reconvertir estos equipos para que operaran con Gas Natural.

4.3 Planteamiento del Problema

Debido a la masificación progresiva en la utilización del gas natural como fuente alternativa de combustible, por su bajo costo de adquisición y general menor contaminación ambiental en comparación al petróleo. Ante esta problemática se plantea el problema siguiente.

¿Cómo Implementar una red de Gas Natural para abastecer combustible a los Equipos Térmicos utilizados en el Hospital General Santa Rosa – Pueblo Libre; afín de reducir sus costos de operación y mantenimiento?

4.4 Justificación

Teórica

El proyecto se justifica teóricamente ya que hace uso de conceptos teóricos para el cálculo y dimensionamiento de la red de gas a implementar, además de servir como referente para futuras investigaciones en este campo.

Económico

El proyecto se justifica económicamente debido a que el combustible de gas natural tiene un costo menor en comparación al petróleo, por lo que el gasto al operar estos equipos se reducirá en gran medida.

Social

El proyecto se justifica socialmente debido a que el combustible de gas natural es más limpio en comparación al petróleo, ayudando de esta manera no solo al ambiente, si no al paciente con complicaciones respiratorias.

4.5 Marco Teórico

4.5.1 Antecedentes de Estudio

Los antecedentes de estudio son investigación que abordaron situaciones similares o referentes con relación a nuestro Informe de Experiencia Laboral, los cuales fueron el punto de partida para la elaboración del presente informe, siendo estos los siguientes:

Rocca Martinez, Geovany Jose. (2011). **“Diseño de una Red de Distribución de Gas Natural para uso Doméstico en el Sector las Cocuizas del Municipio Maturín del Estado Monagas”**. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Químico. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de oriente. Venezuela.

Rocca en su tesis de investigación nos da un enfoque para determinar el caudal, así como los cálculos para el diseño de la red y parámetros para seleccionar la ruta de distribución.

Ramírez Espejel, Erick Fernando. (2013). **“Diseño y Análisis de la Red Interna de Conducción y Distribución de Gas Natural hacia los centros de consumo de la Planta Metal – Mecánica, bajo normas de uso y manejo de gas Natural”**. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México.

Ramírez en su tesis de investigación hace énfasis en los procedimientos y factores de construcción, así como la importancia de la selección de materiales, trayectoria y ubicación de accesorios de seguridad y regulación.

Robles Caycho, Hernán Antonio Ramón. (2013). **“Migración de combustibles Tradicionales a Gas natural en un Industria Alimentaria”**. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Robles en su tesis de investigación nos brinda lineamientos para la conversión de una planta industrial a gas natural, esto con el fin de mejorar los costos de producción, así como la atenuación de polución ambiental.

4.5.2 Bases Teóricas

Gas Natural

El gas natural es combustible que se origina producto de la desintegración de restos fósiles durante millones de años y se le encuentra en el subsuelo en estado gaseoso. Así mismo Cáceres Graziani manifiesta que este combustible está conformado por un conjunto de hidrocarburos el cual se puede encontrar en la naturaleza como gas natural asociado cuando está acompañado de petróleo y como gas natural no asociado cuando no está acompañado de petróleo, de igual manera manifiesta que aproximadamente el 80 % de su composición está constituido metano y que el restante está constituido por etano, el propano, el butano y otras fracciones más pesadas como el pentano, el hexano y el heptano.

Consumo Energético en el Mundo

Aproximadamente el 75% de las reservas de gas natural están compuestas por gas no asociado y como uso de la energía en el mundo, el gas natural tiene una importante participación de 23% en el consumo energético total.

Las fuentes principales de energía y sus porcentajes de participación en el consumo energético en el ámbito mundial son las siguientes:

- Petróleo : 40%
- Carbón : 27%
- Gas : 23%
- Nuclear : 7%
- Hidráulica : 3%

Por otro lado, en el Perú existen reservas de gas natural en la zona noroeste (Talara) y en el zócalo continental de esa misma zona; así

como en la zona de selva, en Aguaytía. En ambos casos el gas natural se encuentra en explotación, así mismo en la selva peruana se extrae petróleo que posee gas asociado, pero en volúmenes menores.

Campo de aplicación

El gas natural se presenta como la solución idónea al cambio climático que padece nuestro planeta, y como la única energía que puede ser compatible con el progreso económico e Industrial de un país conservando el medio ambiente y ello es así porque el gas natural es la fuente de energía más limpia menos contaminante y con el menor contenido de carbono de todos los combustibles fósiles, por esta razón en su combustión se emite a la atmosfera menor cantidad de dióxido de carbono, contribuyendo así a la disminución del efecto invernadero, si a toda esta bondades hay que añadir su versatilidad de uso , ya que el gas se puede emplear en el hogar, el comercio y la Industria, la cogeneración, la generación eléctrica y su uso como combustible para vehículos.

Las ventajas medioambientales de esta energía comienzan desde su extracción, el gas natural se consume tal y como se extrae de los yacimientos en los que se encuentran, en este proceso se genera menos contaminación que en el de otros combustibles fósiles asimismo en el transporte y distribución del gas se realiza a través de gasoductos enterrados sin producirse impacto ambiental sobre el paisaje.

Ante todos estos acontecimientos es latente la necesidad de formar a profesionales especializados en las instalaciones de gas, lo que comporta la exigencia de nuevas habilidades y conocimientos para el personal responsable por consiguiente nuevas necesidades de información y formación

Red de gas natural para instalación

La red de gas natural para la instalación nace a partir de la troncal principal fuera de las instalaciones del hospital, y está compuesta por:

- **Estación de regulación de presión y medición primaria (ERPMP)**

Es la encargada de recibir el gas de la troncal que se encuentra a 19 bar de presión y es la que va a dosificar e indicar la presión que requiere toda la instalación, está compuesta por un conjunto de elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo del punto de entrega y medir los volúmenes de gas consumidos, además de asegura que la presión no sobrepase de un límite prefijado ante fallas eventuales, para el caso del hospital la reducción fue a 4 bar de presión

- **Línea de distribución de gas natural (LDGN)**

La línea de distribución de gas natural, es la que se encarga de hacer llegar el gas hasta los equipos como calderos, cocina, mecheros, entre otros, para ello está compuesto por un sistema de tuberías desde la estación de regulación de presión y medición primaria (ERPMP) hasta la estación de regulación de presión secundaria (ERPS).

- **Las estaciones de regulación secundaria (ERS)**

El ERS es el conjunto de aparatos y elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo de la Planta de Regulación y Medición Primaria.

Línea de tuberías para gas natural

Las líneas de tuberías que se utilizaron para la instalación del gas natural para el hospital Santa Rosa fueron de acero, cobre y polietileno.

Tuberías de acero

Las tuberías de acero por su costo se instalaron desde la estación de regulación de presión y medición primaria hasta los aparatos de consumo. Las tuberías de acero siempre deben de estar protegidos contra la corrosión. El espesor mínimo de las paredes de las tuberías de acero roscadas; o soldadas de diámetro menor a 3.9 mm (2 pulgadas), debe ser conforme a la cédula 40. En tabla N° 01, se indica los espesores mínimos de la tubería de acero.

Tabla N° 01: Tuberías de acero y espesor mínimo de la tubería

Diámetro nominal		Espesor mínimo de la pared (mm)
Pulgadas	mm	
1/8	10.3	1.7
1/4	13.7	2.2
3/8	17.1	2.3
1/2	21.3	2.8
3/4	26.7	2.9
1	33.4	3.4
5/4	42.2	3.6
1 1/2	48.3	3.7
2	60.3	3.9

Fuente: NTP 111.010: 2003 GAS NATURAL SECO, 1° edición, 17 dic. 2003

Tuberías de cobre

Las tuberías de cobre se utilizaron para las instalaciones aéreas o visibles.

El espesor mínimo de la pared de las tuberías de cobre deberá ser de un milímetro, y el diámetro máximo será 29 mm, según la tabla 02 que se detalla a continuación.

TABLA N° 02: Tubería de cobre, diámetro externo y espesor de pared

Diámetro externo		Espesor de pared	
Pulgadas	mm	Pulgada	mm
5/8	15.9	0.040	1.02
3/4	19.1	0.042	1.07
7/8	22.3	0.045	1.14
1 1/8	29	0.050	1.27

Fuente: NTP 111.010: 2003 GAS NATURAL SECO. 1° edición. 17 dic. 200

Tuberías de polietileno

Las características de las tuberías de polietileno son las siguientes:

- Resistencia a las presiones de trabajo.
- Resistencia a la influencia del terreno.
- Fácil de ensamblar bajo condiciones del terreno.
- Vida útil mínima de 50 años.
- Libre de corrosión.
- Inerte frente a procesos químicos.
- Alta resistencia al impacto.
- Bajos costos de operación e instalación.
- Fácil de instalar.

Formas de almacenamiento de bobinas de PE.

Las bobinas de polietileno PE para las instalaciones subterráneas de gas natural se deberán almacenar de la siguiente forma.

- Tubos de 160 mm. Diámetro tramos rectos de 12 metros cada uno.
- Tubos de 110 mm. diámetro tramos rectos de 12 metros.
- Bobina de 63 mm. diámetro equivale a 100 metros, deberán apilarse no superando las cuatro bobinas.
- Bobina de 20mm. diámetro equivale a 200 metros
- Deberán apilarse no superando las diez bobinas

Figura N° 02: Bobinas de Polietileno



Fuente: fotografía referencial tomada en Camisea

Excavaciones y tendido de tuberías

Para la instalación de tuberías principales se escarbaron tres longitudes de tubos hacia delante, para poder calcular y prevenir cualquier desviación necesaria que deba realizarse por obstrucciones. La zanja se niveló en toda su extensión. Asimismo, durante la

excavación se tuvo especial cuidado con los otros servicios públicos, como eléctrico, telefónico, agua y alcantarillado.

Se realizó la apertura de la zanja de dimensiones comprendidas entre 67.5 a 77cm.

Los tubos de polietileno, se instalaron de tal forma que el sistema total no quede bajo tensión. Para el relleno de las zanjas, se usó tierras de excavación libre de piedras puntiagudas u otros materiales que no dañen el tubo.

Para la construcción inicial y rotura del pavimento en la vía pública, se contó con la documentación necesaria para la ejecución de obra en Lima Metropolitana, es el caso de los permisos respectivos, cumpliendo con las ordenanzas municipales.

En lo que respecta a las veredas, existe una variedad de dimensiones aéreas y espesores (ancho de vereda), ya que debemos tener presente en los retiros.

Terminada esta etapa, se ejecutaron las obras preliminares que implicaron el trazo replanteo y las construcciones provisionales, obras previas para el tendido de la red.

Se extrajo todo el contenido de la zanja, y se colocó el desmonte en un lugar apropiado y cercado. Luego se limpió el interior de la zanja extrayendo las posibles piedras pequeñas que puedan obstaculizar el tendido de la red.

Estando totalmente limpia la parte inferior de la zanja sugerimos colocar la cama de arena de 10cm. que amortiguara a la tubería en los procesos instalación y fusión de las tuberías procedimiento de electro fusión y termo fusión.

Según los aspectos de la propia instalación, los tendidos de las tuberías se realizarán en rollos colocados en porta carretes para

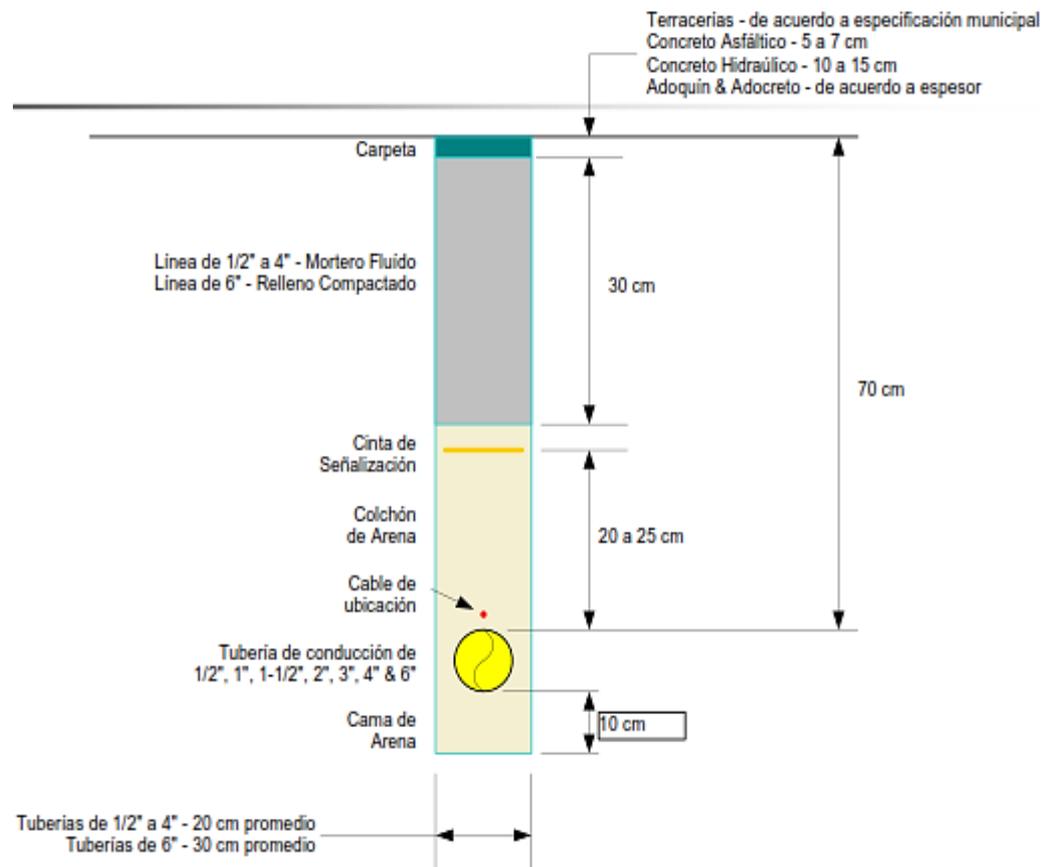
bobina, se extiende en todo el trayecto de apertura de la zanja de dimensiones de 67 a 77cm. de profundidad, esta apertura se realizará en la berma o estacionamiento.

Las tuberías de 4" y 6" de conducción se colocarán en un ancho de zanja de 30cm.

Por último, encima de la tubería se instala el cable de detección calibre 14AWG, con la finalidad de identificar el recorrido de la tubería a 25cm. por encima de esta se instala la cinta señalizadora, indicando la existencia de una tubería de gas en baja presión.

Las tuberías de polietileno fueron utilizadas en zonas subterráneas de las instalaciones que requerían. El espesor mínimo de la pared de la tubería de polietileno se indica en la tabla N° 03.

Figura N° 03: Tendido de Tuberías Bajo Tierra



Fuente: Normas Técnicas Peruanas 0111-010-2003

Tabla N° 03: Tuberías de polietileno SDR 17,6 serie métrica Tamaño nominal y espesor de la pared

Tamaño	nominal (mm)
32	2.3
40	2.3
63	5.8
110	6.3
160	9.1
200	11.4
250	14.2

Fuente: NTP 111.010: 2003 GAS NATURAL SECO, 1° edición, 17 dic. 2003

4.5.3 Definiciones Básicas

- **Accesorio (fitting):** En un sistema de tuberías, es usado como un elemento de unión, tal como una T, codo, reductor, una cruz etc.
- **Aguas abajo:** Se entiende por “aguas abajo de” o “corriente debajo de”, a la expresión que ubica a un determinado objeto que se encuentra instalado después del punto de referencia, en el sentido de la circulación del fluido.
- **Aguas arriba:** Se entiende por “aguas arriba de” a la expresión que ubica a un determinado objeto que se encuentra instalado antes del punto de referencia en el sentido de la circulación del fluido.
- **Aprobado:** Aceptable por la entidad competente.

- **Entidad competente:** Es el ente gubernamental responsable de verificar la correcta aplicación de cualquier parte de esta NTP o el funcionario o la agencia designada por esta entidad para ejecutar tal función.
- **Certificado:** Se aplica este término para cualquier accesorio, componente, equipo de consumo o para la instrucción de instalación del fabricante, el cual es investigado e identificado por una organización designada para comprobar que cumplen con los estándares reconocidos o con los requisitos aceptados para la prueba.
- **Combustión:** Proceso químico de oxidación rápida entre un combustible y un comburente, que produce la generación de energía térmica y luminosa, acompañada por la emisión de gases de combustión y en ciertos casos partículas solidas
- **Componente:** Una parte esencial de un equipo de consumo que es capaz de realizar una función independiente y contribuir a la operación del equipo, ejemplo Termostato es capaz de una operación independiente y contribuye a la operación del aparato controlando su ciclo de encendido – apagado.
- **Condensado (condensación):** Un líquido separado del gas natural seco (inclusive gas combustible), debido a una reducción de temperatura o un aumento en la presión.
- **Distribuidor:** Concesionario que realiza el servicio público de suministro de gas natural seco por red de ductos a través del sistema de distribución.

- **Equipo de consumo:** Es un artefacto para convertir gas natural seco en energía e incluye a todos sus componentes, puede ser una caldera, horno industrial, etc.
- **Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria (ERPMP):** Conjunto de elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo del punto de entrega y medir los volúmenes del gas consumidos, asimismo asegura que la presión no sobrepase de un límite prefijado ante fallas eventuales.
- **Estación de Regulación de Presión Secundaria (subestación):** Conjunto de elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo de la estación de regulación de presión y medición primaria; su utilización se requiere cuando la presión de trabajo del equipo de consumo difiere de la presión de la ERPMP, regulada y asignada.
- **Empresa instaladora de gas natural:** Persona natural o jurídica debidamente calificado y registrado ante la entidad competente para poder ejecutar, reparar o modificar instalaciones internas de gas natural seco, y cuyo representante es una persona experimentada o entrenada.
- **Medidor:** Instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural seco que fluye a través de un sistema de tuberías.
- **Presión de diseño:** Es la presión máxima que puede alcanzar la instalación, valor con el que debe dimensionarse la misma y seleccionarse los materiales.

- **Presión máxima admisible de operación (MAPO):** Es la presión de operación máxima que puede alcanzar la instalación en condiciones de máxima demanda.
- **Presión de prueba:** Presión a la cual es sometido el sistema antes de entrar en operación con el de garantizar su hermeticidad.
- **Presión de operación:** Presión a la que deben operar satisfactoriamente las tuberías, accesorios y componentes que están en contacto con el gas natural seco en un sistema de tuberías, esta será como máximo o igual a la MAPO.
- **Purga:** Eliminación de un fluido no deseado (gaseoso o líquido), del sistema.
- **Ramal (tubería lateral):** Es parte de un sistema de tuberías que conduce gas natural seco, desde la tubería principal de la instalación interna a un equipo de consumo.
- **Regulador de presión:** Dispositivo que reduce la presión del fluido que recibe y la mantiene constante, independientemente de los caudales que permite pasar, y de la variación de la presión aguas arriba del mismo dentro de los rangos admisibles, la regulación puede efectuarse en una o varias etapas.
- **Revestimiento:** Sistema de protección de superficie metálica contra la corrosión, mediante el sellado de la superficie.
- **SDR:** Relación entre el diámetro nominal externo de una tubería de polietileno y su espesor nominal de pared.

- **Separador filtro:** Conjunto de elementos prefabricados, para retener partículas sólidas y/o líquidas contenidas en el gas natural seco.
- **Tubería de superficie o aérea:** Tubería a la vista, que no está en contacto con el suelo, ni esta empotrada en la pared
- **Tubería empotrada:** Tubería que cuando está ubicada en una pared, en el piso o en el techo de una construcción, determinada está escondida a la vista.
- **Válvula:** Instrumento colocado en la tubería para controlar o bloquear el suministro de gas natural seco.
- **Válvula de alivio por venteo:** Un artefacto diseñado para abrirse a fin de prevenir un aumento de la presión del gas natural seco en exceso.
- **Válvula de servicio:** Es una válvula de cierre general del suministro de gas natural seco, instalado fuera del predio del usuario final, ubicada en la línea de servicio de la distribuidora, la válvula de servicio constituye el punto de entrega del gas del distribuidor al usuario industrial.
- **Válvula de seguridad de cierre rápido:** Una válvula que corta automáticamente el suministro de gas natural seco en el sistema de tuberías.
- **Válvula unidireccional (back-check):** Una válvula que esta normalmente cerrada y permite el flujo en solo una dirección.

4.5.4 Marco Normativo

Normas generales

- **Ley 27133:** Promoción para el desarrollo de la Industria del gas natural.
- **Ley 26221:** Ley orgánica de hidrocarburos.
- **Reglamento 042-99 EM:** Distribución del gas natural en ductos.
- **Reglamento 040-99-EM:** Promoción y desarrollo del Gas Natural.
- **NTP 111-010-2003:** (Normas Técnicas Peruanas). Gas natural seco para sistemas de tuberías en Instalaciones Industriales.
- **NTP 111-011-2000:** Normas Técnicas Peruanas para sistema de tuberías en instalaciones residenciales.
- **NTP 111-011-2006:** Normas Técnicas Peruanas para sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales.

Normas y especificaciones técnicas

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citados en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana, como toda norma está sujeto a revisión, se recomienda a aquellos que hacen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente, el Organismo Peruano de Certificación posee en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

Normas técnicas peruanas

- **NTP342.522:2002:** Cobre y aleaciones de cobre parte 1-20.

- **NTP342.052:2000:** Cobre y aleaciones de cobre – tubos de sección circular de cobre sin costura para gas.

Normas técnicas internacionales

- **ISO 7-1:1994:** Pipe Threads Were Pressure parte 1.
- **ISO 22811:2000:** Pipe Threads Were Pressure parte 1, dimension tolerante and designation.
- **ISO 14313.1999:** Petroleum and natural gas industries.
- **ISO 4437: 1997:** Buried PE pipes for the supply of gaseous.

Normas técnicas regionales

- **CENEN 12279:2000:** Service Lines-Functional Requirements.
- **CENEN12186:2000:** Gas Supply Systems-Gas Pressure.
- **CENEN 1776:1998:** Gas Supply Systems- Natural Gas.
- **CENEN 1359:1998:** Gas Meters.
- **CENEN 12480:2002:** Gas Meters –Rotary.
- **CENEN 334:19999:** Gas Pressure Regulators.

Normas técnicas de asociación

- **ASTM A 539: 1999:** Standard Specification for Electric Resistance.
- **ASTM A 254:1997:** Standard Specification-Steel tubing.
- **ASTM A 53:1998:** Standard Specification-For pipe.
- **ASTM A 106:1999:** Standard Specification –For Seamless.

- **ASTM B :837 :1995:** Standard Specification Gas Fuel Distribution System
- **ASTM B:88: 1996:** Specification For Seamless copper tube
- **ANSI /AGA LCI:2001:** Interior Fuel Gas piping- System Using
- **ANSI B 16.18:** Cast copper solder pressure Fittings
- **API 5L :2002:** Line pipe
- **API 6D :2002:** pipeline valves

Normas técnicas nacionales

- **CENUNE- EN 746-1:** Equipos de tratamiento térmico Industrial parte 1- requisitos comunes de seguridad para equipos de tratamiento térmico industrial.
- **CENUNE-EN 746/1997:** Equipos de tratamiento térmico Industrial parte 2
- **CENUNE- EN 1555/2002:** Plastic piping System for Gas 1-4,
- **DIN 30670:1991:** Polyethylene Coating for Steel pipes
- **MSS 5P:** Standard marking System for valves.

Esta norma técnica se aplica únicamente a las instalaciones industriales donde el gas natural seco deberá ser usado como combustible y tiene como alcance el sistema de tuberías con presiones hasta 400 kPa incluido (4 bar), que van desde la salida de la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria (ERPMP), hasta las fuentes de conexión de los equipos de consumo.

4.6 Fases del proyecto

El desarrollo del Proyecto de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, denominado **“Implementación de una Red de Gas Natural para la Alimentación de los Equipos Térmicos del Hospital General Santa Rosa- Pueblo Libre”**, fue realizado mediante las siguientes fases.

1. FASE I: Ingeniería Preliminar
 - Descripción de la implementación de la red de Gas Natural.
 - Exploración de las facilidades del proyecto en obra.

2. FASE II: Diseño de la red de gas natural
 - Selección de la Estación de Regulación y Medición Primaria de la Red.
 - Dimensionamiento de la Red de Gas Natural.
 - Líneas de Distribución de Gas Natural.

3. FASE III: Implementación de la Red de Gas Natural
 - Construcción del Sistema de Tuberías.
 - Uniones de Juntas Roscadas.
 - Uniones de Juntas Soldadas.
 - Pintado de Tuberías.
 - Reconversión del Quemador.

4. FASE IV: Pruebas y Entrega del Proyecto
 - Prueba Radiográfica.
 - Prueba Hidrostática.
 - Entrega del Proyecto.

Siendo el desarrollo de las fases realizadas en siete meses desde el 07-01-2008 hasta el 18-07-2008 tal como se muestra en el cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO FASE III y IV

ETAPA DEL PROCESO		INICIO	FIN	2008																							
				Febrero			marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio								
				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	07	08	09	10	11	12	14	15	16	17
3.0	FASE III: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE GAS NATURAL																										
3.1	Construcción del Sistema de Tuberías.	10/02/18	04/06/08																								
3.2	Uniones de Juntas Roscadas.	10/02/18	04/06/08																								
3.3	Uniones de Juntas Soldadas.	10/02/18	04/06/08																								
3.4	Pintado de Tuberías.	05/06/08	07/07/08																								
3.5	Reconversión del Quemador.	16/06/08	07/07/08																								
4.0	FASE IV: PROTOCOLO DE PRUEBAS Y ENTREGA DEL PROYECTO.																										
4.1	Prueba Radiográfica.	08/07/08	10/07/08																								
4.2	Prueba Hidrostática.	11/07/08	14/07/08																								
4.3	Entrega del Proyecto.	15/07/08	17/07/08																								

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.1 FASE I: Ingeniería Preliminar.

Descripción de la Implementación de la Red de Gas Natural

El presente proyecto de implementación se realizó en el Hospital Santa Rosa de Pueblo Libre, el cual empleaba el petróleo y el gas licuado de petróleo, como fuente de energía para la puesta en marcha de los equipos, que a continuación se detallan:

- 02 calderos de 100 BHP c/u, en la Casa de Fuerza.
- 02 cocinas de 03 hornillas 01 cocina de 06 hornillas en la cocina.
- 01 secadora de ropa de 45 Kg en la lavandería.
- 02 cocinas de 02 hornillas en el laboratorio.
- 02 mecheros de Bunsen.

Los mismos que fueron convertidos para operar con Gas Natural, por lo que se tuvo que realizar el diseño, montaje de la red y equipos que a continuación se detallan:

- **Estación de regulación de presión y medición primaria (ERPMP)**

La estación de regulación de presión y medición primaria es el conjunto de elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo del punto de entrega y medir los volúmenes de gas consumidos. Asimismo, asegura que la presión no sobrepase de un límite prefijado ante fallas eventuales.

- **Línea de distribución de gas natural (LDGN)**

La línea de distribución de gas natural, es el sistema de tuberías encargado de distribuir el gas desde la estación de

regulación de presión y medición primaria (ERPMP) hasta la estación de regulación de presión secundaria (ERPS).

- **Las estaciones de regulación secundaria (ERS)**

El ERS es el conjunto de aparatos y elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo de la Planta de Regulación y Medición Primaria.

Exploración de las facilidades del proyecto en obra

La exploración de las facilidades del proyecto es una actividad preliminar que se realiza al inicio, con la finalidad de entablar comunicación con el cliente y de esta forma generar facilidades que pueda agilizar la obra, para ello es necesario un reconocimiento físico del lugar en donde se realizara la implementación, con el objetivo de recopilar información de las condiciones de accesibilidad, políticas de trabajo con el cliente y de dificultades en caso existiera, de esta manera se pudo tomar mejores decisiones para la planificación general.

Figura N° 04: Plano de Ubicación del hospital Santa Rosa



Fuente: Google Maps

4.6.2 FASE II: Diseño de la red de gas natural.

Selección de la Estación de Regulación y Medición Primaria de la Red (ERPMP)

Para el dimensionamiento de la (ERPMP) se consideró que esta deberá estar diseñada para suministrar simultáneamente gas natural a todos los equipos que consuman este combustible considerados en este proyecto y las futuras ampliaciones, para ello se tuvo en cuenta los siguientes parámetros a fin de garantizar la demanda de los equipos.

Por otro lado la (ERPMP) se diseñó considerando la máxima presión de diseño de la línea de distribución de gas natural a la cual será conectada.

➤ Caudal

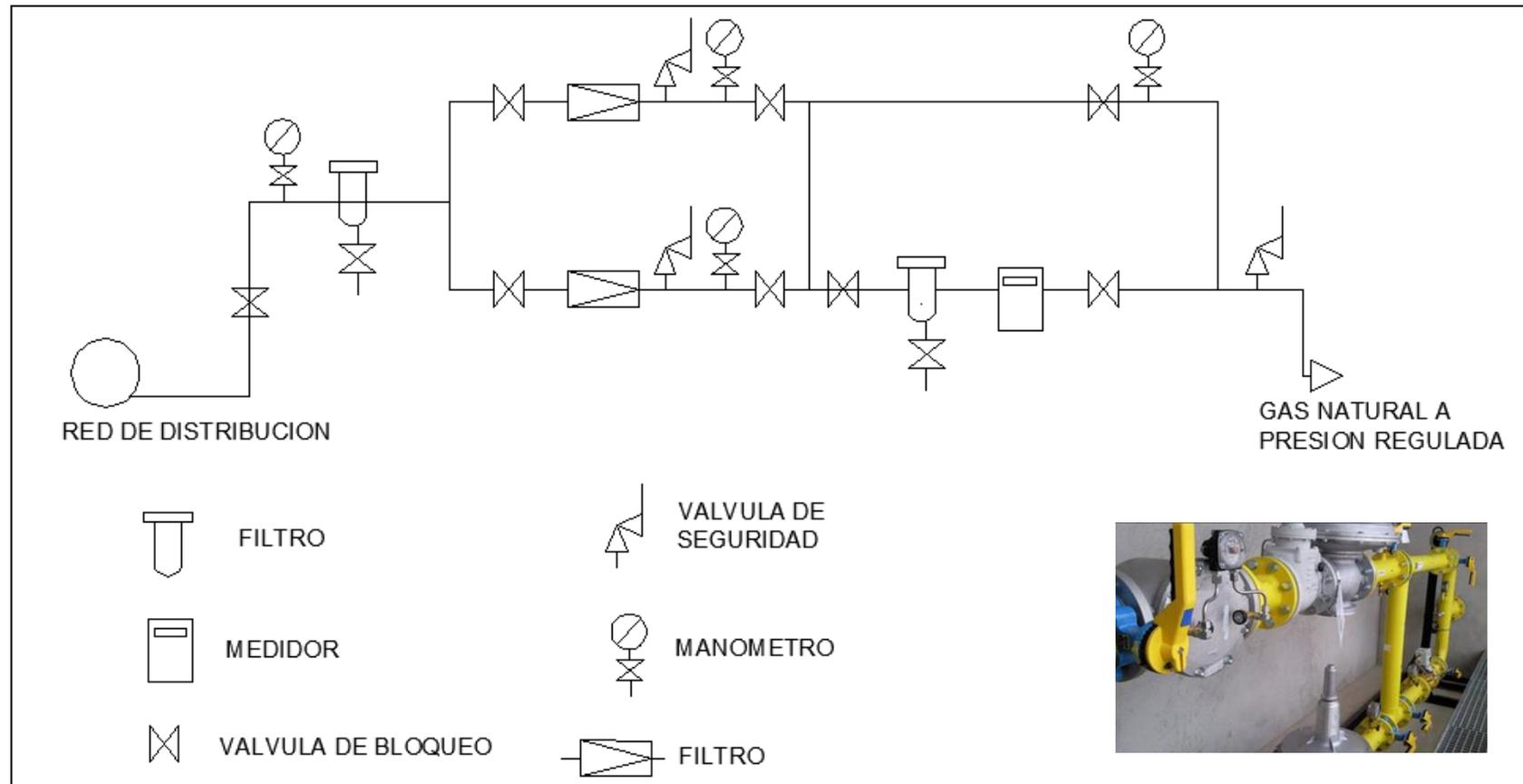
La capacidad de la (ERPMP) se diseñó tomando en cuenta, de acuerdo a las buenas prácticas internacionales, las previsiones de mínimo y máximo consumo pico horario futuro que podrá tener el cliente.

Así mismo la (ERPMP) se adecuó en el rango de caudal comprendido entre el caudal mínimo horario y máximo horario.

➤ Presión mínima de suministro de la red

Para el diseño de la ERPMP se tuvo en cuenta la condición de máximo caudal y presión mínima de entrada. Por lo tanto, la capacidad máxima de la ERPMP se consideró bajo las condiciones de mínima presión de suministro.

Figura N° 05: Estación de Regulación y Medición Primaria de la Red



Fuente: Normas técnicas peruanas

➤ **Presión regulada**

La ERPMP se diseñó para suministrar una presión a la salida acorde con la presión de medición fijada por Calidda y con la presión de diseño de la instalación interna. A fin, de que supere las presiones máximas estipuladas en las normas nacionales vigentes (4 bar para uso industrial). Adicionalmente, la presión regulada de la ERPMP fue inferior o igual al 50% de la presión mínima de la red, salvo casos excepcionales acordados entre el cliente y Calidda.

El cliente podrá optar por la selección o diseño de una ERPMP de una sola rama de regulación o de doble rama de regulación. En el caso de optar por la selección o diseño de una ERPMP de una sola rama de regulación, el cliente estará aceptando que Calidda puede interrumpir el suministro de gas natural en sus instalaciones en ciertos casos, como por ejemplo cuando se realice el mantenimiento o reparación de la ERPMP. En estos casos el mantenimiento fue programado con anticipación a fin de solicitar y obtener la aprobación del Osinerg para el corte temporal del suministro. Por lo tanto la ERPMP cuenta con los siguientes elementos.

➤ **Dispositivos de Seguridad y accesorios**

• **Válvula reguladora**

La válvula reguladora es aquella diseñada para reducir la presión del gas proveniente de la acometida.

• **Válvula de seguridad**

La válvula de seguridad, son válvulas de descarga automática, operan cuando existe una falla en el sistema de regulación.

- **Válvulas de bloqueo**

Estas válvulas se diferencian de las anteriores, porque cortan totalmente el gas natural que circula por la tubería cuando la presión regulada supera el valor admisible.

- **Filtro**

El filtro que tiene la ERPMP tiene por objeto eliminar las impurezas arrastradas por el gas natural en su circulación, este elemento se coloca antes del Regulador de Presión. Después del filtro está la válvula reguladora de presión, el cual permite reducir la presión del gas natural y mantener un suministro a una presión constante.

- **Medidor de Gas**

La ERPMP tiene un medidor el cual sirve para medir el volumen del gas natural consumido por el usuario, los medidores utilizados para este control pueden ser volumétricos (medidor de membrana y rotativo) y de velocidad (turbina).

A nivel Industrial se usa mayormente los siguientes medidores:

- **Medidores rotativos**

Estos medidores dependen de dos lóbulos en forma de ocho, los lóbulos giran al pasar el gas natural, de manera que durante su rotación se aísla cada uno entre ellos y el cuerpo un volumen fijo de gas, que es evacuado a través de la salida del contador, los contadores rotativos son adecuados para controlar caudales importantes de gas natural.

- **Medidores de turbina**

Estos medidores se basan en la medición de la velocidad del gas natural dentro del contador. Permiten medir grandes caudales.

- **Corrector de flujo de Gas**

El corrector de flujo de gas es un instrumento dispuesto para dar a conocer el resultado verdadero de la medición, a partir del registro de los cambios de temperatura o presión del gas.

- **Manómetros**

Instrumentos que sirven para verificar los cambios de temperatura o presión del gas, fue instalado dos manómetros, uno aguas arriba del regulador y la otra, aguas abajo del regulador, a fin de verificar las presiones operativas descritas en diferentes puntos de la ERPMP.

- **Soportes y anclajes**

La ERPMP está firmemente montada sobre soportes de fierro para garantizar su estabilidad a fin de cumplir las distancias mínimas establecidas de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 111-010, Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales.

- **Estación de Regulación Secundaria**

En la casa de fuerza se instaló 02 estaciones de Regulación de presión Secundaria (ERS), para alimentar con Gas Natural a los 02 Calderos de 100 BHP cada una. Las estaciones contarán con los siguientes elementos:

- **Filtro**

Filtro de tipo “Y” con un micraje de 20 mesh para proteger los equipos aguas arriba.

- **Válvula de regulación con shut off**

En la válvula de regulación se incluyó un sistema de cierre automático en caso de sobre presión, así mismo tienes un sistema de evacuación del gas de producirse alguna contingencia o desperfecto en el regulador desde la ventilación propia hasta un área libre. Marcas sugeridas: Tormene, Gascot.

- **Tubería de acero rígido**

Respondió a las Normas API 5L, ASTM A53, 106.

- **Válvula esférica de bloqueo**

Se instaló una a la entrada y otra a la salida de ERS. de capacidad de cierre de ($\frac{1}{4}$ vuelta) de accionamiento manual, roscada y respondieron a las Normas Internacionales como la API 6D, ISO 14313, ASMEB16.4. Marcas sugeridas: Apolo, Grane.

- **Manómetros**

Se instaló dos manómetros unas aguas arriba del regulador y otras aguas abajo del regulador de tal manera se puedan ver las presiones operativas descritas en los diferentes puntos de la ERS.

- **Soportes y Anclajes**

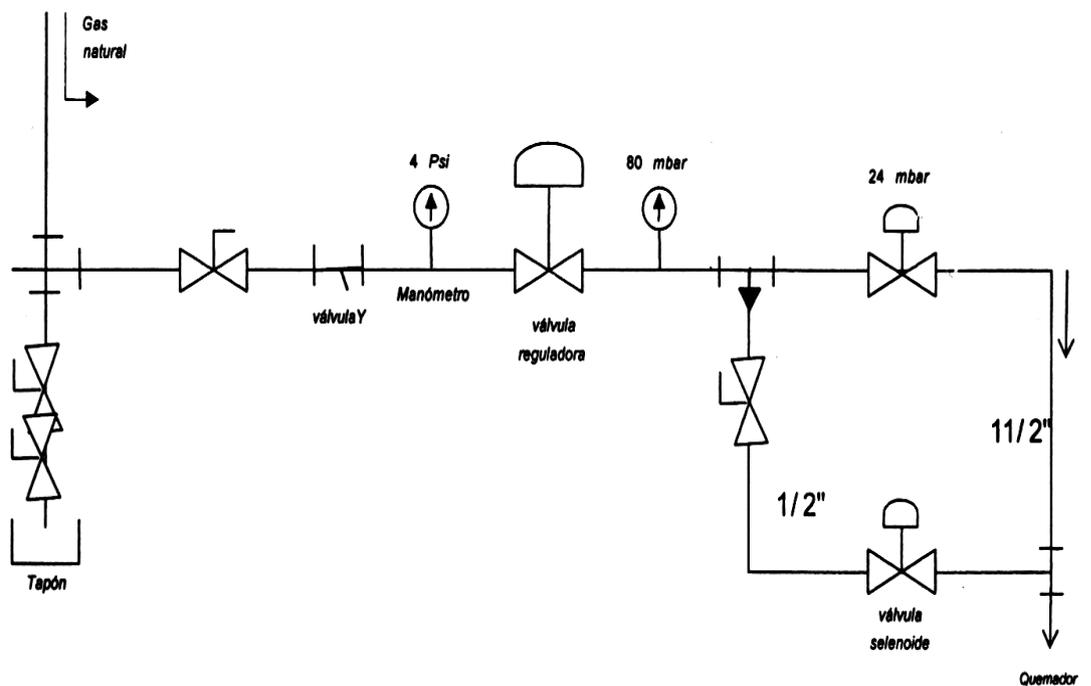
La Estación de regulación Secundaria (ERS), está firmemente montada sobre soportes que garanticen su

estabilidad, así mismo cumplieron con las distancias mínimas establecidas de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas (NTP)1 11-010, Sistema de tuberías para instalaciones internas Industriales.

Como se puede observar en el gráfico, tenemos una instalación para lo futuro (tapón). Asimismo, tenemos dispositivos de control y regulación como son:

- la válvula 'Y'
- manómetros
- válvulas reguladoras
- válvulas solenoides
- quemador
- tapón.

Figura N° 06: Diagrama de la ERS (Tren de Gas)



Fuente: Propia

➤ **Cálculos de la carga térmica del equipo**

• **Cálculo de la presión que debe llegar al quemador**

Considerando que un Psi = 68.94 mbar y teniendo en cuenta la última regulación de presión antes de llegar al quemador es de 24 mbar.

$$24\text{mbar} \times \frac{1\text{Psi}}{68.94\text{mbar}} = 0.348\text{Psi},$$

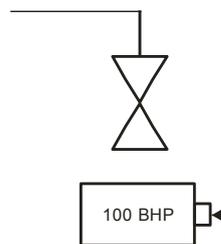
0.348 Psi, es la presión que llega al quemador.

• **Cálculo de la capacidad del quemador**

Para calcular la capacidad de un quemador, se tiene que realizar las siguientes operaciones:

• **Cálculo de la potencia térmica del caldero**

Es decir el vapor generado por el mismo.



Para calcular la potencia térmica se tiene que considerar que un BHP = 34.5 Lb/h.

$$100\text{BHP} \times \frac{34.5\text{Lb/h}}{\text{BHP}} = 3,450\text{Lb/h de vapor},$$

O sea, es el flujo de vapor generado por el caldero.

- **Selección de quemador**

Para seleccionar el quemador, se realiza la siguiente operación:

$$1\text{BHP} = 33.475 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \quad \text{y} \quad \text{FS} = 1.10 \%$$

$$100\text{BHP} = 33.475.3 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \times 1.10 \% = 3'682.283 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

O sea el quemador tendrá una energía térmica de: 3'682,283 que es lo que requiere el caldero.

- **Pruebas**

Se efectuaron las pruebas de hermeticidad con una presión de 1.5 la máxima presión admisible de operación (MAPO), por un lapso no menor de 02 horas.

Dimensionamiento de la Red de Gas Natural.

➤ **Diámetro de la tubería en la línea de alta presión**

Determinado el flujo del gas natural a condiciones reales, con la Ecuación De Estado De Gases.

$$Q_f = \frac{P_b.T_f.Z_f}{P_f.T_b.Z_b} Q_{\text{diseño maximo}}$$

Donde:

- Flujo de diseño a condiciones ISO ($Q_{\text{diseño máximo}}$)

$$Q_{\text{diseño máximo}} = 29,067.84 \text{ STDm}^3/\text{hr}$$

- Presión de flujo a condiciones ISO (P_b)

$$P_b: 1.01325 \text{ bar}$$

$$P_b: 14.70 \text{ psi}$$

- Temperatura de flujo a condiciones ISO (T_b)

$$T_b = 15.5 \text{ }^\circ\text{C} = 519.57 \text{ }^\circ\text{R}$$

- Coeficiente de compresibilidad de flujo a condiciones ISO (Zb)

$$\text{Del evento 1} \quad Z_b = 0.9970$$

- Presión de flujo a condiciones reales (Pt)

$$P_f = 90 \text{ bar} \quad P_f = 1.305.34 \text{ psi}$$

- Temperatura de flujo a condiciones reales (Tr)

$$T_b = 61.0 \text{ }^\circ\text{C} = T_f = 60147 \text{ }^\circ\text{R}$$

- Coeficiente de compresibilidad de flujo a condiciones normales (Zf)

$$Z_f = 0.8734$$

- Reemplazo en la ecuación de estado de los gases (Qf)

$$Q_f = \frac{(14.70 \text{ Psi}) \cdot (601.47^\circ\text{R}) \cdot (0.8734)}{P(1,305.34 \text{ psi})(519.57^\circ\text{R})(0.997)} (29,067.84 \text{ STDm}^3 / \text{hr})$$

$$Q_f = 331.97 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$Q_f = 0.09222 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- Dimensionamiento el diámetro interior de la tubería

$$\phi = \sqrt{\frac{4Q_f}{pV_f}} \quad \text{Ecuación de continuidad}$$

- Velocidad permisible del flujo en el interior de la tubería (Vf)

$$V_f = 20 \text{ m/seg}$$

- Reemplazando

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \left(\frac{0.0664 \text{ m}^3}{\text{seg}} \right)}{p \left(20 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)}}$$

$$\varnothing = 76.6\text{mm}$$

Espesor de la tubería

- Dimensionamiento el espesor de tubería

$$\text{Según Anexo 1} \quad t = \frac{PD}{2SFET} + tc$$

- Presión de DISEÑO

$$P = PMPO \times 1.1$$

$$P = 120 \text{ bar} \times 1.1 = 132 \text{ bar}$$

$$P = 1,914.50 \text{ PSI}$$

- Diámetro exterior (D)

Según anexo 1 D= 4.5 pulg (tubería ASTM A-53)

- Tensión de fluencia mínima específica (S)

Según Anexo 1 S= 35,000 psi (ASTM A-53)

- Factor De localización (F)

Según Anexo 1 F= 0.60 (Clase 1 – Div. 1)

- Factor De junta longitudinal (E)

Según anexo 1 E = 1 (tubería ASTM A-53 Gr B)

- Factor de temperatura (T)

Según Anexo 1 T = 1.00 ($\leq 250\text{F}$)

- Sobre espesor por corrosión

$$tc = 1/16'' \quad tc = 0.0625 \text{ pulg.}$$

- Reemplazando en la ecuación de espesor de tubería (t)

$$t = \frac{(1,914.50\text{Psi}) \cdot (4.5 \text{ pulg})}{2(35000 \text{ psi})(0.6)(1.0)(1.0)} + (0.0625 \text{ pulg})$$

$$t = 6.79 \text{ mm}$$

Con el diámetro interior y espesor de calculado seleccionamos: tubería ASTM A-53 Gr B, sin costura, NPS Ø 4" SCH 80 Ver anexo 9.3.1

- Comprobando la velocidad del flujo en el interior de la tubería (Vf)

$$Vf = \frac{4Qf}{\emptyset^2 P}$$

$$Vf = \frac{4\left(\frac{0.0922m^3}{seg}\right)}{(0.0972m)^2 P}$$

$$Vf = 12.43 \text{ m/s}$$

El diámetro y espesor de la tubería seleccionamos: Codo 90°, ASTM A-234 y TEE ASTM A-234 S/C Ø4" SCH 80.

➤ **Diámetro de tubería de la línea de presión regulada**

Determinamos el flujo de gas natural a condiciones reales, con la ecuación de estado de gases.

$$Qf = \frac{Pb.Tf.Zf}{Pf.Tb.Zb} Q_{diseño\ máximo}$$

- Flujo de diseño a condiciones ISO (Qdiseño máximo)
Qdiseño máx. 29,067.84STDm³/hr
- Presión de flujo a condiciones ISO (Pb)
Pb = 1.01325 bar Pb = 14.70 psi
- Temperatura de flujo a condiciones ISO (Tb)
Tb = 15.5 ° C Tb = 519.57 ° R

- Coeficiente de compresibilidad de flujo a condiciones ISO (Zb)

$$\text{Del evento 2} \quad Z_b = 0.9970$$

- Presión de flujo a condiciones reales (Pf)

$$P_f = 45 \text{ bar} \quad P_f = 652.67 \text{ psi}$$

- Temperatura de flujo a condiciones reales (Tf)

$$T_f = 44.05^\circ\text{C} \quad T_f = 570.96^\circ\text{R}$$

- Coeficiente de compresibilidad de flujo a condiciones reales (Zf)

$$Z_f = 0.9110$$

- Reemplazando en la ecuación de estado de los gases (Qf)

$$Q_f = \frac{(14.70\text{Psi}) \cdot (570.96^\circ\text{R}) \cdot (0.911)}{(652.67\text{psi}) \cdot (519.57^\circ\text{R}) \cdot (0.997)} (29,067.84 \text{ STDm}^3) /$$

hr

$$Q_f = 657.39 \text{ m}^3/\text{hr} \quad Q_f = 0.1826 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- Dimensionamiento el diámetro interior de la tubería

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_f}{p V_f}}$$

- Velocidad el diámetro interior de tubería

$$\text{Según el anexo 1} \quad V_f = 20 \text{ m/s}$$

- Reemplazando:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \cdot \left(\frac{0.1826 \text{ m}^3}{\text{seg}}\right)}{p \left(\frac{20 \text{ m}}{\text{seg}}\right)}}$$

$$\phi = 107.8 \text{ mm}$$

Espesor de la tubería

Según anexo 1

$$t = \frac{PD}{2SFET} + tc$$

- Presión de diseño (P)

$$P = PMPO \times 1.1$$

$$P = 47 \text{ bar} \times 1.1 = 51.7 \text{ bar} \quad P = 749.84 \text{ psi}$$

- Diámetro exterior (D)

$$\text{Según anexo 1} \quad D = 6.625 \text{ pulg (tubería ASTM A-53)}$$

- Tensión de fluencia mínima específica (S)

$$\text{Según anexo 1} \quad S = 35,000 \text{ Psi (ASTM A-53)}$$

- Factor de localización (F)

$$\text{Según anexo 1} \quad F = 0.60 \text{ (Clase 1 –Div1)}$$

- Factor de junta longitudinal (E)

$$\text{Según anexo 1} \quad E = 1 \text{ (tubería ASTM A53, Gr B)}$$

- Factor temperatura (T)

$$\text{Según anexo 1} \quad T = 100^\circ (\leq 250 \text{ F})$$

- Sobre espesor por corrosión

$$Tc = 1/16'' \quad tc = 0.0625 \text{ plg}$$

- Remplazando la ecuación de espesor de tubería

$$t = \frac{(749.58 \text{ Psi}) \cdot (6.625 \text{ pulg})}{2(35000 \text{ psi})(0.6)(1.0)(1.0)} + (0.0625 \text{ pulg})$$

$$t = 4.59 \text{ mm}$$

El diámetro interior y espesor calculado, seleccionamos TUBERÍA ASTM A-53, Gr B, sin costura Ø6, SCH 40

Comprobando la velocidad real de flujo real del flujo en el interior de la tubería.

$$Vf = \frac{4Qf}{\phi^2 P}$$

$$Vf = 9.79 \text{ m/seg}$$

El diámetro y espesor de tuberías, seleccionamos: CODO 90° RL, ASTM A-234, TEE ASTM A-234 S/C 6°DE NPS 6"SCH "40

➤ Líneas de distribución de Gas Natural

Para la Instalación del gas natural se utilizó tuberías de acero, cobre y polietileno. La selección del material se hizo entre otros en función de:

- El lugar en que se ubicará la tubería.
- La presión.
- El diámetro necesario.
- Los riesgos de corrosión específicos.
- Factores de deterioro específicos.
- Disponibilidad del material en el mercado local.

Para la selección del material de la tubería en función de su ubicación se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 04: Material de la tubería en función de la ubicación

Tubería subterránea	Tubería de superficie
Acero revestido/ PE/ cobre revestido	Acero pintado / cobre

Fuente: NTP 111.010:2003, GAS NATURAL SECO, 1° edición

El revestimiento de las tuberías de acero subterráneas fue protegido contra la corrosión en forma adecuada. Las partes del revestimiento de polietileno, fue conforme a la norma DIN 30670 o equivalente. El uso de cintas y pintura epoxíca fueron sujetos a aprobación por la supervisión competente.

Las tuberías de acero de superficie fueron protegidas contra la corrosión con pintura y/o galvanización.

Las tuberías de cobre enterradas contaron con un revestimiento para su adecuada protección anticorrosiva y mecánica.

Toda la instalación del sistema de tuberías esta dimensionada para conducir el caudal requerido por los equipos de consumo en el momento de máxima demanda. Asimismo, para las ampliaciones futuras previstas; se tuvo que tener en cuenta las limitaciones en la pérdida de carga y la velocidad.

El diseño tenía que incluir la ubicación y trazado del sistema de tuberías de la instalación con todos los accesorios, el dimensionamiento de los diferentes tramos y derivaciones, la capacidad necesaria para cubrir la demanda y la ubicación del punto de entrega del gas entre otros.

Los elementos de la instalación a partir de los reguladores se diseñaron considerando la presión máxima a que pueden estar sometidos teniendo en cuenta el valor de las sobrepresiones que pueden ocurrir ante defectos de funcionamiento de algunas válvulas de regulación.

El dimensionamiento de la tubería de gas natural seco depende, entre otros, de los siguientes factores:

- Máxima cantidad de gas natural requerida por los equipos de consumo.
- Demanda proyectada futura, y factor de simultaneidad.
- Caída de presión permitida entre el punto de suministro y los equipos de consumo.
- Longitud de la tubería.
- Cantidad de accesorios.
- Gravedad específica.
- Poder calorífico del gas natural.
- Velocidad permisible del gas.

Para el diseño y dimensionamiento de las tuberías se admitieron fórmulas de cálculo reconocidos la cuales deben considerar el rango de presión de cálculo. Los datos obtenidos respondieron a la fórmula de Poole.

➤ **Cálculo del caudal la fórmula de Poole**

Para presiones hasta un máximo de 5 KPa (50 mbar).

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

Donde:

- Q: caudal en m³/h (condiciones estándar).
- D: diámetro en centímetros.
- h: pérdida de carga en milímetros de columna de agua.
- s: densidad relativa del gas.
- l: longitud de tuberías en metros.

Para el cálculo del sistema de tuberías para la conversión a gas natural de las instalaciones del hospital Santa Rosa, utilizamos la fórmula de Renouard para presiones en el rango de 0 kPa a 400 kPa (0 bar a 4 bar).

➤ **Calculo de diferencia de presiones fórmula de Renouard**

$$P_A^2 - P_B^2 = 48600 \cdot s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

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 km, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen.

Q: caudal en m³/h.

D: diámetro en mm.

➤ **Cálculo de velocidad**

de circulación del fluido dentro del sistema de tuberías se utilizó la siguiente fórmula:

$$v = \frac{365,35 \cdot Q}{D^2 \cdot P}$$

Dónde:

Q: caudal en m³/h.

P: presión de cálculo en kg/cm² (absoluta).

D: diámetro interior de la tubería en mm.

v: velocidad lineal en m/s.

➤ **Calculo de caída de presión en tramo (A- ERPMP), de la red de GN del Hospital Santa Rosa**

La pérdida de carga son las pérdidas de presión que sufren los fluidos en la circulación a través de las tuberías y conductos son debidos a:

- Frotamiento del fluido con las paredes de las tuberías
- Frotamiento interno de las partículas del mismo fluido.

En tal sentido se distinguen dos tipos de pérdidas de carga:

- Pérdida de cargas lineales: Son las que se producen a lo largo de toda la tubería.
- Pérdida de cargas singulares: Son las que se producen en los equipos y accesorios.

La pérdida de carga en una instalación receptora de gas natural seco es la máxima disminución de presión que puede producir la circulación del gas que alimenta a los equipos gas domésticos instalados. Para el caso de la instalación de la red de gas natural al hospital Santa Rosa, calculamos la caída de presión en el tramo A-ERM, utilizando la fórmula de Renouard, para ello primero calculamos el caudal (Q) del fluido en este tramo.

➤ **Cálculo del caudal (Q) de la red en el tramo A-ERM**

Para calcular el caudal Q en el tramo A-ERM de la red, se aplicó la fórmula:

$$Q_{A-ERM} = \frac{P_T}{P_C} \quad (1)$$

Dónde:

$$Q_{A-ERM} = \text{Caudal en m}^3/\text{h}$$

P_T = sumatoria de las potencias térmicas de los equipos de consumo (Kcal/h) P poder calorífico del gas equivalente a 9300 kcal/m³.

Considerando:

- Que la sumatoria de las potencias de los equipos es igual a: 2 989 950 (Kcal/h).

- El poder calorífico $P_c=9\,300$ (Kcal/m³)

Reemplazando estos valores en la ecuación (1) resulta:

$$Q_{A-ERM} = \frac{2\,989\,950 \text{ kcal/h}}{9\,300 \text{ kcal/m}^3}$$

$$Q_{A-ERM} = 321.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por consiguiente, el caudal (Q) en el tramo A-ERM será de 321.5 m³/h.

➤ **Cálculo de la pérdida o caída de presión ($\Delta P = P_1 - P_2$)**

Para calcular la caída de presión del gas en el tramo A-ERM se aplicó la fórmula de Renouard.

$$P_1^2 - P_2^2 = 48600 \cdot s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D_1^{4.82}} \quad (2)$$

En donde:

$$s = 0.61 \text{ (densidad de gas)}$$

$$L = 0.012 \text{ km}$$

$$Q_{A-ERM} = 321.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D_1 = 50.37 \text{ mm}$$

$$P_1 = 2.013 \text{ bar}$$

Reemplazando valores en la fórmula (2)

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{48600 \times 0.61 \times 0.012 \times 321.50^{1.82}}{5.37^{4.82}}$$

$$P_1^2 - P_2^2 = 0.081$$

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - 0.081}$$

$$P_2 = \sqrt{2.013^2 - 0.081}$$

$$P_2 = 1.992 \text{ bar}$$

Teniendo en cuenta que:

$$P_1 = 2.013 \text{ bar}$$

$$P_2 = 1.992 \text{ bar}$$

Por consiguiente:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 0.021 \text{ bar}$$

Es decir, que la caída de presión en el tramo E-ERM es de 0.021 bar.

➤ **Cálculo de la velocidad del gas en el tramo A-ERM**

Para calcular la velocidad en el tramo indicado de la red de instalación se aplicará la fórmula de la velocidad de Renouard.

$$v = \frac{365.35 \cdot Q_{A-ERM}}{D_i^2 \cdot P} \quad (3)$$

En donde:

$$Q_{A-ERM} = 321.50 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$D_i = 50.37 \text{ mm}$$

$$P = 2.06 \text{ bar}$$

Reemplazando valores en la fórmula (3) obtenemos:

$$v = \frac{365.35 \times 321.50}{2.06 \times (50.37)^2} = 22.47 \text{ m/s}$$

Por consiguiente la velocidad en el tramo A-ERM es de 22.47 m/s.

En conclusión, se ha calculado en el tramo A-ERM lo siguiente:

- Caudal (Q)
- Caída de presión, P1 – P2
- La velocidad permisible del gas (v)

Los mismos que se encuentran estipulados en la planilla de cálculo de consumo del presente informe.

4.6.3 FASE III: Implementación de la Red de Gas Natural

Construcción del sistema de Tuberías

Durante la construcción del sistema de tuberías se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones.

Las tuberías de gas deben instalarse, en la medida de lo posible, en líneas rectas, debiéndose evitar los cambios de dirección innecesario.

Las tuberías se instalaron para que sean accesibles para la inspección y el mantenimiento, asimismo, que su operación no presente dificultades ni implique riesgos, para ello se instaló pasarelas, plataformas y conductos, asimismo, en las uniones se utilizaron bridas, uniones dobles y otros para el cambio de dirección.

Las uniones de las tuberías fueron instaladas por medio de accesorios normalizados, a fin de evitar tensiones en los cambios de dirección.

En las tuberías se colocaron soportes intermedios en intervalos regulares, de acuerdo a su peso y diámetro.

Así mismo los soportes colgantes fueron colocados en forma de escuadra, de una resistencia y configuración adecuada, con la finalidad de prevenir o amortiguar una vibración excesiva. Asimismo, la tubería fue anclada para prevenir esfuerzos indebidos sobre los equipos conectados.

El espaciamiento de los soportes en la tubería de gas, fueron de acuerdo a la tabla indicada.

Tabla N° 05: Soporte de tubería

Tamaño nominal de la tubería	Distancia entre soportes		Tamaño nominal de las tuberías flexibles (pulgadas)	Distancia entre soportes	
	M	Pies		M	Pies
1/2"	1.85	6'	1/2"	1.25	4
3/4 "ó 1"	2.45	8	5/8" ó 3/4"	1.85	6
1 3/4 " ó mayores (horizontales)	3	10	7/8" ó 1"	2.45	8
1 3/4 " ó mayores (verticales)	Una en cada nivel o piso				

Fuente: NTP 111.010: 2003 GAS NATURAL SECO, 1° edición, 17 dic. 2003

Las tuberías fueron instaladas de acuerdo a los parámetros indicados en la tabla N° 06, referente a las distancias mínimas entre las tuberías que conducen gas y las tuberías de otros servicios.

Las tuberías que cruzaron los pisos o paredes, contaron con una camisa protectora o pasa-muro.

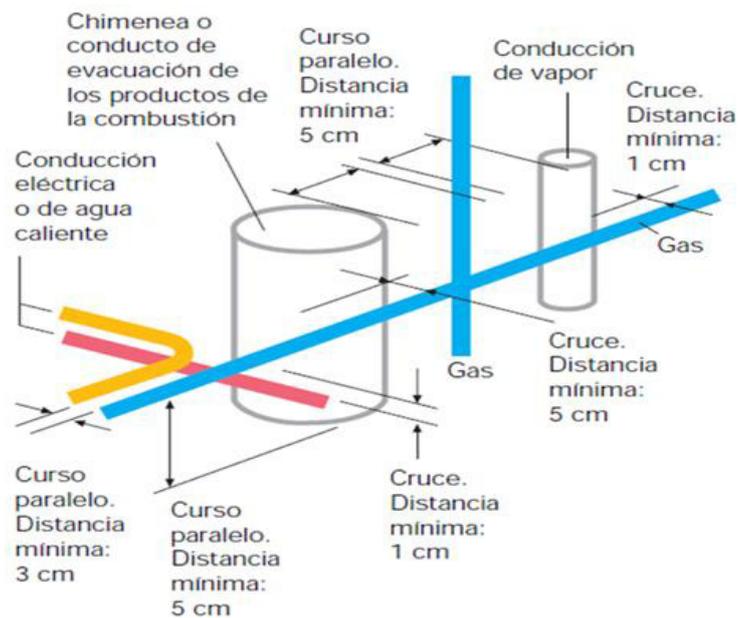
Las tuberías instaladas en ductos, fueron soldadas las uniones. Asimismo, se instaló áreas de ventilación inferiores y superiores, facilitando el acceso para el mantenimiento y la inspección.

Tabla N° 06: Distancias mínimas entre las tuberías que conducen gas y tuberías de otros servicios

Tuberías de otros servicios	Curso paralelo	Cruce
Conducción de agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	5 cm	5 cm
Chimeneas	5 cm	5 cm

Fuente: NTP 111.010: 2003 GAS NATURAL SECO, 1° edición, 17 dic. 2003.

Figura N° 07: Distancias mínimas entre las tuberías



Fuente: Normas Técnicas Peruanas NPT 110. PAG 221

Uniones de Juntas Roscadas.

Materiales:

- Tubería de acero al carbono API 5L —ASTM A-53.
- Accesorios ASTM A 105 N° 300.
- Teflón para uso de propano, Diésel y Gas Natural.

- Formador de empaquetaduras constituida por resinas sintéticas y polvos inorgánicos tipo 3H.

Almacenamiento de materiales en obra:

Las condiciones mínimas de almacenamiento contemplaran un área cubierta con acceso restringido.

Preparación de la tubería y accesorios para roscar:

Se realiza el corte de la tubería, con una corta tubo de diámetro requerido. Una vez trozada la tubería esta se lleva a un taller para realizar la rosca cónica con las características mencionadas. Antes de envolver la rosca con el teflón se limpia con un cepillo metálico para eliminar todo partícula que pueda estar depositado entre las roscas.

Una vez limpiado la rosca se procede a envolverla con teflón en sentido contrario, se debe cubrir toda la rosca y darle entre 15 a 25 vueltas.

Luego se da una pasada leve con el formador de empaquetaduras alrededor de toda la rosca.

A continuación, se inserta el accesorio para realizar la junta, esta se debe roscar hasta por lo menos 2/3 de la rosca.

Condiciones climáticas:

Se implementarán carpas y mamparas para proporcionar al tubero, y el área de trabajo, protección con el objeto de evitar que las condiciones ambientales afecten la calidad de trabajo.

Herramientas y materiales:

Materiales, equipos y accesorios utilizados en la soldadura manual:

- Herramientas Manuales.
- Herramientas para medir; metro, niveles, etc.
- Corta tubo.

Procedimiento para la ejecución de los trabajos.

Es la metodología a seguir en la ejecución de los proyectos de conversión a gas natural, a fin de realizar un control efectivo del avance de la obra y mantener los parámetros definidos por el cronograma del trabajo del proyecto, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes documentos:

- Un informe técnico donde se encuentren las especificaciones técnicas para el requerimiento de materiales, equipos y especificaciones técnicas para el montaje de la red interna de gas natural, así como el montaje de los equipos de regulación, medición y de combustión materia de cada uno de los proyectos.
- Un informe técnico con las recomendaciones para la adaptación y/o implementación de los diferentes equipos de combustión para que puedan ser capaces de quemar gas natural.
- Plano layout, donde se muestre la red interna de gas natural, los respectivos equipos a los que se les suministrará gas natural, la planilla de consumos nominales de gas natural de los equipos de combustión que usarán este combustible.
- Demanda de caudal y presiones actuales y futuras.
- Plano isométrico, donde se mostrará la red interna de tuberías desde la estación de regulación y medición,

hasta la válvula de bloqueo de cada uno de los equipos de combustión.

- Planilla de cálculo de velocidades y caídas de presión para la red interna del gas natural.

En esta etapa es necesario que el instalador cuente con un plan de control de calidad que contemple registros de los procedimientos, instrucciones técnicas, y/o formatos que garanticen la trazabilidad del proyecto.

Lo mínimo exigido para garantizar el correcto control del proyecto es:

- La guía de entrega de materiales.
- Certificado de calidad de los materiales.
- Certificados de los equipos que se reciben.
- Registro de calidad de recepción de los materiales.
Registro de calidad de almacenamiento de los materiales

Uniones de Juntas Soldadas

Proceso de soldadura

Para el proyecto, se ejecutaron 2 procesos de soldadura para la juntas a tope, filete en los tubos y accesorios.

Proceso1: GTAW +SMAW: para juntas de tubos y accesorios de diámetro iguales o mayor a Ø 4", sch 40 y sch 80.

Proceso 2: GTAW: para juntas de tubos y accesorios de diámetro igual o mayor de Ø 1/2", sch 40 y sch 80.

Control de calidad del proceso

- Se generaron los documentos Welding Map y Welding Book

- Se generaron las homologaciones de los soldadores, con calificación en posición 6G.
- Se realizó la inspección de tinte penetrantes al 100% de las juntas a filete.
- Se realizó la examinación radiográfica de las juntas a tope de tubos y accesorios.

Constatación del proceso de soldadura

Soldabilidad: Se Determina el carbono Equivalente (CE)

$$CE = \left[C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} \right] \%$$

Donde:

Para el material ASTM A53, Gr B

$$CE = \left[0.30 + \frac{1.20}{6} + \frac{0.40+0.15+0.08}{5} + \frac{0.40+0.50}{15} \right] \%$$

$$CE = 0.776\%$$

Para el material ASTM A-216, WCB

$$CE = \left[0.30 + \frac{1.00}{6} + \frac{0.50 + 0.20 + 0.08}{5} + \frac{0.50 + 0.50}{15} \right]$$

$$CE = 0.693\%$$

Para el material ASTM A-216, WCB

$$CE = \left[0.30 + \frac{1.00}{6} + \frac{0.40 + 0.20 + 0.08}{5} + \frac{0.40 + 0.40}{15} \right]$$

$$CE = 0.649$$

Material base. Identificado N° PH

- Tubería : ASTM A-53 Gr B
- Codos, tee, reducciones : ASTM A-234 WCB
- Bridas NRF : ASTM A-216 WCB

Tabla N°07: Material base para Aplicación

QW/QB-422 FERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (COI)
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi	Welding				Brazing	
				P-No.	Group No.	S-No.	Group No.	P-No.	S-No.
SA-216	WCA	J02502	60	1	1	...	...	101	...
SA-216	WCC	J02503	70	1	2	...	...	101	...
SA-216	WCB	J03002	70	1	2	...	...	101	...
SA-217	WC6	J12072	70	4	1	...	...	102	...
SA-217	WC4	J12082	70	4	1	...	...	101	...
SA-217	WC1	J12522	65	3	1	...	...	101	...
SA-217	WC9	J21890	70	5A	1	...	...	102	...
SA-217	WC5	J22000	70	4	1	...	...	101	...
SA-217	C5	J42025	90	5B	1	...	...	102	...
SA-217	C12	J82090	90	5B	1	...	...	102	...
SA-217	CA15	J91150	90	6	3	...	...	102	...
SA-225	D	...	75	10A	1	...	...	101	...
SA-225	D	...	80	10A	1	...	...	101	...
SA-225	C	K12524	105	10A	1	...	...	101	...
SA-226	...	K01201	47	1	1	...	...	101	...
SA-234	WPB	K03006	60	1	1	...	...	101	...
SA-234	WPC	K03501	70	1	2	...	...	101	...
SA-234	WP11, Cl. 1	...	60	4	1	...	...	102	...
SA-234	WP12, Cl. 1	K12062	60	4	1	...	...	101	...
SA-234	WP1	K12821	55	3	1	...	...	101	...
SA-234	WP22, Cl. 1	K21590	60	5A	1	...	...	102	...
SA-234	WPR	K22035	63	9A	1	...	...	101	...
SA-234	WP5	K41545	60	5B	1	...	...	102	...
SA-234	WP9	K90941	60	5B	1	...	...	102	...
SA-234	WP91	...	85	5B	2	...	...	102	...
SA-240	Type 201	S20100	95	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type 202	S20200	90	8	3	...	...	102	...
SA-240	...	S20400	95	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type XM-19	S20910	100	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type XM-19	S20910	105	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type XM-17	S21600	90	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type XM-17	S21600	100	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type XM-18	S21603	90	8	3	...	...	102	...
SA-240	Type XM-18	S21603	100	8	3	...	...	102	...
SA-240	S21800	S21800	95	8	3	...	...	102	...

Fuente: manual de soldadura eléctrica AWS

Material de aporte.

Identificando el tipo de electrodo: Proceso SMAW SFA 5.1

Tabla N° 08: Identificación del tipo de electrodo según material base

ELECTRODE CLASSIFICATION

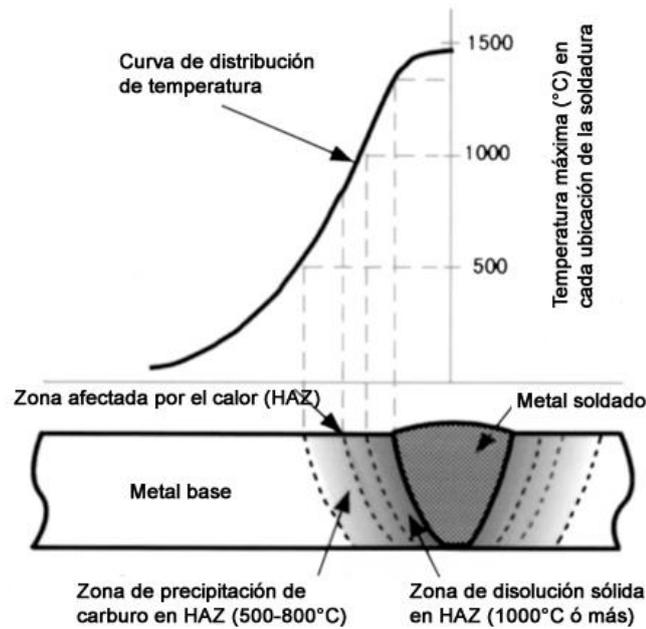
AWS Classification	Type of Covering	Welding Position ^a	Type of Current ^b
E6010	High cellulose sodium	F, V, OH, H	dcep
E6011	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E6012	High titania sodium	F, V, OH, H	ac or dcen
E6013	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep or dcen
E6019	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep or dcen
E6020	High iron oxide	{H-fillets F	ac or dcen ac, dcep or dcen
E6022 ^c	High iron oxide	F, H	ac or dcen
E6027	High iron oxide, iron powder	{H-fillets F	ac or dcen ac, dcep or dcen
E7014	Iron powder, titania	F, V, OH, H	ac, dcep or dcen
E7015 ^d	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	dcep
E7016 ^d	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018 ^d	Low hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018M	Low hydrogen iron powder	F, V, OH, H	dcep
E7024 ^d	Iron powder, titania	H-fillets, F	ac, dcep or dcen

Fuente: Manual de soldadura AWS.

Zona afectada por el Calor.

Determinando el ZAC.

Figura N° 08: Identificación del tipo de electrodo según material base



Fuente: ABC de la soldadura

Mediante las ecuaciones:

$$\frac{1}{T_{max}-T_o} = \frac{4.13 \cdot \rho \cdot C \cdot t \cdot Y}{H_{neto}} + \frac{1}{T_{fusión}-T_o} \quad \text{Ecuación ZAC}$$

$$H_{neto} = \frac{V \cdot I}{v} \cdot f \quad \text{Ecuación aporte de calor}$$

T_{max} = Temperatura máxima °C a una distancia Y mm del extremo o contorno del metal fundido.

T_o = Temperatura inicial de la plancha °C = 20 °C

$T_{fusión}$ = Temperatura de fusión °C = 1510 °C

H_{Net} = Energía aportada neta = 1312.5 J/mm

ρ = Densidad del material (g/mm³)

C = Calor específico del metal sólido (J/g °C)

t = Espesor del tubo a soldar (mm) = 3.91 mm

V = voltaje (V)

I = Amperaje (A)

v = velocidad de avance (mm/s)

- F = eficiencia térmica
 Y = Distancia al contorno del metal fundido
 Y_{zac} = Ancho de la ZAC

Se tiene como parámetros fijos de acuerdo al material acero al carbono

$$T_{\max} = 723^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{fusión}} = 1510^{\circ}\text{C}$$

$$H_{\text{neto}} = 1312.5 \text{ J/mm}$$

$$\rho \cdot c = 0.00785 \text{ g/mm}^3$$

$$C = 0.434 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$$

$$0.05475 = \frac{4.13 \cdot (0.0044) \cdot (3.91) \cdot (Y_{zac})}{1312.5} + \frac{1}{1510 - 20}$$

$$Y_{zac} = \text{Ancho de la ZAC} = 13.4 \text{ mm}$$

Considerando nuestro proceso de soldadura WPS -01-2008 evaluamos cada N° pase:

Tabla N° 09: Tubería sch 40- Ø6''

N° Pase	Proceso	t	Volt	Amp	v	f	Hneto	T _o	Yzac
		mm	V	I	mm/s		J/mm	°C	mm
1	GTAW	7.11	12	115	1	35%	483	15	3.67
2	SMAW	7.11	24	125	1.5	75%	1500	15	11.4
3	SMAW	7.11	24	125	1.5	75%	1500	1360	10.04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°10: Tubería sch 80-Ø4''

N° Pase	Proceso	t	Volt	Amp	v	f	Hneto	T _o	Yzac
		mm	V	I	mm/s		J/mm	°C	mm
1	GTAW	8.56	12	115	1	35%	483	15	3.05
2	SMAW	8.56	24	125	1.5	75%	1500	15	9.49
3	SMAW	8.56	24	125	1.5	75%	1500	1360	8.35

Fuente: Elaboración Propia

El material base seleccionado e identificado en las tablas es soldable entre sus diferentes especificaciones ASTM, por tener el mismo N°P.

En el área de soldadura los consumibles de soldadura, tales como los electrodos serán recibidos por el encargado de almacenes que controlara un stock y controlara la orden de retirar los consumibles. La inspección visual de los consumibles de soldadura se realizará de la siguiente manera:

- Todas las cajas de soldadura (30Kg) serán inspeccionadas.
- Para aprobar visualmente los consumibles de la soldadura estos deben cumplir con lo siguiente
- Revestimiento del electrodo centrado.
- No debe poseer humedad.
- No deben de existir dobleces.
- Partes en el electrodo sin revestimiento.
- En casos de existir otros problemas estos se deben especificar. Los electrodos revestidos no deben de mostrar signos de defecto o contaminación y cada electrodo debe llevar la identificación de la marca comercial.

Almacenamiento de consumibles

Los consumibles (electrodos) deberán ser almacenados y manipulados de modo que no se deterioren junto con sus cajas. Aquellos que estén contenidos en recipientes abiertos, deberán ser protegidos contra el deterioro y alteraciones que puedan ocasionar el medio ambiente (humedad). Cando el consumible presente evidencias de daño o deterioro, no debe ser utilizado. Todos los electrodos revestidos deben ser

presentados en posición vertical con la punta de inicio de arco hacia arriba. Los consumibles que fueran rechazados durante la inspección de recibo o durante su utilización deberán ser inmediatamente identificados y separados de los demás no pudiendo ser utilizado en la obra ni permanecer en la estufa de almacenamiento cuando sea el caso.

Transporte

El transporte del consumible será hecho en camionetas con toldo de lona y tapadas o en la cabina con las cajas ubicadas y colocadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las cajas de los consumibles al ser utilizados no deben tener ningún tipo de humedad ni corrosión.

Calificación de soldadores

Todos los soldadores, serán calificados de acuerdo a los requerimientos de API 1104. El uso del procedimiento de soldadura, estará autorizada con la presentación de los siguientes documentos:

- Aprobación del inspector de soldadura.
- Especificación de procedimiento de soldadura.
- Registro de calificación de procedimientos.
- Listado de soldadores calificados.

Preparación de biseles para la junta de soldadura

Los biseles de la junta a soldar serán preparados de acuerdo a las especificaciones del procedimiento de soldadura, para el caso de empalmes alguno de los extremos de los extremos de la tubería se deberá biselar en campo usando máquina

herramienta o una máquina de corte con oxígeno, consiguiendo así el ángulo de biselamiento descrito en el procedimiento.

Rebiselamiento

Cuando la boca de algunos de los tubos a ser soldados presenta ovulaciones o golpes que no permita realizar la soldadura, se realizará el re-biselamiento del mismo, para lo cual la biseladora será posesionada y fijada con una banda de la misma a través de sus propias trabas o guías. El borde del bisel será refrendado con un plato que tendrá una superficie de contacto marcado con una tiza o similar lo cual permitirá verificar que el bisel esté plano.

Alineación de tubería

Los tubos serán levantados o alineados con una banda o faja. Los tubos que tengan soldadura longitudinal de fábrica deberán posicionarse de tal manera que estas costuras queden ubicadas en la parte superior y con una diferencia mínima de 15 grados entre ellas, respetando siempre el orden y marcado previo. La alineación será realizada con grampa externa accionada con sistemas mecánicos no se debe retirar la grampa hasta completar al menos el 50% del cordón de la raíz.

Secuencia de soldadura

Antes del inicio de esta fase se debe verificar que:

- El dispositivo de masa, será confeccionado con el mismo material del tubo, no se permite el contacto directo de terminales o conectores de cobre con el tubo.
- Las juntas que se encuentren húmedas deberán secarse a una temperatura de 50 grados centígrados antes de soldarse por medio de un soplete con gas propano y una

llama no concentrada a una extensión de al menos 50 mm a cada lado.

- Una vez alineada la tubería y dada la luz especificada en el procedimiento y verificado que el desalineamiento externo no sobrepase un máximo de 1/16 pulgadas de espesor de la pared del tubo, se procederá a puntear la junta con los electrodos teniendo en cuenta de no remover la grapa hasta determinar al menos el 50% del pase de raíz. No se permitirá en ningún caso producir arco eléctrico fuera del bisel del tubo a soldar. Después de la limpieza de un cordón de soldadura, se verificará por medio del esmerilador y/o soldador, si has quedado poros, escoria u otros defectos, en caso afirmativo estos serán removidos con el esmeril.

Soldadura en la red de tuberías de polietileno

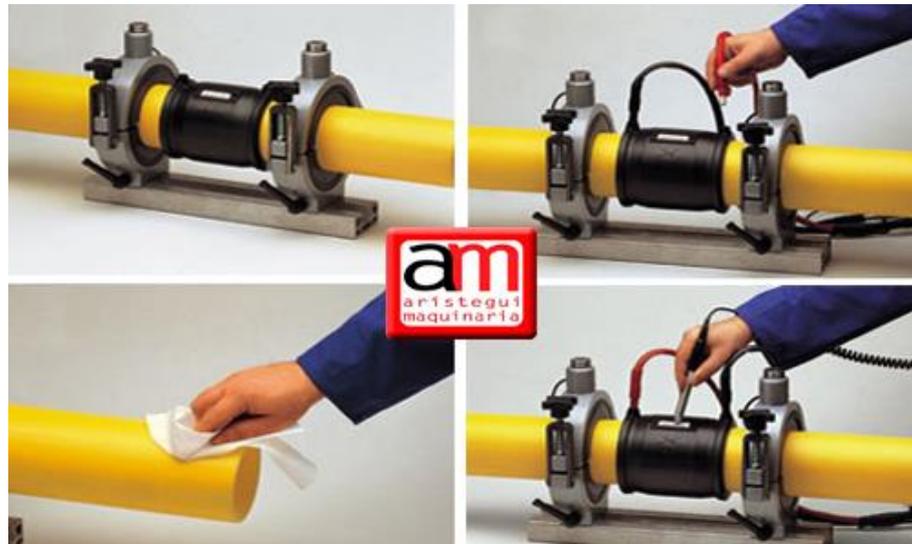
En el tendido de la red de tuberías de polietileno (PE) que se instaló en el hospital Santa Rosa, la soldadura de estos, se realizaron por el procedimiento de Fusión, los mismos que se detallan a continuación:

- Soldadura por electro fusión
- Soldadura por termo fusión.

Soldadura por electro fusión

Es un procedimiento de unión por fusión entre tubo y accesorio que se basa en la fusión de ambas superficies contando con una resistencia eléctrica inserta en el accesorio la cual provee el proceso térmico para la unión.

Figura N° 09: Soldadura de Fusión



Fuente: Aristegui Maquinaria.

Existen dos tipos de soldadura de electro fusión:

- Soldadura electro fusión de enchufe.
- Soldadura de electro fusión de montadura.

Para nuestro caso fue utilizada la soldadura de fusión a montura, para ello se tuvo que seguir los siguientes pasos.

- Limpiar (tela de algodón/ alcohol)
- Marcar (lápiz marcador indeleble).
- Raspar (raspador manual tipo paleta).
- Desbarbar (raspador giratorio- viruta).
- Limpiar (tubo raspado).
- Redondear (acondicionar tubería).
- Limpiar accesorio (cupla —tee —codo)
- Colocar alineador (tubo en barra-rollo)
- Conectar maquina electrofusionadora; con los cables y registro, lápiz óptico al código de barras.
- Enfriamiento de partes EF.

Todos estos procedimientos son aplicados para trabajos mecánicos- térmicos sin carga en la red de PE.

El éxito de este tipo de soldadura reside en eliminar de la superficie del tubo la capa oxidada debido a los rayos ultravioletas utilizando un raspador manual, asegurándose de raspar el tubo en una forma uniforme y total en la zona de unión.

Esto es imprescindible pues en la superficie impide la penetración molecular de las partes provocando solo un pegado de las piezas y no una unión.

Las piezas de montura se sujetan sobre el tubo ajustando los tornillos de acoplamiento denominado "cupla o copla".

Una vez cumplido estos requisitos y armado el conjunto tubo / accesorio / collar y alineador se conectan los alineadores del equipo de electrofusión, el operador debe seleccionar los parámetros en función del tipo de accesorio! tubo y comenzar el ciclo de la electrofusión.

Una vez terminado este procedimiento, se debe observar rigurosamente el tiempo de enfriamiento evitando remover el collar de alineación para no soltar la unión.

Soldadura por termo fusión

Pasos importantes a seguir en proceso de termo fusión.

- Controlar el tiempo de soldeo (presión por calentamiento)
- Retirar plancha calefactora (cóncava).
- Unir silleta a tubería (por presión fusión).
- Retirar la unidad hidráulica.

- Esperar tiempo de enfriamiento.
- Perforar silleta (sacabocado)
- Conexión acometida.

Equipos que se instalaron fuera del predio

La estación de regulación de presión y regulación primaria (ERPMP)

Se instaló cerca al punto de entrega, debido a que el distribuidor deberá siempre tener acceso a la ERPMP para intervenir adecuadamente y en forma rápida en casos de una emergencia.

Válvula de servicio

Llamada de cierre general. Está instalado en el límite municipal fuera del predio del cliente, en la línea del servicio del distribuidor.

Pintado de tuberías

Para el proyecto, fue lo indicado en la especificación técnica del cliente, el cual a continuación se precisa:

Especificación de Pintado N°1

Tipo de Superficie: líneas de procesos y recipientes aéreos

Preparación de Superficie : SSPC SP-6 (Limpieza con chorro de abrasivo grado comercial)

EPS Total : 9mils (espesor final).

- **Sistema de Pintado**

Zinc inorgánico, EPS : 4mils (Gris).

Epoxico, EPS : 3mils (Blanco).

Poliuretano, EPS : 2mils (RAL 1003).

Especificación de Pintado N°2

Tipo de Superficie : Líneas enterradas (No Aplica).

Especificación de Pintado N°3

Tipo de Superficie : Estructuras y Soportes metálicos aéreos

Preparación de Superficie : SSPC SP-6 (Limpieza con chorro de Abrasivo Grado Comercial).

EPS Total A : 9mils (Espesor Final).

Sistema de Pintado

Epoxico, EPS : 4mils (Blanco).

Poliuretano, EPS : 2mils

Los materiales para el pintado de las superficies metálicas de los ductos, es con la finalidad de protegerlos de corrosión externa garantizando la calidad de servicio.

Los materiales a ser empleados deberán contar con su respectiva HDSM o su ficha técnica para asegurar su calidad y cuidado.

Los materiales se deben almacenar sobre estantes en lugares con temperatura y humedad dentro del rango recomendados por los fabricantes, los materiales usados son:

Equipos

Consta de las siguientes maquinarias:

- Compresor: compresor con una capacidad mínima de 4 bar.
- Pistola: La pistola deberá tener las certificaciones de garantía correspondiente.

Materiales

- Base Zincromato: deberá ser de calidad reconocida y estar apta para el uso (fecha de vencimiento).
- Pintura esmalte: deberá ser del color correspondiente al tipo de tubería que se va a pintar deberá ser de calidad reconocida y estar apto para el uso.
- Thiner acrílico: deberá estar almacenado en un recipiente seguro y de fácil cierre y apertura.
- Lija: se deberá contar con lija para pulir zonas en la que se hallan excesos de pintura.
- Waípe: se deberá contar con una cantidad necesaria para la limpieza de los equipos y materiales empleados.
- Brocha y Pinceles: para dar acabado de retoque en zonas que pudieran ser dañados después de la manipulación de la pieza pintada.

Mantenimiento de las tuberías para el pintado

Antes de la aplicación de la pintura se debe realizar la limpieza de la superficie a ser pintado en este caso la parte externa de la tubería.

Se limpió el exterior de la tubería de incrustaciones, costras laminaciones, residuos con cepillo de acero con motor, lijando mecánicamente, en el caso de tubería de 8" o más se usará de preferencia mediante arenado abrasivo.

Luego de la limpieza y secado exterior completo de la tubería, se procederá al pintado. El tipo de pintura a utilizarse será el definido por las características específicas del proyecto.

Una vez aplicada la pintura anticorrosiva se continuará con la pintura de color amarillo, con una aplicación uniforme sin gotas o corridas cubriendo enteramente la superficie del tubo.

El espesor final de película seca de cada capa, y del total de capas será la requerida en las especificaciones del proyecto o en su defecto por las recomendaciones del fabricante de la pintura.

Salud y seguridad industrial

El Ingeniero de proyecto, periódicamente dará charla de inducción al grupo de personas destinadas para esta labor.

Se debe hacer cumplir que todo el personal del grupo utilice su EPP. También se debe verificar en forma periódica que los equipos y herramientas utilizados estén en buenas condiciones de operatividad.

- Guantes.
- Casco.
- Galas de seguridad.
- Botas de seguridad.

Todas las herramientas portátiles y manuales deberán ser inspeccionados antes de su utilización asimismo los soldadores contarán con gafas especiales, pecheras y mandiles de cuero.

Equipos de seguridad para el pintado

- Lentes: equipo utilizado para proteger la vista del operario de cualquier elemento sólido o volátil que pudiera dañarlo.
- Mascara: mascara con respirador para proteger el sistema respiratorio del operario de los productos volátiles.
- Guantes de látex: equipo utilizado para proteger las manos del operario sin restar habilidad a las mismas.
- Uniforme: equipo utilizado para proteger la piel del operario
- Casco: equipo utilizado para proteger la piel del operario de cualquier elemento extraño que pudiera alcanzarlo en la zona de trabajo.

Seguridad en pruebas radiograficas

Durante la operación del o de los equipos gamma gráficos, se recomienda indicar la zona de irradiación mediante letreros normalizados por la gerencia de seguridad y protección radiológica de la CNEA, y se limitara la zona de trabajo con cinta de peligro.

Cada operador o ayudante dispondrán de un monitor de aguja con lectura en MR/H. Se recomienda utilizar colimadores de radiación primaria.

Tabla N° 11: Almacenamiento de los residuos sólidos según su clasificación

TIPO	CLASIFICACIÓN
A	Residuos domiciliarios
B	Residuos voluminosos
C	Residuos comerciales de servicio e institucionales
D	Residuos procedentes de la limpieza de aéreas publicas
E	Residuos especiales -Vehículos y electrodomésticos desechados. -Neumáticos desechados -Residuos sólidos sanitarios no peligrosos. -Animales muertos. -Escombros. -jardinería.
F	Residuos industriales
O	Restos de matadero
H	Lodos
1	Residuo agrícolas

Fuente: DIGESA, Ley general de residuos sólidos, Ley 27314 y reglamentación

Reconversión de Equipos a Gas Natural

➤ Calderos

Es recomendable realizar una evaluación correcta a una caldera antes de realizar una conversión, a fin de evitar la aparición de problemas técnicos al operar con el nuevo combustible, y acceder en forma segura a las grandes ventajas que trae consigo la operación con Gas Natural, por lo que la conversión de una Caldera para Operar con Gas Natural, contempla en primer lugar, el retiro del Quemador o parrilla existente, y la adaptación de la placa de montaje y el cono de refractarios para el nuevo Quemador.

Luego se procede a instalar el Quemador en la caldera, para luego interconectar el Tren de Gas y de petróleo con las correspondientes líneas de alimentación de estos Combustibles.

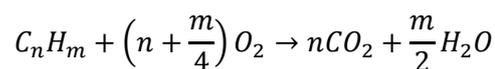
Finalmente se procede a realizar la interconexión eléctrica entre el tablero de control del Quemador y los sistemas de control de la caldera, control de nivel y presos tato, en el caso de Que la conversión de la caldera haya considerado un aumento en la capacidad de generación de vapor, es necesario el reemplazo de la Bomba de alimentación del agua y las válvulas de seguridad.

Proceso de la combustión del gas natural seco

La composición química del gas natural seco es:

- Metano : 85%
- Etano : 10%
- Propano : 3%
- Otros : 2% (no considerados)

Considerando la ecuación general de la combustión de un combustible



Donde n y m son átomos de C y H.

De la ecuación, la cantidad mínima de O₂ (del aire) que se necesita para quemar el combustible es

$$n + \frac{m}{4}$$

Por consiguiente, para cada volumen de gas (C_nH_m) se necesita $n+m/4$ volúmenes de oxígeno, considerando la composición teórica del aire que es de 21% de oxígeno y del 79% de nitrógeno, resulta en volúmenes que el aire tiene el 21% en volumen de oxígeno y 79% en volumen de nitrógeno.

El volumen del aire teórico será:

$$\text{volumen por aire} = 4,76 \text{ volumen por } O_2$$

En forma general para cualquier combustible se tiene:

$$\text{volumen por aire} = 4,76 \times \left(n + \frac{m}{4} \right) \times \frac{\text{volumen de aire}}{\text{volumen de combustible}}$$

Por consiguiente, para la composición del gas natural seco se aplica la expresión anterior obteniendo:

$$\text{volumen} \times CH_4 = 4,76 \times 2 = 9,52 \frac{\text{volumen de aire}}{\text{volumen de } CH_4}$$

$$\text{volumen} \times C_2H_6 = 4,76 \times 3,5 = 16,66 \frac{\text{volumen del aire}}{\text{volumen de etano}}$$

$$\text{volumen} \times C_3H_8 = 4,76 \times (5) = 23,80 \frac{\text{volumen del aire}}{\text{volumen de propano}}$$

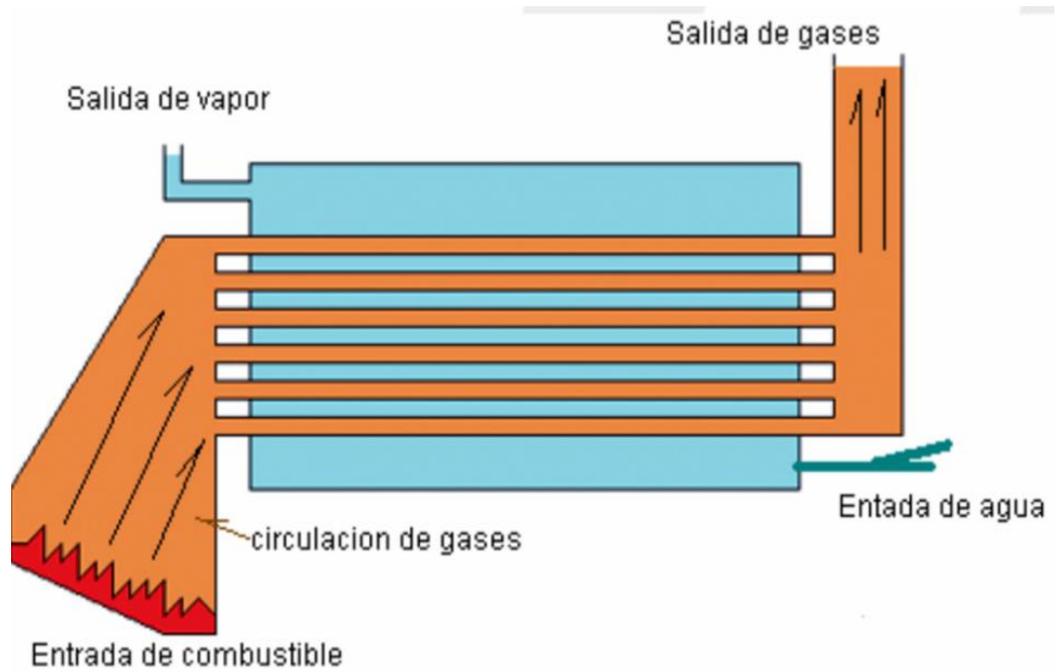
Aplicando la expresión para la mezcla de gases

$$VAM = 0,85 \times 9,52 + 0,10 \times 16,66 + 0,03 \times 23,8 - 4,76 \times 0$$

$$VAM = 10,47 \frac{\text{volumen de aire}}{\text{volumen de combustible}}$$

Si expresamos los volúmenes en m^3 resulta Que para un m^3 de gas natural (mezcla de combustible), se necesita $10,47 m^3$ de aire para una combustión.

Figura N° 10: Principio de la Caldera Piro-tubular



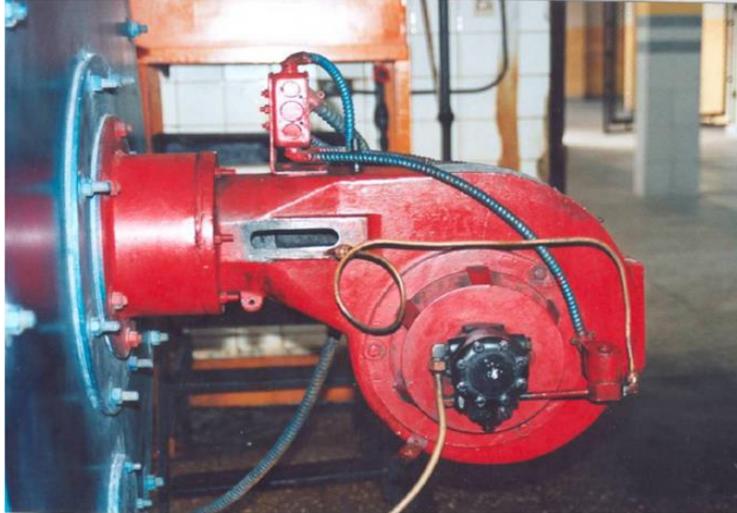
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 11: Caldero del Hospital Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 12: Quemador del Caldero del Hospital Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia

Caldero N° 1 de 100 BHP

Datos generales del equipo:

- Modelo 1RP3WB100
- Fabricante Thomasville
- año de fabricación 1982

Datos de diseño del equipo:

- Capacidad 100BHP

Sistema de Combustión:

- Equipo Quemador
- Cantidad 01
- Marca no precisa
- Modelo no precisa
- Capacidad IOQBHP
- Combustible usado Petróleo
- Consumo 30 gal/hr.

Acciones aplicadas para la conversión

Se cambió el anterior quemador de petróleo por otro de gas natural con las siguientes características:

- Alimentación de Combustible: Dual (Petróleo/Gas Natural)
- Tipo de control: On / of

Quegador

Estos quemadores son más simples que los quemadores de petróleo, no necesitan sistema de atomización ni tampoco de bombeo, como el gas es muy limpio, tampoco ensucian las boquillas ni tienen problemas de contaminación o corrosión.

En equipos industriales se utilizan quemadores con premezclado total. Esta se consigue regulando el aire y gas alimentando ambos fluidos por tuberías diferentes y mezclándolos poco antes del punto de salida final, para la combustión del gas natural se utilizan quemadores con las siguientes características:

- **Cuerpo del quemador:** Está construido en aluminio, con garganta de montaje del mismo material, ambos abisagrados para permitir la apertura del quemador, permitiendo el acceso al cabezal.
- **Dámper:** De aire con doble registro, montados sobre bujes auto lubricados, para la regulación del aire para la combustión.
- **Presostato:** Para el control de aire del ventilador.

- **Cabezal de combustión:** Compuesto de una tobera construida en acero inoxidable.
- **Pantalla difusora y electrodo para realizar el encendido:** En el caso de equipos duales, el encendido es independiente para cada combustible, los equipos duales están equipados con dos picos inyectores de Diésel oíl, uno para el bajo fuego y el otro, que sumado al primero, forman el alto fuego.
- **Servomotor:** Para el accionamiento del dámper del ventilador y de la mariposa del gas.
- **Transmisiones mecánicas:** Construidas con rotulas según normas, con seguros que permiten su fácil desarme. Los equipos duales cuentan con una bomba de combustible acoplado al ventilador y estos se suministran con 02 mangueras flexibles de alta presión, para la entrada y el retorno de combustible líquido.
- **Manómetro:** Para el control de presión de la bomba de combustible.
- **Filtro de Diésel oíl:** Es el filtro del petróleo.
- **Empaquetadura:** para el quemador.

Sistema de aire de combustión

El sistema cuenta con los siguientes elementos y características:

- Ventilador centrifugo con los siguientes elementos.
- Motor eléctrico impulsión del ventilador.
- Potencia de acuerdo a la capacidad del quemador

- Tensión 220/380/440 de acuerdo a la energía existente en el lugar del trabajo.
- Frecuencia: 60Hz.
- Velocidad: 3460 r.p.m.
- Protección: IP 55

Comando eléctrico

Tablero para control y comando del Quemador, compuesto de un gabinete construido en chapa doble decapada, con puertas abisagradas del mismo material. Equipado con los siguientes elementos:

- Programador: Para realizar el control de secuencia y seguridad de llama.
- Detector de presencia de llama: De preferencia de la misma marca que la del programador, instalado sobre el cuerpo del quemador.
- Elementos de comando y de fuerza motriz del ventilador de aire de combustión.
- Llave térmica para la protección del circuito de comando.
- Lámparas de señalización, pulsadores y selectoras de mando.
- Bornera de conexión.

Caldero N°2 DE 100 BHP

Datos generales del equipo:

- Modelo : SHHP- 100-2-ME.
- Fabricante : STEAM BOILER.
- Año de fabricación : 1996

Datos de diseño del equipó:

- Capacidad : 100BHP.

Sistema de Combustión:

- Equipo : Quemador.
- Cantidad : 01
- Marca : Power- Flamee.
- Modelo : 146667.

Capacidad

- Combustible usado : Petróleo.
- Consumo : 30 gal/ br.

Acciones que se realizaron para la conversión del caldero

Análogamente a la conversión del anterior caldero, se cambió el quemador actual por un quemador para gas natural con las siguientes características:

- Alimentación de Combustible: Dual (Petróleo/ Gas Natural)
- Tipo de control: On / Of.

➤ **Equipo de cocinas**

Cocina de tres hornillas

Datos Generales del equipo:

- Modelo : industrial
- Fabricante : Nacional
- Año de fabricación : No precisa
- Capacidad : 14000 Kcal/h

Sistema de combustión

- Equipo : Hornillas.
- Cantidad : 3
- Combustible usado : GLP
- Consumo : 0.56ga1/ h

Acciones realizadas para la conversión

Se adecuó las cocinas actuales para utilizar el gas natural, como energía de consumo, para lo cual se cambió el niple inyector y el regulador de presión de ingreso de gas natural.

Equipo de cocina de 06 hornillas

Datos generales del equipo:

- Modelo : Industrial.
- Fabricante : Nacional.
- Año de Fabricación : No precisa.
- Capacidad : 28000 Kcal/h.

Sistema de combustión:

- Equipo : Hornillas.
- Cantidad : 6
- Combustible usado : GLP.
- Consumo : 1.12 gl/h

Acciones realizadas para la conversión

Adecuar las cocinas actuales para que puedan consumir gas natural, con cambio de niple, inyector y regulador de presión de ingreso de gas natural, dando como resultado el consumo siguiente:

Consumo : 3m³/h

Equipo de cocina de 02 hornillas

Datos generales del equipo:

- Modelo : Domestico
- Fabricante : Nacional
- Año de fabricación : No precisa
- Datos de diseño del equipo : No precisa

Sistema de Combustión:

- Equipo : Resistencia eléctrica
- Cantidad : 2
- Combustible usado : corriente eléctrica

Acciones realizadas para la conversión

Reemplazar la cocina actual por una cocina adecuada para su uso con gas natural, cuyo consumo es el siguiente:

Consumo : 1.0m³/h

➤ **Mecheros**

Equipo de mechero de Bunsen N° 1

Datos generales del equipo:

- Modelo : Bunsen
- Fabricante : Nacional
- Año de fabricación : No precisa

Datos de diseño del equipo:

- Capacidad : 890 kcal/h

Sistema de combustión:

- Equipo : mechero.
- Cantidad : 01
- Combustible usado : GLP
- Consumo : 0.03 gl/h

Acciones realizadas para la conversión:

Se adecuó al mechero un regulador de presión, para que pueda utilizar como combustible el gas natural, teniendo como consumo lo siguiente:

Consumo actual : 0,1 m³/h

Equipo de mechero de Bunsen N°2

Datos generales del equipo:

- Modelo : Tipo Bunsen
- Fabricante : Nacional.
- Año de fabricación : No precisa.

Datos de diseño del equipo:

- Capacidad : 890 kcal / h.

Sistema de combustión:

- Equipo : mechero
- Cantidad : 01
- Combustible usado : GLP
- Consumo : 0.03 gl /h

Acciones realizadas para la conversión:

Se adecuo un regulador de presión para que pueda utilizar el gas natural siendo el consumo actual de:

Consumo : 0,1m3/h.

Equipo de mechero Bunsen N°3.

Datos generales del equipo:

- Modelo : Tipo Bunsen
- Fabricante : Nacional
- Año de fabricación : No precisa.

Datos de diseño del equipo:

- Capacidad : 890 kcal/h.

Sistema de combustión:

- Equipo : mechero.
- Cantidad : 01
- Combustible usado : GLP
- Consumo : 0.03 kcal/h

Acciones realizadas para la conversión:

Se instaló un regulador de presión para el ingreso del gas natural, siendo su consumo actual de:

Consumo : 1m3/h.

➤ **Equipo Calandria**

Datos generales del equipo:

- Modelo : JENSEN

- Fabricante : JENSEN
- Año de fabricación : 1992

Datos de diseño del equipo:

- Capacidad : No precisa.

Este equipo se ha considerado para una conversión en lo futuro, por lo que es conveniente cambiar el equipo por uno que se adecue para utilizar el gas natural como combustible, y el consumo sería de 25m³/h.

➤ **Equipo secador de ropa 45 Kg.**

Datos generales del equipo:

- Modelo : No precisa.
- Fabricante : CISELL.
- Año de fabricación : No precisa.

Datos de diseño de equipo:

- Capacidad : 45 Kg.

Sistema de combustión:

- Equipo : serpentín de vapor.
- Cantidad : 1
- Combustible usado : vapor
- Consumo : no precisa.

Acciones realizadas para la conversión:

Cambiar el serpentín de vapor por un quemador de gas natural para la generación de aire caliente.

4.6.4 FASE IV: Prueba y Entrega del Proyecto.

Prueba Radiográfica

Este procedimiento cubre los requerimientos que deberá cumplir con el método radiográfico utilizado para la detección de discontinuidades en juntas soldadas de la tubería.

Alcance

Esta prueba aplica únicamente para las geometrías, materiales y volumen de soldadura establecida.

Responsabilidades

- Es responsabilidad del departamento de proyectos elaborar este procedimiento, así como su revisión periódica.
- Es responsabilidad del encargado de la obra hacer cumplir lo establecido en el procedimiento durante la ejecución de los trabajos.
- Es responsabilidad del inspector, asegurar que se acaten las medidas de seguridad establecidas en este procedimiento.

Personal técnico

El personal que ejecuta el ensayo deberá estar habilitado por el E.N.R.E.N. para trabajar con isotopos radioactivos y durante el trabajo en campo nunca deberá estar solo, el que interpreta las radiografías deberá estar calificado como mínimo será nivel II, según lo especificado en la norma IRAM-CNEA-Y-500-1003.

Almacenamiento de películas sin exponer

Todas las películas no expuestas serán almacenadas en un lugar limpio y seco donde las condiciones ambientales no afecten la emulsión radiográfica.

Observación y evaluación de la radiografía

Las radiografías serán ensobradas en forma individual, o enrolladas, para la observación se empleara un negatoscopio con regulador de intensidad de luz, con una luminancia mínima de pantalla de 3000 cd/m², para una densidad óptica de película entre 2 y 3.5.

Informe técnico

Se informarán todas las discontinuidades inaceptables, observadas en la radiografía a menos que IST solicite que todas las discontinuidades sean observadas.

Se entregará un registro o informe diario de los resultados del ensayo, el cual deberá ser firmado por un radiólogo de nivel II, como mínimo.

Los informes radiográficos como la totalidad de las placas tomadas en la obra deberán estar en la obra acompañados de un negatoscopio, al cual tendrá un libre acceso la inspección de IST.

Prueba hidrostática

Para el proyecto, fue lo indicado en la especificación técnica del cliente, el cual a continuación se precisa:

Presión Hidrostática

$$PH = MOP \times 1.25$$

$$PH = 120 \text{ bar} \times 1.25 \quad \rightarrow \quad PH = 150 \text{ bar}$$

Donde:

PH = Presión Hidrostática

MOP = Máxima Presión Hidrostática

Tiempo de Prueba T = 4 horas

Calidad de fluido de prueba

Sales disueltas < 1,000 p.p.m.

Sulfatos < 250 p.p.m.

Cloruros < 200 p.p.m.

Sólidos en suspensión < 50 p.p.m.

PH entre 6.5 - 8.

Estándar aplicado

ASME B31.8: Gas transmission and Distribution Piping Systems

Secado de las Tuberías

Para el proyecto, fue según lo indicado en la especificación técnica del cliente, el cual a continuación se precisa:

- Equipo
Compresor con filtro y secador
- Fluido
Aire seco
- Temperatura Requerida
=- 25 °C por debajo del punto de rocío

Proceso de limpieza con gas inerte

Para el proyecto fue según lo indica y aplicándose la siguiente forma

- Equipo
- Banco de cilindros de nitrógeno y manómetros
- Presión de limpieza con gas inerte = 2.5 bar

La realización de este proceso se realizó en conjunto con toda la instalación de la ERM, gasoducto.

Proceso de gasificado y llenado

Para el proyecto fue según lo indica y aplicándose la siguiente forma:

- Fluido desplazado : Nitrógeno a 2.5 bar
- Fluido de llenado : Gas Natural a 30 bar

Este proceso se realizó en conjunto con toda la instalación de la ERM, gasoducto.

Entrega del Proyecto.

Una vez terminada las pruebas se realiza una última inspección para luego poner en funcionamiento los equipos con el sistema de gas, para finalmente proceder a entregar el equipo a la autoridad competentes del hospital en cumplimiento a lo establecido en el contrato de servicio con nuestra empresa, concluyendo con la aprobación del acta de entrega, como se observa a continuación:

V. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

6.1 Evaluación técnica

El gas natural está disponible en forma continua no requiere tanques de almacenamiento, disminuyendo los riesgos que ello implica y también los costos financieros no requieren preparación previa a su utilización como por ejemplo calentarlo, pulverizarlo o bombeado como ocurre con el petróleo.

Los equipos y quemadores del gas natural son fáciles de limpiar y conservar. La combustión del gas natural puede finalizar instantáneamente tan pronto cese la demanda del calor de los aparatos que lo utilizan, lo cual es muy adecuado para cargas variables e intermitentes.

La regulación automática es sencilla y de gran precisión manteniendo constante la temperatura o la presión al variar la carga. El rendimiento del gas natural es superior al de otros combustibles.

Es por tal motivo que el gas natural, se puede emplear en el hogar, el comercio y la industria, la cogeneración, la generación eléctrica con ciclos combinados y su uso como combustible para los vehículos.

Las ventajas medioambientales de esta energía comienzan desde su extracción, el gas natural se consume tal y como se extrae de los yacimientos en los que se encuentran. En este proceso, se genera menos contaminación que en el de otros combustibles fósiles y el transporte y distribución del gas se realiza a través de gasoductos enterrados, sin producirse impactos ambientales sobre el paisaje, otra de las características operacionales del gas natural es que no emite partículas sólidas ni cenizas en su combustión. Asimismo, las emisiones de dióxido de azufre son prácticamente nulas.

6.2 Evaluación económica

Para la inversión, se consideraron los siguientes equipos:

- La estación de regulación y medición (ERM) de doble ramal, está constituido por un doble sistema de filtración, doble sistema de regulación con válvulas Shut Off (incorporadas en el mismo cuerpo del regulador), válvula de alivio, medidor de caudal y corrector de caudal.
- En las líneas internas de distribución de gas natural, se consideró que el ramal principal sea de dos pulgadas, que servirá para alimentar los equipos actuales y futuras expansiones.
- Se considera dos estaciones de regulación secundaria para regular la presión de los dos calderos, con sus válvulas shut off, cada una incorporada en el cuerpo de la válvula de regulación. - Sistema de combustión, debido a la importancia que tiene el suministro del vapor hacia los diferentes servicios dentro del Hospital Santa Rosa y para prevenir cualquier contingencia con el gas natural, se ha considerado tener como combustible de respaldo al petróleo diesel 2, por lo que los quemadores deben ser duales para trabajar con gas natural y petróleo diesel 2.

Otros costos adicionales que tiene que ver en el proyecto son los siguientes:

- El costo del recinto que va a alojar a la ERM, el cual es aproximadamente US \$ 2500 + IGV.
- El pago a la certificadora que verificará la instalación de gas natural de acuerdo a las normas técnicas peruanas (NTP), el

mismo que asciende aproximadamente a la suma de US \$ 2000 + IGV.

En relación a la estación de regulación y medición, el costo que indicamos está considerando el costo de la cabina.

Con referente a la línea interna del gas natural, se ha considerado el costo de las tuberías, bridas, accesorios de derivación, así como anclajes que soportan el dimensionamiento de las tuberías.

6.3 Economía en los equipos que usan gas natural

El gas natural es el combustible fósil más abundante en el planeta. Además, por el tipo de almacenamiento, este combustible una vez sacado del pozo debe ser consumido.

La razón por la que el gas natural es el combustible más económico, es que no necesita ser procesado para poder ser utilizado y su transporte es por una red de tuberías hasta el punto de consumo.

A continuación, hacemos una comparación de los precios que tienen los combustibles y el gas natural:

Como se puede ver en la tabla N° 12, el gas natural es un combustible mucho más económico que cualquier otro combustible en el mercado, exceptuando el carbón.

Asimismo, los equipos que usan gas natural en lugar de combustibles líquidos, tienen el mantenimiento más prolongado y económico, como se podrá observar en la tabla 10.

Tabla N° 12: Comparación de los precios de los combustibles líquidos vs Gas natural

Combustible	Unidad	Precio/unidad (soles)	Poder calorífico (BTU/unidad)	precio/MMBTU (soles)
Gasolina	gl	10.55	122677	86.0
Residual 500	gl	3.5	145559	24.0
Residual 6	gl	3.4	149253	22.9
Kerosén	gl	11.17	133390	83.7
Diésel	gl	10.38	139256	74.5.
GLP	gl	5.07	98000	51.7
Gas natural	m3	0.47	35314	13.3

Fuente: Osinerg - GART, publicación semanal de precio de combustible.

Tabla N° 13: Comparación del mantenimiento que se debe hacer con los equipos que usan gas natural vs diesel.

Mantenimiento preventivo en el quemador	Tipos de combustible	
	Diésel	Gas Natural
Control de la combustión y la eficiencia.	Mensual	Semestral
Limpieza y verificación del filtro del combustible	Mensual	Semestral
Limpieza y verificación de las boquillas	Mensual	Semestral
Verificación de válvulas solenoides y presostatos	Mensual	Semestral
Limpieza y verificación de Mirilla y fotoceldas IR/UV	Mensual	Semestral
Limpieza y verificación de platos reflectores	Mensual	Semestral
Verificación del programador de llama	Mensual	Semestral
Verificación del transformador de encendido	Mensual	Semestral
Verificación de la presión de combustible	Diario	Diario
Limpieza de chimeneas y ductos de gases.	Anual	Anual

Fuente: SAACKE, fabricantes de quemadores.

Como se puede observar con el gas natural el mantenimiento preventivo de los quemadores debe realizar en mayores intervalos de tiempo que con el diesel. Lo cual representa una gran ventaja económica utilizando el gas natural frente a otros combustibles.

A continuación, mostramos la Tabla N° 14 con los montos aproximados de inversión para una conversión de equipos.

Considerando lo siguiente:

- Overhead :8%
- Imprevistos :5%
- Utilidad :20%

Tabla N° 14: Costos de la Inversión

Ingeniería de detalle	US\$	1.500.00 + IGV
Estación de regulación y medición (ERM)	US\$	21 .600.00 + IGV
Línea interna de gas natural (LDGN)	US\$	20.700.00 + IGV
Estación de regulación secundaria (ERS)	US\$	7.800.00 + IGV
Sistema de combustión (SC)	US\$	30.900.00 + IGV
Recinto para ERM	US\$	2.500.00 + IGV
Certificación	US\$	2.000.00 + IGV
Total	US\$	87.000.00 + IGV

Fuente: INGENIERÍA DE FLUIDOS - E.I.R.L.

6.4 Análisis económico

Para poder calcular el ahorro que se va a obtener por la conversión de los equipos del Hospital Santa Rosa a gas natural vamos a considerar el consumo de un caldero que utiliza como combustible diésel realizándole una conversión para que pueda realizar el gas natural para lo cual se tiene que saber cuánto equivale el consumo actual del caldeo a fin de poder determinar las diferentes categorías y los precios del gas natural para cada categoría, según el siguiente detalle:

Tabla N° 15: Categoría vs Precios

Categoría	M3 mensuales	P. gas Boca de pozo	Red principal transporte	Red principal distribución	Otras redes	Precio final
A	0 - 750	0.99	1.12	0.17	4.31	6.59
B	750 - 17.000	2.25	1.12	0.17	2.29	5.83
C	17.000 - 300.000	2.25	1.12	0.17	0.63	4.14
D	300.000 a más	2.25	1.12	0.17	0.38	3.92

Fuente: NTP 111.011:2003 GAS NATURAL SECO, 2° edición, 23 junio del 2006

Sabiendo que el consumo del caldero en cuestión es de 30 gal/h en 12 horas que se considera un día tendría un consumo de:

$$30 \text{ gal/h} \times 12 \text{ días} = 360 \text{ gal/d}$$

Por consiguiente, en un mes será $360 \text{ gal/d} \times 30 \text{ d} = 10.800 \text{ gal}$

En un mes consumirá 10.800 galones

Considerando equivalencias

1 gal D2 139.535 BTU

1M3 = 37.419

Por consiguiente, calcularemos los M3 de consumo mediante la siguiente relación

$$10.800 \text{ gal D2} \times \frac{139.535 \text{ BTU}}{1 \text{ gal D2}} \times \frac{\text{M3}}{37.419 \text{ BTU}} = 40.273 \text{ m}^3$$

Con este resultado comparamos con la tabla N° 15 resultando que pertenece a la categoría C, y el precio final que se va a tener por millón de BTU será de 417 US\$ luego con este precio podemos calcular el ahorro que se tiene por el cambio de combustible en un mes.

Costo con diésel

$$10.800 \text{ gal D2} \times \frac{12.50 \text{ soles}}{1 \text{ gal D2}} \times \frac{\text{US\$}}{2.65 \text{ soles}} = 50.943.39 \text{ US\$}$$

Costo con gas natural

$$10.800 \text{ gal D2} \times \frac{139.535 \text{ BTU}}{1 \text{ gal D2}} \times \frac{4.17 \text{ US\$}}{1\,000\,000 \text{ BTU}} = 6.284 \text{ US\$}$$

Ahorro mensual

$$50,943.39 \text{ US\$} - 6,284 \text{ US\$} = 44, 659 \text{ US\$}$$

Es decir, el ahorro mensual seria de 44, 659 US\$

Ahorro anual

$$44,659 \text{ Us\$} \times 12 = 535,908 \text{ US\$}$$

Ahorro anual es de 535,908 US\$

6.4.1 Recuperación de la inversión

Considerando que la inversión para esta primera fase del proyecto según la tabla N° 14, se tiene que el proyecto se recuperaría de 10 a 11 meses aproximadamente.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Con la Implementación de la Red de Gas Natural para Abastecer Combustible a los Equipos Térmicos utilizados en el Centro Hospitalario Santa Rosa –Pueblo Libre se logró reducir los costos de operación llegando a alcanzar un ahorro anual de 535,908 US\$, lo cual significo una recuperación de la inversión no mayor a un año.
- Debido al reconocimiento de la casa de fuerza y servicios auxiliares, se logró establecer un diseño apropiado teniendo en cuenta la selección del material para el sistema de tuberías, de acuerdo a su ubicación y trazado, con todos los accesorios necesarios, con lo que se pudo de alimentar de combustible y estaciones de regulación de presión.
- Los cálculos para el dimensionamiento de la red y selección de las estaciones de regulación de presión fueron realizados mediante las fórmulas de Renouard, por tener en cuenta las características particulares del gas para el cual se diseño.
- La etapa constructiva de la implementación fue basada en procedimientos constructivos y sustentada mediante una memoria de cálculo, incluyendo los consumos de gas natural, los diámetros de las tuberías, el caudal, la velocidad, las pérdidas de carga, los planos de planta y planos isométricos.
- Para dar garantía de la implementación de la red, se elaboró el acta de hermeticidad, con las pruebas de comprobación y las recomendaciones generales para la puesta en marcha, quedando operativo el funcionamiento de los equipos con el nuevo combustible el gas natural.

6.2 Recomendaciones

El gas natural es un recurso invaluable que representa un subsidio formidable de la naturaleza y constituye un factor fundamental de desarrollo para los países que han tenido la suerte de recibirlo, por este motivo el Perú empieza una nueva era energética del gas natural con una gran tendencia al desarrollo industrial, seguridad y confianza para los futuros hombres del mañana.

Considerando que el Perú cuenta con profesionales especializados en las instalaciones del gas natural, como son los siguientes:

- IG - 1 : instaladores
- IG – 2 : técnicos instaladores
- IG – 3 : profesionales en diseño y dimensionamiento.

Por lo que, se recomienda que el Estado Peruano promueva mediante financiamientos la conversión a gas natural para los hogares (cocinas, calefacción y estufas), para el comercio (restaurantes, pollerías, etc.), para la industria (empresas, hospitales, etc.), generación eléctrica y en el sector transporte (200 000 unidades convertidas).

VII. REFERENCIALES

Rocca Martinez, Geovany Jose. **“Diseño de una Red de Distribución de Gas Natural para uso Doméstico en el Sector las Cocuizas del Municipio Maturín del Estado Monagas”**. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Químico. Universidad de oriente. Venezuela. 2011.

Ramírez Espejel, Erick Fernando. **“Diseño y Análisis de la Red Interna de Conducción y Distribución de Gas Natural hacia los centros de consumo de la Planta Metal – Mecánica, bajo normas de uso y manejo de gas Natural”**. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. Instituto Politécnico Nacional. México. 2013.

Robles Caycho, Hernán Antonio Ramón. **“Migración de combustibles Tradicionales a Gas natural en un Industria Alimentaria”**. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013.

NTP 111. 010: 2003 GAS NATURAL SECO. **Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales**. 1ra edición, 17 de diciembre del 2003.

NTP 111. 011: 2006 GAS NATURAL SECO. **Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales**. 2a edición, 23 de junio del 2006.

FREDY ROJAS CHÁVEZ. **Combustión y quemadores**. Instituto de petróleo y gas, Universidad Nacional de Ingeniera.

ENRIQUE SARMIENTO SARMIENTO **Soldadura de acero**. Instituto de petróleo y gas, Universidad Nacional de Ingeniera.

P. AUGUSTE. **Soldadura en tuberías**, año 2000, pág. 128.

JOSÉ MARÍA RIVAS ARIAS. **Manual de soldadura GTAW (TIG)**. Año 2001, pág. 138.

EXPÓSITO FERNÁNDEZ DE BATA. **Elementos de diseño en tuberías y soldadura**. Año 2010, pág. 531.

PÉREZ DEL RIO JOSÉ. **Máquinas y calderos**. Escuela Oficial de Náutica de Barcelona, 1942.

BELAN F. WATER TREATMENT. **Generadores de vapor**. Editorial MIR, Moscú, 1981.

PITTS D. R. & SISSON LE. **Transferencia de calor**. Mc Graw Hill, Bogotá 1979.

VIII. ANEXOS Y PLANOS

8.1 Anexos

Anexo N° 01: Estandar ASME B31.8

841 TUBERÍA DE ACERO

841.1 Requerimientos de Diseño de un Sistema de Tuberías de Acero

841.11 Fórmula del Diseño de Tubería de Acero

(a) La presión de diseño para los sistemas de tuberías de gas o el espesor nominal de pared para una presión de diseño dada, se deberá determinar mediante la siguiente fórmula) para ver las limitaciones de la misma, véase el párrafo 841.111):

$$P = \frac{2St}{D} FET$$

donde

D = diámetro nominal exterior de la tubería, pulgadas

F = factor de junta longitudinal obtenido de la Tabla 841.115A (véase también el párrafo 817.13(d)). Al fijar los valores del factor de diseño F, se ha dado la debida consideración y se han dejado holguras para las distintas tolerancias por espesores deficientes que se dan en las especificaciones de tubería listadas y aprobadas para uso en este Código.

P = presión de diseño psig (véase también el párrafo 841.111)

S = tensión mínima de fluencia especificada, psi, estipulada en la especificación bajo la cual se compró la tubería del fabricante, o determinada en conformidad con los párrafos 817.13(b) y 841.112. La tensión mínima de fluencia especificada de algunos de los aceros más comúnmente usados, cuyas especificaciones se hallan incorporadas aquí por referencia, se hallan tabuladas en el Apéndice D, para conveniencia del usuario.

T = factor de disminución de temperatura, obtenido de la Tabla 841.116A.

t = espesor nominal de pared, pulgadas

TABLA 841.114B
FACTORES DE DISEÑO PARA CONSTRUCCIÓN CON TUBERÍA DE ACERO

Instalación	Clase de Localidad				
	1		2	3	4
	Div. 1	Div. 2			
Ductos, líneas principales y líneas de servicio (véase párrafo 840.2(b))	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
Cruces de caminos, ferrovias, sin encamisado:					
(a) Caminos privados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Caminos públicos no mejorados	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovias	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Cruces de caminos, ferrovias, con encamisado:					
(a) Caminos privados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Caminos públicos no mejorados	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovias	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
Invasión paralela de ductos y líneas principales en caminos y ferrovias::					
(a) Caminos privados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Caminos públicos no mejorados	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Caminos, carreteras, o calles, con superficie dura o ferrovias	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Conjuntos fabricados (véase párrafo 841.121)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Líneas de ductos en puentes (véase párrafo 841.122)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Tubería de estación de compresión	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40
Cerca a concentraciones de gente, en Localidades Clase 1 y 2 (párr. 840.31(b))	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40

APÉNDICE D

MÍNIMA TENSIÓN DE FLUENCIA ESPECIFICADA PARA TUBERÍA DE ACERO USADA COMÚNMENTE EN SISTEMAS DE DUCTOS¹

TABLA D1
MÍNIMA TENSIÓN DE FLUENCIA ESPECIFICADA PARA TUBERÍA DE ACERO USADA COMÚNMENTE EN SISTEMAS DE DUCTOS

Especificación N°	Grado	Tipo (Nota 1)	SMYS, psi
API 5L (Nota (21))	A25	BW, ERW, S	25,000
API 5L (Nota (21))	A	ERW, S, DSA	30,000
API 5L (Nota (21))	B	ERW, S, DSA	35,000
API 5L (Nota (21))	x42	ERW, S, DSA	42,000
API 5L (Nota (21))	x46	ERW, S, DSA	46,000
API 5L (Nota (21))	x52	ERW, S, DSA	52,000
API 5L (Nota (21))	x56	ERW, S, DSA	56,000
API 5L (Nota (21))	x60	ERW, S, DSA	60,000
API 5L (Nota (21))	x65	ERW, S, DSA	65,000
API 5L (Nota (21))	x70	ERW, S, DSA	70,000
API 5L (Nota (21))	x80	ERW, S, DSA	80,000
ASTM A 53	Tipo F	BW	25,000
ASTM A 53	A	ERW, S	30,000
ASTM A 53	B	ERW, S	35,000
ASTM A 106	A	S	30,000
ASTM A 106	B	S	35,000
ASTM A 106	C	S	40,000
ASTM A 134	...	EFW	(Nota (31))
ASTM A 135	A	ERW	30,000
ASTM A 135	B	ERW	35,000
ASTM A 139	A	EFW	30,000
ASTM A 139	B	EFW	35,000
ASTM A 139	C	EFW	42,000
ASTM A 139	D	EFW	46,000
ASTM A 139	E	EFW	52,000

TABLA 841.115A
FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL, E

<u>Especif. No.</u>	<u>Clase de Tubería</u>	<u>Factor E</u>
ASTM A 53	Sin costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldada a Tope en Horno: Soldadura continua	0.60
ASTM A 106	Sin costura	1.00
ASTM A 134	Soldadura por Electro Fusión con Arco	0.80
ASTM A 135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A 139	Soldado por Electro Fusión	0.80
ASTM A 211	Tubería de Acero Soldad en Espiral	0.80
ASTM A 333	Sin costura	1.00
	Soldada por Resistencia Eléctrica	1.00
ASTM A 381	Soldadura por Arco Doble Sumergido	1.00
ASTM A 671	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A 672	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
API 5L	Sin costura	1.00
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1.00
	Soldado por Electro Fulguración	1.00
	Soldado por Arco Sumergido	1.00
	Soldado a Tope en Horno	0.60

NOTA GENERAL: Las definiciones de las diferentes clases de tubería soldada se dan en el párrafo 804.243.

TABLA 841.116A
FACTOR DE DISMINUCIÓN DE
TEMPERATURA, T, PARA TUBERÍA DE ACERO

<u>Temperatura, °F</u>	<u>Factor de Disminución de</u> <u>Temperatura, T</u>
250 o menos	1.000
300	0.967
350	0.933
400	0.900
450	0.867

Anexo N° 02: Cuadro de cálculos de diámetro velocidad de gas natural, de tuberías, caída de presión y caudal

TRAMO	CAUDAL m³/ih	LONGITUD M		PRESIÓN (Bar)		P ₁ -P ₂ Bar	DIÁMETRO (PULO)		VELOCIDAD (m/s)
		REAL	CAL,	P ₁	P ₂		CALCULADO	ADOPTADO	
TRAMO A-ERM	321.52	12	12	2.0133	1.9938	0.195	1.7362	2	22.8292
TRAMO A-1	1.2	22	28.23	1.9938	1.9924	0.0014	0.1066	0.5	1.3643
TRAMO 1-B	0.1	5	7.35	1.0333	1.0322	0.0001	0.0427	0.5	0.2192
TRAMO A-C	320.3	67	67	1.9924	1.8805	0.1118	0.1742	2	24.1135
TRAMO C-2	11	5	10.78	1.9924	1.9881	0.0043	0.3228	0.75	5.5703
TRAMO C-C'	7	29	26.78	1.1551	1.1525	0.0026	0.3382	0.75	6.1147
TRAMO C'-2B	1.5	4	8.52	1.1525	1.152	0.0005	0.1567	0.5	2.9495
TRAMO C'-C"	5.5	3	8.52	1.1525	1.1508	0.0017	0.3001	0.75	4.8113
TRAMO C". 2C	1.5	3	3.94	1.1508	1.1503	0.0005	0.1569	0.5	2.9537
TRAMO	4	3	3.94	1.1508	1.1499	0.0009	0.2561	0.75	3.502

C'' – C'''									
TRAMO C''' – 2D	3	4	4.94	1.1503	1.1481	0.0023	0.2219	0.5	5.919
TRAMO C-D	309.3	18	18	1.8805	1.8513	0.0293	1.762	2	23.6534
TRAMO D-LAV	66	2	6.4	1.8513	1.8334	0.0179	0.8203	1	20.3862
TRAMO F-G	236	12	12	1.8301	1.8179	0.0122	1.5602	2	18.3794
TRAMO G-3	118	5	11.91	1.777	1.7629	0.0141	1.1196	1.5	16.847
TRAMO G-4	118	22	27.69	1.777	1.744	0.033	1.1196	1.5	17.0297
TRAMO F-H	1.3	15	19.35	1.797	1.7958	0.0012	0.1169	0.5	1.6398
TRAMO H-5	0.1	5	6.68	1.744	1.744	0	0.0329	0.5	0.1299

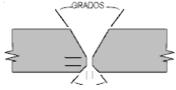
Anexo N° 03: Planilla de cálculo de carga térmica de los equipos

Item	Cant.	Equipo	Carga térmica (kcal/h)	Observaciones
1	1	Caldero 100 BHP	1 050 200.00	Equipo existente
2	1	Caldero 100 BHP	1 050 200.00	Equipo existente
3	1	Cocina de tres hornillas	13 350.00	Equipo existente
4	1	Cocina de tres hornillas	13 350.00	Equipo existente
5	1	Cocina de seis hornillas	26 700.00	Equipo existente
6	1	Cocina de dos hornillas	8 900.00	Equipo existente
7	1	Mechero Bunsen	890.00	Equipo existente
8	1	Mechero Bunsen	890.00	Equipo existente
9	1	Mechero Bunsen	890.00	Equipo existente
10	1	Calandria	222 500.00	Equipo futuro

Anexo N° 04: Planilla de cálculo de consumo de los equipos

Item	Cant.	Equipo	Carga térmica (kcal/h)	Observaciones
1	1	Caldero 100 BHP	118.00	Equipo existente
2	1	Caldero 100 BHP	118.00	Equipo existente
3	1	Cocina de tres hornillas	1.50	Equipo existente
4	1	Cocina de tres hornillas	1.50	Equipo existente
5	1	Cocina de seis hornillas	3.00	Equipo existente
6	1	Cocina de dos hornillas	1.00	Equipo existente
7	1	Mechero Bunsen	0.10	Equipo existente
8	1	Mechero Bunsen	0.10	Equipo existente
9	1	Mechero Bunsen	0.10	Equipo existente
10	1	Calandria	25.00	Equipo futuro

Anexo N° 05: Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS)

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)				Emisión	18/07/2007	
(De acuerdo a ASME Sección IX)				Revisión	0	
QW - 482 - ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)						
Nombre de la compañía			Por			
Especificación de Procedimiento (EPS / WPS) N°:		OPS -001-11	PQR de Soporte	Fecha		
Proceso(s) de Soldadura:		SMAW	Tipo			
JUNTA (QW - 402)			Detalle de la junta: 			
Diseño de la junta:		A tope con Bisel Recto y en V				
Respaldo: (Si)		No				
Material del respaldo (tipo) :						
Metal		No metálico				
Refractario		Otro				
Método de preparación del bisel:						
Por oxicorte / por amolado						
METAL BASE (QW - 403)						
N° P		Gr. N°	A	N° P	Gr. N°	
Ó						
Especificación (Tipo y Grado) :						
A Especificación (Tipo y Grado) :						
Ó						
Composición Química y Propiedades Mecánicas:						
A Composición Química y Propiedades Mecánicas:						
Rango de Espesores						
Metal base		Ranura		Filete		
Diam. Ext. Tubo		Ranura		Ver		
Otro:						
METALES DE APORTE (QW - 404)						
Especificación (SFA) N°						
Clasificación (AWS) N°						
F - N°						
A - N°						
Diámetro Metal de aporte (mm)						
Metal depositado (mm)						
Rango de Espesores (mm)						
Ranura (mm)						
Filete (mm)						
Fundente Clase						
Fundente-Nombre Comercial						
Inserto Consumible.						
Otro:						

		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (De acuerdo a ASME Sección IX)				Hoja	2de 2	
						Emisión	18/07/2007	
						Revisión	0	
POSICIONES (QW – 405)		GAS (QW – 408)						
Posición(es) de la Junta:		Composición Porcentual						
Progresión: Asc:	Desc:	GTAW	Gas (es)	Mezcla	Caudal (l/min)			
Posiciones de Filete:		Protección:						
PRECALENTAMIENTO (QW – 406)		Respaldo:						
Temp. De Precalent. °C	Min	Arrastre:						
Temp. Interpase :°C	Min	Purgado Previo:						
Mantenimiento precalentamiento °C		Otro:						
TRATAMIENTO TÉRMICO POS-SOLD. (QW – 407)		CARACTERÍSTICAS. ELÉCTRICAS (QW – 409)						
Rango de Temperatura: °C		Corriente AC o DC.			Polaridad			
Rango de Tiempo de Alivio: Hr		Amperaje:			Voltaje:			
Otro:		Electrodo Tungs (Tipo y						
		Modo de Transf.Metal.						
		Veloc.Alimentación del						
TÉCNICA (QW – 410)								
Cordón Recto u Oscilado:								
Orificio o tamaño de proteccion gaseosa								
Limpieza Inicial y entrepasadas (escobillado,esmerilado,etc)								
Método de Repelado de Raíz								
Oscilación de Arco (Máxima):								
Distancia Boquilla Contacto- Pieza (GMAW / SAW)								
Pasadas Múltiples ó Simples (Por Lado)								
Electrodo único o Múltiple:								
Velocidad de avance (cm/min)								
Martillado:								
Espesor máx. por pasada (solo p/ Req. Impacto)								
Otro:								
CUADRO DE VARIABLES OPERATIVAS (QW 404 / QW 409 / QW 410)								
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)	Otro
		Clase	Diam(mm)	Polaridad	Amperaje			
Raíz								
Lado 1								
Lado 2								
Rellen								

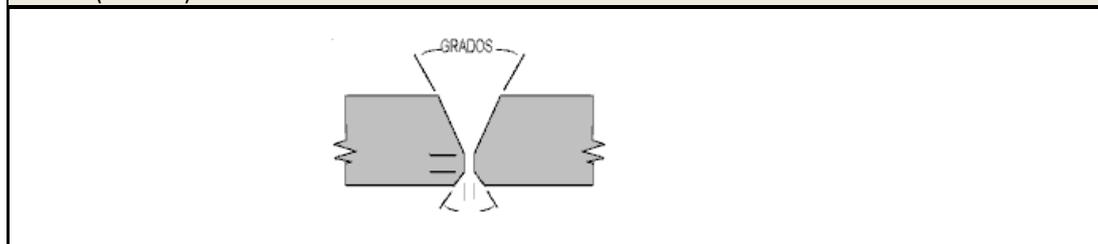
Nota 1, para espesores de 4.5mm a 6.0 mm sera el pase de acabado.

Nota 1, para espesores de 7.0 mm a 12 mm se utilizara electrodo supercorto de diametro de 3.5 mm con parametros de 20V,25V/100A-12A/9cm/min-11cm/m

Anexo N° 06: Certificado de calificación del Procedimiento (PQR)

CERTIFICADO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (PQR) (De acuerdo a ASME Sección IX)	PQR - OPS -001-11	
	Hoja	1 de 2
	Emisión	18/11/2007
	Revisión	1

QW - 482 - ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)			
Nombre de la compañía		Por	
Calificación del Procedimiento		Fecha	
Proceso(s) de Soldadura:	SMAW	Tipo	



METAL BASE (QW - 403)				TRAT. TÉRMICO POS-SOLD. (QW - 407)			
P-N°		Gr. N°	A	P-N°		Gr. N°	Rango de Temperatura: °C
Especificación material				Rango de Tiempo de Alivio: Hr/pulg.			
Espesor de probeta				Otro:			
Diámetro de la probeta				GAS (QW - 408)			
Otro				Composición Porcentual			
				Gas (es)	Mezcla	Flujo (l/min)	
METAL DE APORTE (QW - 404)				Protección:			
Especificación SFA N°				Respaldo:			
Clasificación AWS N°				Arrastre:			
Metal de aporte F - N°				CARACT. ELÉCTRICAS (QW - 409)			
Análisis de metal depositado A -				Corriente			
Tamaño de metal de aporte				Polaridad			
Nombre Comercial				Amperaje(A) Voltaje (V)			
Espesor de metal de soldadura				Tamaño de electrodo de tungsteno			
				Otro			
POSICIONES (QW - 405)				TÉCNICA (QW - 410)			
Posición de la ranura				Velocidad de avance (cm/min)			
Progresión de la Soldadura (Asc, Desc)				Pasada ancha o angosta			
Otro:				Oscilación			
PRECALENTAMIENTO (QW - 406)				Pase simple o multiple			
Temperatura de precalentamiento				Electrodo simple o multiple.			
Temperatura entre pases.				Otro			
Otro:							

	CERTIFICADO DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (PQR) (De acuerdo a ASME Sección IX)	PQR - OPS -001-11	
		Hoja	2 de 2
		Emisión	18/11/2007
		Revisión	1

CUADRO DE VARIABLES OPERATIVAS (QW 404 / QW 409 / QW 410)							
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)
		Clase	Diam(mm)	Polaridad	Amperaje (A)		
1							
2							
3							

PRUEBA DE TENSION						
Especimen N°	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Area (mm ²)	Carga Máxima (KN)	Esfuerzo Maximo (Mpa)	Tipo de falla y ubicación
Pruebas Mecánicas conducidas por				Lugar y N de informe de la Prueba		

ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADO	
Tipo y figura N	Resultado
Pruebas Mecánicas conducidas por	Lugar y N de informe de la Prueba

PRUEBA DE IMPACTO							
Especimen N°	Ubicación de muesca	Tamaño de especimen	Temperatura de ensayo	Valores de impacto			Peso de rotura
				Fuerza	% corte	Mils	

PRUEBA EN SOLDADURA DE FILETE			
Resultado satisfactorio: Si	No	Penetración en metal de origen: Si	No
Resultado macroataque			

OTRA PRUEBAS			
Tipo de prueba			
Análisis de deposito			
Nombre del Soldador		DNI	
Prueba conducida por			

Nosotros, los de abajo firmantes que los datos en este registro son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldados y ensayos de acuerdo con los requerimiento de la sección IX de la ASME 2007

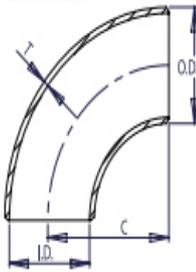
AUTORIZADO POR :	INSPECTOR
------------------	-----------

Anexo N° 08: Especificación Técnicas de materiales de la tubería ASTM A53GRB /ASTM A-106/API 5L

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/ft	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	700	49	700	49
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	850	60	850	60
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.15	1.69	700	49	700	49
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	700	49	700	49
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	850	60	850	60
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	1800	127	1900	134
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	1800	127	1900	134
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	2500	176	2500	176
2-1/2	65	2.875	73	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	2500	176	2500	176
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	2500	176	2500	176
				0.375	9.52	-	160	-	-	2500	176	2500	176
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	2500	176	2500	176
3	80	3.500	88,9	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	1290	91	1500	105
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	1600	112	1870	131
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	1930	136	2260	159
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	2220	156	2500	176
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	2500	176	2500	176
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	2500	176	2500	176
				0.300	7.62	XS	80	10.25	15.27	2500	176	2500	176
4	100	4.500	114,3	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	1000	70	1170	82
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	1250	88	1460	103
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	1500	105	1750	123
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	1750	123	2040	143
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	1900	134	2210	155
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	2000	141	2330	164
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	2250	158	2620	184
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	2500	176	2800	197
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	2700	190	2800	197
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	2800	197	2800	197
				0.531	13.49	-	160	22.51	33.54	2800	197	2800	197
0.674	17.12	XXS	-	27.54	41.03	2800	197	2800	197				
5	125	5.563	141,3	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	1220	86	1420	100
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	1420	100	1650	116
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	1670	117	1950	137
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	1820	128	2120	149
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	2020	142	2360	166
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	2230	157	2600	183
				0.375	9.52	XS	80	20.78	30.94	2430	171	2800	197
6	150	6.625	168,3	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	1020	72	1190	84
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	1190	84	1390	98
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	1360	96	1580	111
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	1520	107	1780	125
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	1700	120	1980	139
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	1870	131	2180	153
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	2040	143	2380	167
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	2350	165	2740	193
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	2800	197	2800	197
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	2800	197	2800	197
0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22	2800	197	2800	197				

Anexo N° 08: Especificación Técnicas de materiales Codo 90° ASTM A234

RADIO LARGO CÉDULA STD



WELDBEND NOTAS

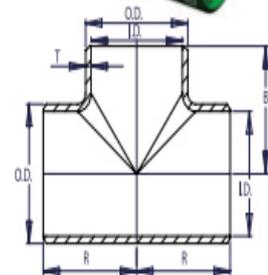
1. Cumple con ASME B16.9 y ASTM A234 WPB.
 2. Todas las medidas están expresadas en milímetros.
 3. Para conocer los detalles de biselado, consulte la página 107.
 4. Para conocer las tolerancias dimensionales, consulte la página 108.
 5. Para obtener información sobre los tamaños superiores a NPS 48, llámenos.
 6. Todos los pesos están expresados en kilogramos y son aproximados.
- * Esta combinación de tamaño y espesor no corresponde a ningún número de cédula de tubo.

Tamaño del tubo	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor de la pared	Centro a extremo	Nro. de cédula del tubo	Peso aprox. en kilogramos
NPS	O.D.	I.D.	T	C		
½	21.3	15.76	2.77	38	40	1.27
¾	26.7	20.96	2.87	38	40	1.69
1	33.4	26.64	3.38	38	40	2.50
1 ¼	42.2	35.08	3.56	48	40	3.39
1 ½	48.3	40.94	3.68	57	40	4.05
2	60.3	52.48	3.91	76	40	5.44
2 ½	73.0	62.68	5.16	95	40	8.63
3	88.9	77.92	5.49	114	40	11.29
3 ½	101.6	90.12	5.74	133	40	13.57
4	114.3	102.26	6.02	152	40	16.08
5	141.3	128.20	6.55	190	40	21.77
6	168.3	154.08	7.11	229	40	28.26
8	219.1	202.74	8.18	305	40	42.55
10	273.0	254.46	9.27	381	40	60.29
12	323.8	304.74	9.53	457	*	73.86
14	355.6	336.54	9.53	533	30	81.33
16	406.4	387.34	9.53	610	30	93.27
18	457.0	437.94	9.53	686	*	105.17
20	508.0	488.94	9.53	762	20	117.15
24	610.0	590.94	9.53	914	20	141.12
30	762.0	742.94	9.53	1143	*	176.85
36	914.0	894.94	9.53	1372	*	212.57
42	1067.0	1047.94	9.53	1600	*	248.53
48	1219.0	1199.94	9.53	1829	*	284.25

Anexo N° 08: Especificación Técnicas de materiales TEE ASTM A234

Tamaño del tubo	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor de la pared	Centro a centro	Centro a extremo	Nro. de cédula del tubo	Peso aprox. en kilogramos
NPS	O.D.	I.D.	T	R	B		
½	21.3	15.76	2.77	25	25	40	0.16
¾	26.7	20.96	2.87	29	29	40	0.23
1	33.4	26.64	3.38	38	38	40	0.34
1 ¼	42.2	35.08	3.56	48	48	40	0.59
1 ½	48.3	40.94	3.68	57	57	40	0.86
2	60.3	52.48	3.91	64	64	40	1.45
2 ½	73.0	62.68	5.16	76	76	40	2.63
3	88.9	77.92	5.49	86	86	40	3.27
3 ½	101.6	90.12	5.74	95	95	40	4.31
4	114.3	102.26	6.02	105	105	40	5.76
5	141.3	128.20	6.55	124	124	40	9.43
6	168.3	154.08	7.11	143	143	40	15.01
8	219.1	202.74	8.18	178	178	40	25.63
10	273.0	254.46	9.27	216	216	40	41.23
12	323.8	304.74	9.53	254	254	*	61.69
14	355.6	336.54	9.53	279	279	30	73.48
16	406.4	387.34	9.53	305	305	30	93.44
18	457.0	437.94	9.53	343	343	*	123.38
20	508.0	488.94	9.53	381	381	20	158.76
24	610.0	590.94	9.53	432	432	20	230.42
30	762.0	742.94	9.53	559	559	*	378.75
36	914.0	894.94	9.53	673	673	*	586.95
42	1067.0	1047.94	9.53	762	711	*	678.12
48	1219.0	1199.04	9.53	880	830	*	1043.32

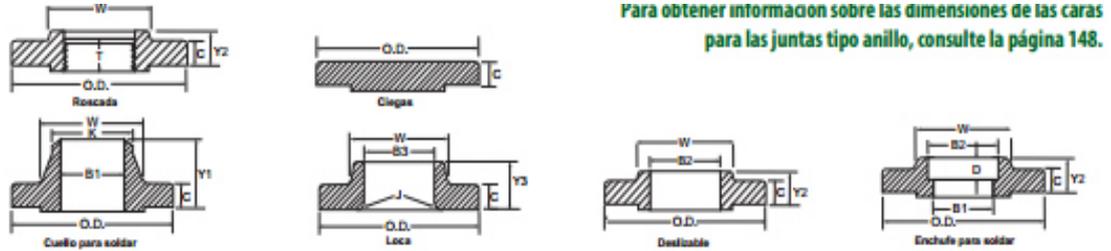
CÉDULA STD



WELDBEND NOTAS

1. Cumple con ASME B16.9 y ASTM A234 WPB.
 2. Todas las medidas están expresadas en milímetros.
 3. Para conocer los detalles de biselado, consulte la página 107.
 4. Para conocer las tolerancias dimensionales, consulte la página 108.
 5. Para obtener información sobre los tamaños superiores a NPS 48, llámenos.
 6. Todos los pesos están expresados en kilogramos y son aproximados.
- * Esta combinación de tamaño y espesor no corresponde a ningún número de cédula de tubo.

Anexo N° 08: Especificación Técnicas de materiales Brida de Acero ASME B16.5 –ASTM A216 WCB



Tamaño del tubo	Diámetro exterior de la brida	Espesor de la brida (Mín.)	Espesor de la junta de solapa (Mín.)	Diámetro del centro*	Diámetro del cuello para soldar	Longitud a lo largo del centro			Diámetro interior				Radio de la junta de solapa	Profundidad del enchufe
						Roscada, deslizable y enchufe para soldar	Leca	Cuello para soldar	Largo de la roca (Mín.)	Deslizable y enchufe para soldar (Mín.)	Leca (Mín.)	Cuello para soldar y enchufe para soldar		
NPS	O.D.	C	C	W	K	Y2	Y3	Y1	T	B2	B3	B1 ▲	J	D

ASME B16.5

½	90	9.6	11.2	30	21.3	14	16	46	16	22.2	22.9	15.8	3	10
¾	100	11.2	12.7	38	26.7	14	16	51	16	27.7	28.2	20.9	3	11
1	110	12.7	14.3	49	33.4	16	17	54	17	34.5	34.9	26.6	3	13
1 ¼	115	14.3	15.9	59	42.2	19	21	56	21	43.2	43.7	35.1	5	14
1 ½	125	15.9	17.5	65	48.3	21	22	60	22	49.5	50.0	40.9	6	16
2	150	17.5	19.1	78	60.3	24	25	62	25	61.9	62.5	52.5	8	17
2 ½	180	20.7	22.3	90	73.0	27	29	68	29	74.6	75.4	62.7	8	19
3	190	22.3	23.9	108	88.9	29	30	68	30	90.7	91.4	77.9	10	21
3 ½	215	22.3	23.9	122	101.6	30	32	70	32	103.4	104.1	90.1	10	
4	230	22.3	23.9	135	114.3	32	33	75	33	116.1	116.8	102.3	11	
5	255	22.3	23.9	164	141.3	35	36	87	36	143.8	144.4	128.2	11	
6	280	23.9	25.4	192	168.3	38	40	87	40	170.7	171.4	154.1	13	
8	345	27.0	28.6	246	219.1	43	44	100	44	221.5	222.2	202.7	13	
10	405	28.6	30.2	305	273.0	48	49	100	49	276.2	277.4	254.6	13	
12	485	30.2	31.8	365	323.8	54	56	113	56	327.0	328.2	304.8	13	
14	535	33.4	35.0	400	355.6	56	79	125	57	359.2	360.2	*	13	
16	595	35.0	36.6	457	406.4	62	87	125	64	410.5	411.2	*	13	
18	633	38.1	39.7	505	457.0	67	97	138	68	461.8	461.8	*	13	
20	700	41.3	42.9	559	508.0	71	103	143	73	513.1	514.4	*	13	
24	815	46.1	47.7	663	610.0	81	111	151	83	616.0	616.0	*	13	

8.2 Planos

Plano N° 01: Plano ISOMÉTRICO



Plano N° 02: Plano LAYAU

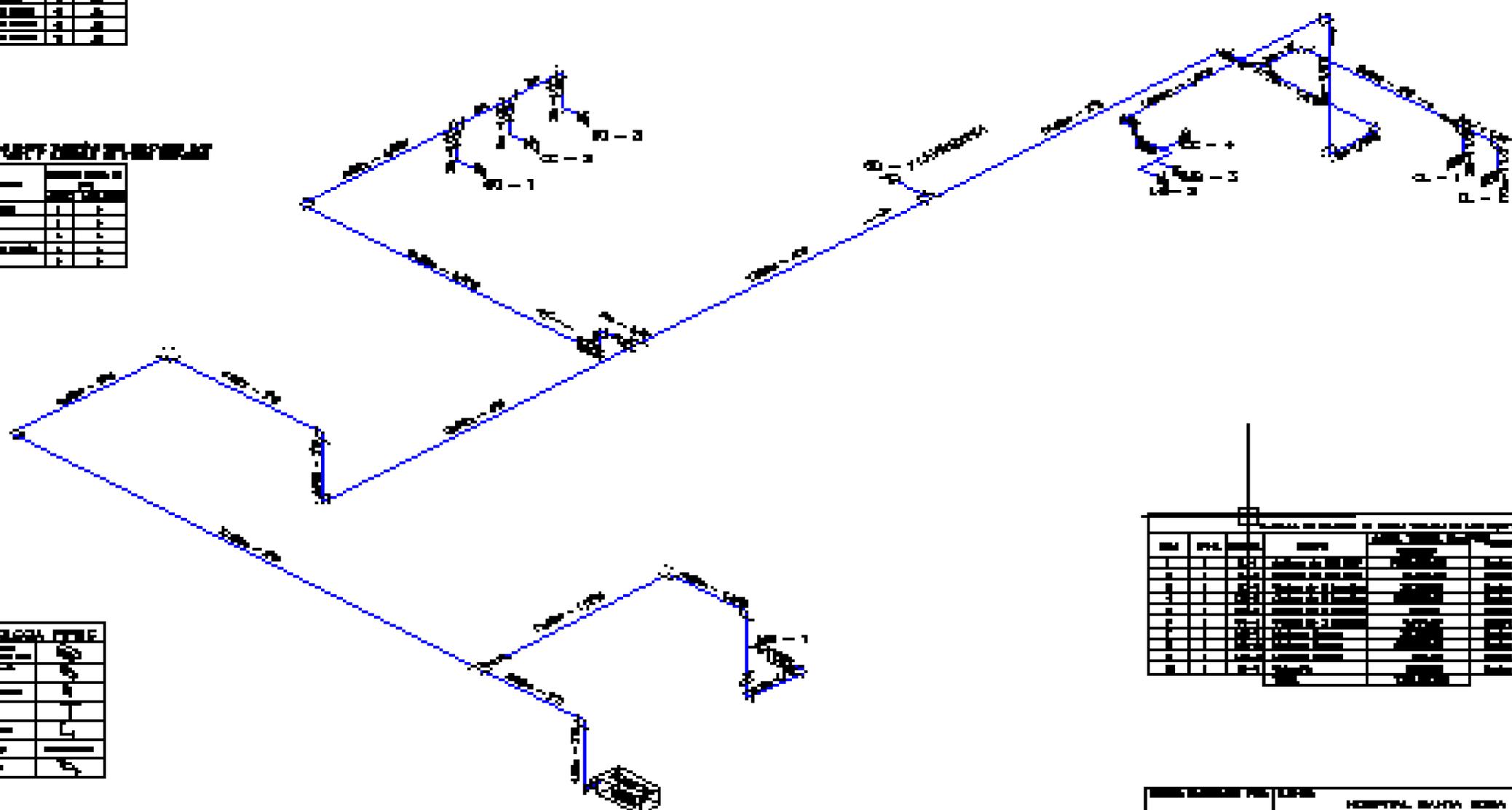
**BERIKUT RUMAH DITENTUKAN DAN DIBAGI KE
RUANG-RUANG YAKNI RUANG RUANG**

NO. RUANG	LUAS	NO. RUANG	LUAS
1	10	11	10
2	10	12	10
3	10	13	10
4	10	14	10
5	10	15	10

**BERIKUT RUMAH DITENTUKAN DAN DIBAGI KE
RUANG-RUANG YAKNI RUANG RUANG**

NO. RUANG	LUAS	NO. RUANG	LUAS
1	10	11	10
2	10	12	10
3	10	13	10
4	10	14	10
5	10	15	10

NO. RUANG	LUAS	NO. RUANG	LUAS
1	10	11	10
2	10	12	10
3	10	13	10
4	10	14	10
5	10	15	10



NO.	RUANG	LUAS	NO. RUANG	LUAS
1	10	11	10	
2	10	12	10	
3	10	13	10	
4	10	14	10	
5	10	15	10	

MANUEL MEYRA DAL PERENCANAAN		HOSPITAL SANTA ROSA PERENCANAAN	
NO. RUANG: 1-5		NO. RUANG: 1-5	

