

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“PROYECTO DE CONVERSION INDUSTRIAL AL CONSUMO DE
GAS NATURAL EN UNA PLANTA TEXTIL”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

ANGEL CHAVEZ ÑAHUINRIPA

PROMOCIÓN 2001-I

**Lima –Perú
2005**

INDICE

PROLOGO	1
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Resumen Ejecutivo	4
2. FUNDAMENTACION DEL PROYECTO	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Objetivos del proyecto	8
2.3 Alcances del proyecto	8
2.4 Fases del Proyecto	10
2.5 Reglamentos vigentes y Referencia Normativa	13
3. EL PROYECTO CAMISEA Y EL GAS NATURAL EN LA INDUSTRIA	15
3.1 El Proyecto Camisea	15
3.1.1 Antecedentes	17
3.1.2 Esquema del proyecto	19
3.1.3 Ventajas del proyecto Camisea	20
3.2 El Gas Natural	21
3.3 La cadena del Gas Natural	22
3.4 Distribución del Gas Natural en Lima y Callao	25
3.4.1 Cluster Industriales	28
3.4.2 Sistema Scada en el Sistema de Distribución	29
3.5 Aplicaciones Industriales del Gas Natural	31
3.5.1 Industria del vidrio	32
3.5.2 Industria metalúrgica	33
3.5.3 Industria de alimentos	34
3.5.4 Industria de cerámicas	34
3.5.5 Industria textil	36

3.5.6	Industria Química / Petroquímica	37
3.5.7	Generación de electricidad	38
3.5.8	Cogeneración	40
3.6	Ventajas del Gas Natural en la industria	41
3.7	Instalaciones de Gas Natural en la industria	42
3.7.1	Estación de regulación de presión y medición primaria	42
3.7.2	Estación de regulación de presión y medición secundaria.	46
3.7.3	Combustión industrial	47
3.7.3.1	Parámetros de la combustión	48
3.7.3.2	Tipos de combustión	51
3.7.3.3	La llama de combustión y sus características	55
3.7.4.1	Características de los quemadores	60
3.7.4.2	Tipos de quemadores	61
3.7.4.3	Otros tipos de quemadores	67
3.7.4.4	Componentes de un quemador	71
3.7.4.5	Funcionamiento de los quemadores	78
3.7.4	Quemadores industriales	59
4.	PROYECTO DE CONVERSION A GAS NATURAL	81
4.1	Descripción de los actuales sistemas térmicos de la planta	81
4.1.1	Sistema de generación de vapor	81
4.1.2	Sistema de calderos de aceite térmico	85
4.1.3	Sistema de almacenamiento y suministro de glp	92
4.2	Propuesta de conversión a Gas Natural de los equipos de combustión	92
4.2.1	Lista de aplicaciones	92
4.2.2	Conversión a Gas Natural	93
4.2.2.1	Aplicación 1: Generador de vapor de 600 BHP	93
4.2.2.2	Aplicación 2: Generador de vapor de 800 BHP	101
4.2.2.3	Aplicación 3: Caldero de aceite térmico de 930 kW	105

4.2.2.4 Aplicación 4: Caldero de aceite térmico de 1453 kW	110
4.2.2.5 Aplicación 5: Secadora de tela Heliot	115
4.2.2.6 Aplicación 6: Grupo electrógeno 600 kW	119
4.2.2.7 Aplicación 7: Servicios - cocina	126
4.2.2.8 Aplicación 8: Servicios - termas	128
4.2.2.9 Aplicación 9: Secadora de cuellos	133
4.2.2.10 Aplicación 10: Rama de 7 campos	133
4.2.2.11 Aplicación 11: Grupo electrógeno de 2 MW	133
4.3 Sistema back-up	134
4.3.1 Sistema back-up con diesel 2	135
4.3.1.1 Autonomía del sistema back-up	137
4.3.2 Sistema back-up glp/aire	139
4.3.2.1 Autonomía del sistema back-up	145
4.4 Resumen de consumos con Gas Natural	147
4.5 Estación de regulación de presión y medición primaria	148
4.6 Estaciones de regulación de presión y medición secundarias	150
4.6.1 Características de los componentes de las subestaciones	150
4.6.1.1 Aplicación 1: Generador de vapor de 600 BHP	150
4.6.1.2 Aplicación 2: Generador de vapor de 800 BHP	152
4.6.1.3 Aplicación 3: Caldero de aceite térmico de 930 kW	153
4.6.1.4 Aplicación 4: Caldero de aceite térmico de 1453 kW	154
4.6.1.5 Aplicación 5: Secadora de tela Heliot	155
4.6.1.6 Aplicación 6: Grupo electrógeno 600 kW	156
4.6.1.7 Aplicación 7: Servicios - cocina	157
4.6.1.8 Aplicación 8: Servicios - termas	158

4.7 Diseño de redes internas de tuberías en planta	160
4.7.1 Consideraciones generales	160
4.7.2 Dimensionamiento de tuberías	163
4.7.3 Especificaciones técnicas de tuberías, accesorios y componentes	165
5. CONSTRUCCION, ENSAYOS, DOCUMENTACION Y HABILITACION DE LAS INSTALACIONES	168
5.1 Especificaciones para la ubicación y la construcción del recinto de la ERPMP	168
5.2 Especificaciones para el montaje de las redes de tubería	171
5.2.1 Consideraciones generales	171
5.2.2 Unión de tuberías	174
5.2.3 Soportes	179
5.2.4 Pintado de tuberías aéreas	180
5.3 Ensayos a la redes de tuberías de Gas Natural	187
5.3.1 Pruebas de resistencia y hermeticidad	187
5.3.2 Ensayos de juntas soldadas	189
5.4 Señalización del sistemas de tuberías	191
5.4.1 Rotulado de la tubería aérea	191
5.4.2 Rotulado en válvulas de corte de suministro	194
5.5 Documentación Post-Construcción	197
5.5.1 Procedimientos operacionales para el uso del Gas Natural	197
5.5.2 Programa de mantenimiento preventivo de las Instalaciones involucradas con el Gas Natural	201
5.5.2.1 Alcances	202
5.5.2.2 Programa de mantenimiento preventivo	203
5.5.3 Plan de Contingencias de las instalaciones de Gas Natural	209
5.5.3.1 Alcances del Plan	209
5.5.3.2 Objetivos	209
5.5.3.3 Impacto posible del estado de emergencia	210
5.5.3.4 Identificación de Riesgos	210

5.5.3.5 Organización frente a un estado de emergencia	212
5.5.3.6 Habilitación de las Instalaciones	217
6. ASPECTOS ECONOMICOS	218
6.1 Presupuesto de la inversión	218
6.2 Determinación de la tarifa del Gas Natural	221
6.3 Ahorros esperados al operar con Gas Natural	223
6.4 Análisis de factibilidad el proyecto	226
CONCLUSIONES	230
BIBLIOGRAFIA	233
PLANOS	
ANEXOS	

PROLOGO

La estructura del presente proyecto se ha estructurado convenientemente en seis capítulos para su mejor entendimiento.

En el Capítulo I, se hace una introducción relacionada al proyecto de conversión a gas natural para la planta textil.

En el Capítulo II, se detalla la formulación del Proyecto de conversión a Gas natural, explicando los antecedentes, alcances del proyecto, las fases en que se llevara a cabo y la normatividad vigente que se aplicara al presente proyecto.

En el Capítulo III se ha a conocer las características del Proyecto Camisea, la cadena del gas natural, las aplicaciones que tiene el gas natural en la industria, así como también grandes beneficios que se obtiene al usar el gas natural. En este capítulo también se da énfasis a la teoría de la combustión y a la tecnología de los quemadores industriales para el gas natural.

En el Capítulo IV, se da a conocer el estado actual de los sistemas de generación de vapor, de aceite térmico y de glp de la planta tal como esta funcionando en la actualidad, posteriormente se identifican los equipos de combustión que serán convertidos a gas natural y al mismo tiempo se da a conocer la propuesta de conversión detallado para cada equipo. Por otro lado se hace el análisis del sistema back-up para el gas natural, es decir el combustible de respaldo en caso falle el suministro de gas natural. Asimismo en este capítulo se hace la memoria respectiva relacionada al diseño de redes internas de tuberías para el gas natural con sus respectivos cálculos y especificación de materiales requeridas para la instalación.

En el Capítulo V, se detallan los criterios para fabricación, montaje e instalación, el cual también incluye los ensayos del sistema de tuberías, basándose en las recomendaciones de la Norma Técnica peruana, los Códigos y las buenas prácticas de ingeniería. Asimismo en este capítulo se detallan los documentos requeridos después de la construcción como son: el Análisis de Riesgos de las Instalaciones, el Programa de mantenimiento preventivo, entre otros

En el Capítulo VI finalmente se analiza los aspectos económicos del Proyecto de Conversión, resaltando la inversión requerida para el proyecto, los ahorros esperados al operar con gas natural, el valor actual neto y el tiempo de retorno de la inversión.

En la parte final del presente trabajo se dan a conocer las conclusiones finales del proyecto realizado.

Finalmente quiero expresar mi sincero agradecimiento al **Ing. Rodolfo Zamalloa Lopez**, asesor de mi Tesis, por su constante motivación y apoyo incondicional en el desarrollo de mi vida profesional.

INTRODUCCION

1.1 Resumen Ejecutivo

Como consecuencia de la Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural emitida por el estado, la empresa Concesionaria de Distribución viene instalando Redes de tubería de gas natural a baja presión a través de los principales centros de consumo de Lima y Callao. Uno de estos principales centros de consumo o denominados “Cluster” es la Carretera Central que se inicia en el puente de Santa Anita y abarca en su primera etapa hasta la empresa Backus.

Es por ello que para las empresas industriales localizados dentro de este “Cluster” es una gran oportunidad para que puedan desarrollar sus proyectos de conversión a gas natural.

El presente trabajo de Tesis, se centra en una Planta Textil localizado dentro del “Cluster” Carretera Central, cuyo objetivo fundamental es analizar los aspectos técnicos y económicos para la ejecución de la conversión de sus equipos térmicos a gas natural.

Actualmente la Planta textil tiene la siguiente estructura energética en sus equipos térmicos:

Tabla1.1

Combustible Usado	Consumo mensual [Gal.]	Costo mensual [US\$]
Residual 500	293,198.40	225,762.77
Residual 4	47,880.00	64,638.00
GLP	14,000.00	15,680.00
	Total	306,080.77

A través del cambio de uso de combustible por gas natural, se espera obtener ahorros alrededor del 40%, permitiendo de esta forma ser más productivo y competitivo en el mercado, permitiendo además a la empresa a mediano plazo impulsar sus productos a nuevos mercados internacionales.

Si bien es cierto la inversión del proyecto de conversión es considerable, alrededor de US\$ 300,000, se justifica plenamente por el rápido retorno de la inversión que en este caso es aproximadamente 3 meses, esto debido al considerable ahorro directo e indirecto generado por el consumo del gas natural.

El presente proyecto servirá como referencia para motivar a las empresas industriales al consumo masivo de gas natural, el cual permitirá reestructurar una nueva matriz energética en el Perú, que permitirá darnos independencia energética o disminución de la dependencia del petróleo, cuyos precios son cada vez mas altos y cuya producción mundial esta en etapa de declinación.

FUNDAMENTACION DEL PROYECTO

2.1 Antecedentes

La empresa Textil San Cristobal, es una empresa industrial dedicada a la manufactura de tejido de punto para confeccionar polos, tanto para el mercado interno como externo

A efectos de desarrollar sus actividades industriales y comerciales la empresa posee una planta de producción de tela, ubicada en la Calle Los Robles N° 441 el Agustino.

Tiene como estrategia comercial de crecimiento los siguientes puntos:

- Tener el 100% de la capacidad instalada con alto valor agregado.
- Mantener una sobre-venta subcontratada que permita asegurar la meta de venta.
- Limitar el riesgo comercial por concentración de ventas a un máximo de 20%.

- Tener una marca propia con presencia local y en países vecinos.
- Tener presencia homogénea en los mercados que nos interesan.

Como consecuencia de la reciente promoción de la utilización de gas natural en las actividades industriales, la Empresa ha tomado la decisión de llevar a cabo la conversión de sus instalaciones industriales a gas natural, motivo por el cual la empresa ha contratado los servicios de una Empresa contratista calificada para llevar a cabo el Proyecto de Conversión de la Planta Industrial a Gas Natural, el cual les permitirá convertir en forma segura, eficiente y económica su planta actual al uso integral del gas natural, cumpliendo con el más alto estándar de ingeniería y calidad, cumpliendo con todas las normativas y reglamentos vigentes.

Cabe mencionar que la empresa previamente ha tenido un estudio de Factibilidad de Suministro de Gas Natural por parte de la Empresa Distribuidora, el cual ha determinado su factibilidad y al mismo tiempo el Cliente ha firmado un contrato de Suministro de Gas Natural con la Empresa Distribuidora.

2.2 Objetivos del proyecto

El objetivo de la presente Tesis es analizar los aspectos técnicos, económicos y de ingeniería para la ejecución de la conversión de sus equipos térmicos a gas natural de una empresa Industrial Textil, que actualmente utiliza combustibles: GLP, Residual 500 y Residual 4.

2.3 Alcances del Proyecto

El proyecto incluye el estudio y conversión de las siguientes aplicaciones:

- Sistema de Vapor, el cual utiliza petróleo Residual 500 e incluye:
 - Tanques de almacenamiento, tanque diario, y líneas de distribución de petróleo.
 - Equipos de generación de vapor de 600 BHP y 700 BHP.
 - Equipos de medición de consumo de gas por cada equipo térmico

- Sistema de aceite térmico, el cual utiliza petróleo Residual 4, e incluye:
 - Tanques de almacenamiento, tanque diario y líneas de distribución de petróleo.
 - Calderos de aceite térmico de 930 kW y 1453 KW.
 - Tanques de almacenamiento de aceite térmico, líneas de distribución de aceite térmico desde calderos de aceite térmico hacia las maquinas Ramas.
 - Maquinas Ramas (Secadoras de acabado), las cuales utilizan los calderos de aceite para proveerse de energía térmica.

- Equipos de medición de consumo de gas por cada equipo térmico.
- Sistema de Secado de tela, el cual utiliza GLP (Gas licuado de petróleo), e incluye:
 - Tanques de almacenamiento y líneas de distribución de GLP.
 - Máquina Secadora Heliot, la cual esta compuesto de 3 quemadores a GLP.
 - Equipos de medición de consumo de gas por cada equipo térmico.
- Sistema de Grupo Electrónico, el cual utiliza Diesel 2, e incluye:
 - Tanque de almacenamiento, tanque diario y líneas de petróleo.
 - Equipo de generación eléctrica de 800 KW.
- Servicios de comedor y vestuarios, que incluye:
 - 1 Cocina industrial que utiliza GLP como combustible
 - 3 termas eléctricas
- Aplicaciones Futuras, que incluye:
 - Secadora de cuellos
 - 2 Ramas de 7 campos
 - 1 Generador eléctrico de 2MW
- Sistema Back-up e incluye:
 - Sistema Back – up GLP/Aire
 - Quemadores duales para los generadores de vapor.

2.4 Fases del Proyecto

El proyecto esta compuesto por las siguientes fases:

Fase # 1: Inicio

Esta fase consiste en las siguientes tareas:

- Presentación y conformación del grupo de coordinación, tanto por parte del cliente en adelante “Empresa”, como por parte de la empresa instaladora, en adelante la “Contratista”. La conformación de este equipo determinará los responsables y sus actividades de todo el proceso. Así por parte de la Empresa se define a un grupo que tendrá las siguientes funciones y responsabilidades:
 - Encargado general de la conversión
 - Responsable de planta y mantenimiento
 - Responsable de área y producción
- Recolección de toda la Información técnica de las instalaciones industriales de la Empresa, como son: Planos, manuales técnicos, estado de equipos, datos de placa, procesos productivos, etc.

Fase # 2: Evaluación

En esta fase la contratista procede a realizar un estudio de evaluación de las instalaciones y equipos existentes, a fin de determinar lo siguiente:

- Determinar las eficiencia y capacidad actual de sus equipos

- Proyectar la eficiencia y capacidad de los nuevos equipos para la conversión.
- Evaluar la posibilidad de cambio de todo el equipo en función de los resultados del estudio.
- Evaluar y presentar las alternativas para el sistema Back-up.
Considerar el uso de los quemadores de tipo Dual.

Este estudio es puesto a disposición del cliente a fin de que tome la decisión de conversión de los equipos de planta.

Fase #3: Desarrollo de Ingeniería

En esta fase el Contratista realiza las siguientes tareas:

- Diseño de redes de tubería, que incluye la elaboración de planos con sus respectivos cálculos de tuberías, consumos y lista de materiales.
- Definición de las soluciones específicas de conversión para los equipos como son: tipo de quemador, uso de fuego directo e indirecto, etc, válvulas de seguridad, etc.
- Definición e identificación del sistema Back-up, de ser requerido.
- Elaboración de la lista de materiales y equipos.

Fase # 4: Procura

Esta fase consiste en la adquisición de equipos y materiales definidos en la fase previa, y tiene las siguientes tareas:

- Cotización de equipos y materiales a diferentes proveedores.

- Evaluación de cotizaciones.
- Ordenes de compra de equipos y materiales

Fase # 5: Construcción

Esta fase consiste en llevar a cabo la instalación de las redes de tubería de gas natural hasta los diferentes equipos de consumo. Comprende también el montaje e instalación de los diferentes equipos y componentes como son: quemadores, válvulas reguladoras, medidores de flujo, filtros, etc. Según los planos respectivos de ingeniería.

Fase # 6: Pruebas y Comisionamiento

Consiste en la realización de las siguientes tareas:

- Prueba de soldadura a las tuberías
- Prueba de resistencia y hermeticidad a las redes de tubería.
- Prueba de funcionamiento de los sistemas de seguridad de los quemadores.
- Puesta a punto de los equipos de consumo.

Estas pruebas se realizan conjuntamente con una empresa certificadora.

2.5 Reglamentos Vigentes y Referencia Normativa

Los reglamentos emitidos por el Ministerio de Energía y Minas que se ha tomado en cuenta para la elaboración del siguiente proyecto son los siguientes:

- Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos
Decreto Supremo N° 041-99-EM y N° 012-2001-EM
- Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos
Decreto Supremo N° 042-99-EM
- Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural
Ley N° 27133
- Reglamento de la Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural

Y las referencias normativas que se ha tomando en cuenta para el desarrollo del presente proyecto ha sido fundamentalmente los siguientes:

- Norma técnica peruana: NTP 111.010
GAS NATURAL SECO: Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales.
- Norma Argentina: GAS DEL ESTADO
Disposiciones, Normas y Recomendaciones para el uso del gas natural en Instalaciones Industriales.
- Código ASME B31.3
Tuberías de Plantas Químicas y Refinerías de Petróleo.

- Normas Europeas: CEN UNE-EN 746-1, CEN UNE –EN 746-2
Equipos de tratamiento térmico industrial, parte 1 y parte 2
respectivamente
- NFPA 54- 2002
Código Nacional de Gas
- NFPA 86 -2003
Requerimientos de Seguridad para Quemadores Industriales

EL PROYECTO CAMISEA Y EL GAS NATURAL EN LA INDUSTRIA

3.1 El Proyecto Camisea

El Proyecto Camisea es uno de los Megaproyectos más esperados e importantes de los últimos tiempos para el Perú. Su importancia fundamental radica en el déficit de combustibles que actualmente tiene el Perú y el Gas Natural es el combustible por excelencia que reemplazaría a los combustibles tradicionales.

Los yacimientos de gas están ubicados aproximadamente a 500 kilómetros al este de Lima, en la Cuenca Ucayali, dentro del departamento del Cusco, Provincia de la Convención, distrito de Echarate. Para los efectos del Lote 88 solo se consideran los yacimientos San Martín y Cashiriari.

Se estima que el potencial de Camisea es de 11 trillones de pies cúbicos de gas natural seco y 600 millones de barriles de condensado. Esto es aproximadamente seis veces la reserva actual de petróleo en el Perú y diez veces mas grande que cualquier otra fuente de gas natural en el país.

El Consorcio Camisea esta integrado por tres socios principales: Pluspetrol, que se encarga de la Explotación de los yacimientos, Transportadora del Gas del Peru (TGP), se encarga del Transporte del Gas, y Tractebel Perú, es el encargado de la Distribución de gas en Lima y Callao.

La inversión total del proyecto ascendió aproximadamente a US\$ Millones 2 406, de los cuales US \$ Millones 950 se uso en la explotación, US \$ Millones 800 se invirtió en el trasporte y US\$ Millones 156 se invirtió en la distribución.

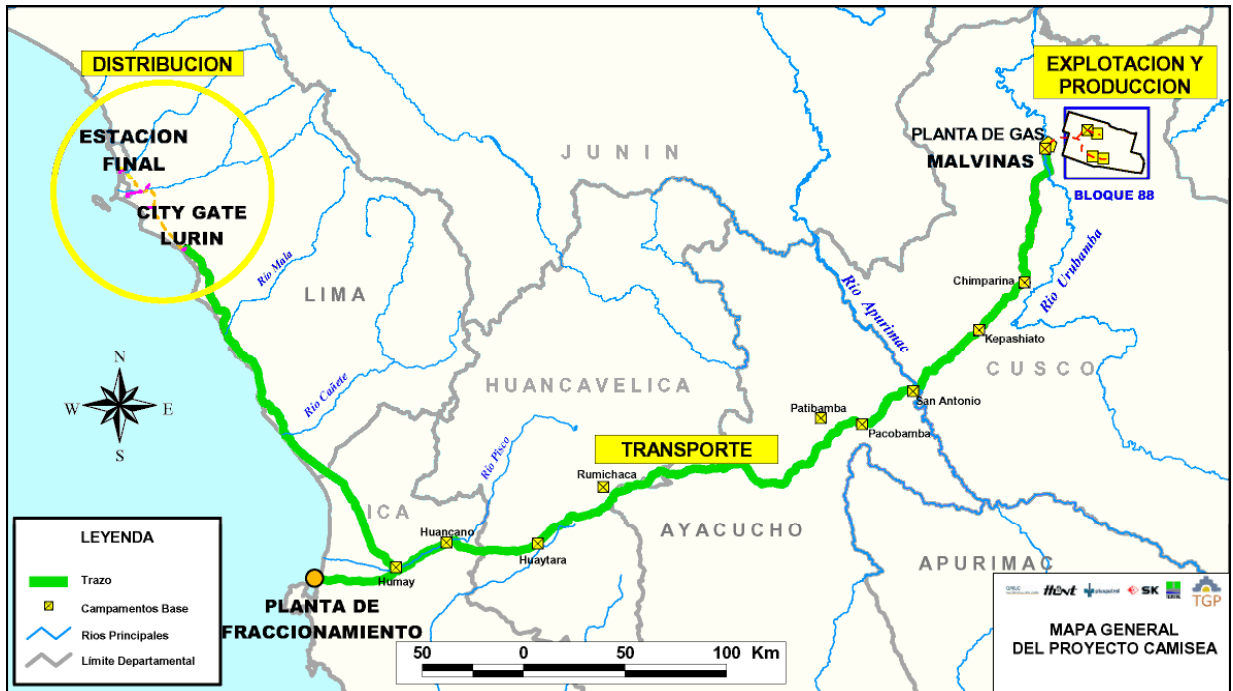


Figura 3.1 Mapa del Recorrido de Ductos del Gas Natural

3.1.1 Antecedentes

Julio-1981 Se suscribió Contrato de Operaciones Petrolíferas por los Lotes 38 y 42 con la Cia. SHELL

1,983–1987 Como resultado de la perforación de 5 pozos exploratorios, la Cia.

SHELL descubre los Yacimientos de Gas de Camisea.

Marzo-1988 Se firma Acuerdo de Bases para la explotación de Camisea entre

SHELL y PETROPERU.

Agosto-1988 Se da por concluida la negociación de un Contrato con la Cia. SHELL, sin llegarse a un acuerdo.

Marzo-1994 Se firma Convenio para Evaluación y Desarrollo de los Yacimientos de Camisea entre SHELL y PERUPETRO.

Mayo-1995 La Cia. SHELL entrega Estudio de Factibilidad y solicita a PERUPETRO el inicio de la negociación de un Contrato de Explotación de los yacimientos de Camisea.

Mayo-1996 Se completó negociación y se suscribió el Contrato de Explotación de los Yacimientos de Camisea entre el consorcio SHELL/MOBIL y PERUPETRO.

Julio-1998 El consorcio Shell/Mobil comunica su decisión de no continuar con el Segundo Periodo del Contrato, por consiguiente el Contrato queda resuelto.

Mayo-1999 La Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) acuerda llevar adelante un proceso de promoción para desarrollar el Proyecto Camisea mediante un esquema segmentado, que comprende módulos independientes de negocios.

Mayo-1999 El 31 de mayo de 1999, el Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM) convocó a Concurso Público Internacional para otorgar el Contrato de Licencia para la Explotación de Camisea, y las Concesiones de Transporte de Líquidos y de Gas desde Camisea hasta la costa y de Distribución de Gas en Lima y Callao.

Diciembre-2000 Se suscriben los Contratos para el desarrollo del Proyecto Camisea con los consorcios adjudicatarios de los Concursos llevados a cabo por el CECAM.

Agosto-2004 Inauguración por el Presidente de la Republica Dr. Alejandro Toledo la planta “Las Malvinas”, en Cuzco, el “City Gate” en Lurin y la planta de Fraccionamiento de líquidos de GN en Pisco.

Puesta en marcha del GN, e inicio del consumo de GN por los Clientes Iniciales.

Febrero-2005 Instalación del primer cliente residencial en Lima.

3.1.2 Esquema del Proyecto

El Proyecto consiste en extraer el gas natural de los yacimientos San Martín y Cashiriari para ser procesados en una Planta de Separación ubicada en Malvinas (orillas del río Urubamba). En esta planta se separarán los líquidos de gas natural y se eliminarán el agua y las impurezas. El gas natural se acondicionará y se transportará por un gasoducto hasta la costa, mientras que el gas excedente será reinyectado a los reservorios productivos.

Por otro lado, los líquidos del gas obtenidos en la Planta de Separación serán conducidos mediante un Ducto de Líquidos hasta una planta de fraccionamiento ubicada en Pisco, donde se obtendrán productos de calidad comercial (GLP, Gasolina natural) para despacharlos al mercado a través de buques y/o camiones cisterna.

Finalmente en Lima y Callao se instalará una red de ductos para distribución del gas natural, la que en primera instancia se orientará principalmente al suministro de gas a la industria y a las plantas de generación de electricidad y más adelante se ampliará esta red para suministro residencial, comercial y transporte.

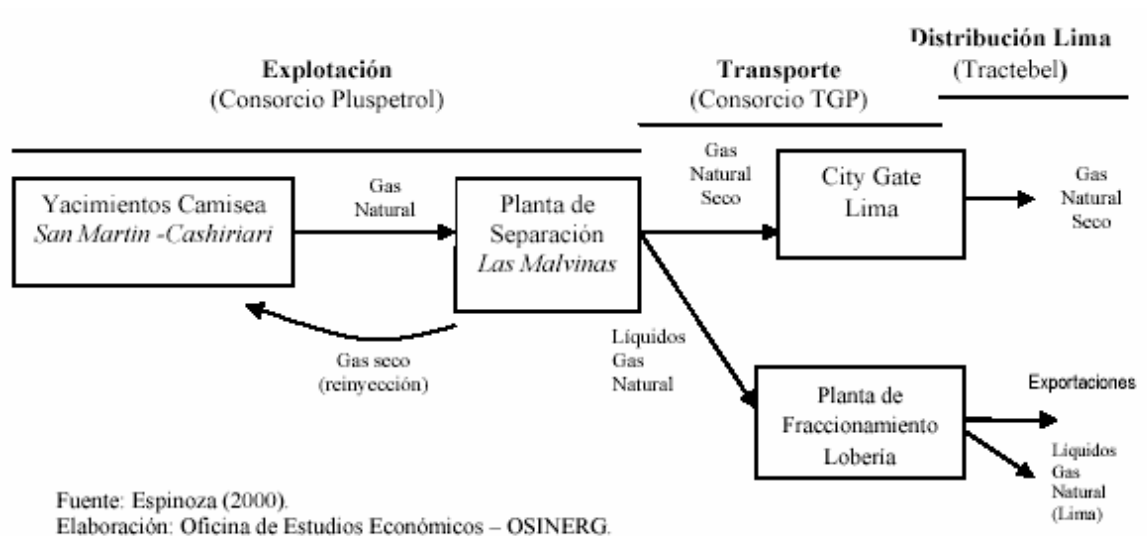


Figura 3.2 Esquema del Proyecto de Explotación, Transporte y Distribución del Gas de Camisea.

3.1.3 Ventajas del Proyecto Camisea

- Permitirá que el país disponga de este abundante recurso energético en reemplazo de los combustibles tradicionales, en especial de los importados.
- Promoverá el crecimiento económico del país.
- En el mediano plazo permitirá revertir la Balanza Comercial de Hidrocarburos que actualmente es negativa.
- Reducción de las tarifas eléctricas, debido al impacto de las centrales térmicas a gas natural.
- Generará ingresos para el Estado y para las regiones por concepto de Canon.
- Crea puestos de trabajo.

- Posibilita el desarrollo de nuevas industrias.
- Mejora la imagen del Perú como receptor de inversión extranjera.
- Permitirá incrementar las exportaciones.
- Contribuirá a mejorar el ambiente.

3.2 El Gas Natural

El Gas Natural es un combustible gaseoso constituido por una mezcla de hidrocarburos livianos, cuyo componente principal es el metano (CH₄)

La composición del Gas Natural en % de Volumen es como sigue:

- Metano (CH₄) : 91 - 95%
- Etano (C₂H₆) : 2 - 6 %
- Propano (C₃H₈) : 0 – 2 %
- Dióxido de Carbono (CO₂) : 0 - 2 %
- Nitrógeno (N₂) : 0 – 1 %

Las propiedades fundamentales del Gas Natural son los siguientes:

- Poder Calorífico Superior GHV : 38044 Btu/Sm³
- Poder Calorífico Inferior NHV : 34387 Btu/Sm³
- Densidad : 0.7462 Kg/Sm³
- Densidad Relativa : 0.6175

– Peso Molecular	:	17.8082 Kg/kmol
– Volumen Molecular	:	22.3409 Nm ³ /kmol
– Indice de Wobbe	:	48.4100 Mbtu/Nm ³
– Volumen Molecular	:	22.3409 Nm ³ /kmol

3.3 La Cadena del Gas Natural

La Industria del Gas Natural, esto es el proceso seguido desde la extracción hasta su utilización comprende:

- Extracción
- Procesamiento
- Comprensión
- Transporte
- City Gate (Medición/Regulación/Odorización)
- Distribución
- Estaciones de Regulación/Medición
- Utilización

➤ Extracción

El gas natural se encuentra en la naturaleza bajo tierra en los denominados reservorios de gas. Su formación es similar al de la formación del petróleo. El gas natural se extrae de los reservorios que se encuentran bajo tierra a profundidades que van desde los 500m hasta los 3000 m.

La Explotación de Camisea consiste en la perforación de los pozos productores en la locación de San Martín (Lote 88).

➤ **Procesamiento**

El primer paso del procesamiento consiste en la eliminación de las impurezas como son: azufre, agua, CO₂ y otras que no tienen valor comercial.

A continuación se procede a la separación de componentes del gas natural, en el cual el gas se separa en:

- **Gas natural seco** (metano y etano) que se transporta por gasoductos hasta los centros de consumo.
- **Líquidos de gas natural** constituido por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos mas pesados que se transportan por poliductos hasta la planta de fraccionamiento. En la Planta de fraccionamiento se separa los líquidos de gas natural en:
 - Propano/ butano (GLP)
 - Gasolina natural (pentanos e hidrocarburos más pesados)

La planta de Procesamiento de Camisea se encuentra en Las Malvinas (selva de Cuzco) y el procesamiento de los líquidos de gas en la planta de fraccionamiento localizado en Pisco.

➤ **Transporte**

El transporte incluye la operación de dos ductos: uno para el gas natural seco de 731 Km. Y el otro de líquidos de gas natural de 560 Km. Ambos recorren en paralelo desde Camisea, hasta la costa peruana en Pisco.

Ambos ductos en su recorrido tienen instalaciones especiales, así el ducto de líquidos cuenta con cuatro estaciones de bombeo, las cuales le permitirán que el hidrocarburo sobrepase la Cordillera de los Andes. Asimismo con el fin de controlar la presión con la bajan los líquidos en su curso hacia la costa se han instalado dos estaciones reductoras de presión.

El transporte del gas natural seco se realiza a través de gasoductos desde los lugares de producción o procesamiento hasta un punto que se denomina "City Gate" localizado en Lurin, que viene hacer el lugar donde se realiza la reducción de presión, medición y Odorización, antes de su distribución a los centros de consumo. El transporte de los gasoductos se realiza a presiones que van del orden de 20 a 150 bar.

➤ **City Gate**

El City Gate es la "puerta de entrada" del gas natural a la ciudad, el lugar donde se recibe el gas natural que llega desde camisea a través del gasoducto de transporte y que luego de pasar por un rápido y sofisticado proceso, se envía a la ciudad a través de la red de distribución.

En estas instalaciones se procede a la medición del volumen del gas recibido para poder atender la demanda, al filtrado para eliminar cualquier impureza producto del largo recorrido desde la selva, a la reducción de la

presión para entrar a la ciudad y a la Odorización del GN para su rápido y fácil reconocimiento, ya que el GN no tiene olor.

Las operaciones del *City Gate* están totalmente automatizadas y monitorean constantemente todo el sistema de distribución.

3.4 Distribución del Gas Natural en Lima y Callao

La distribución viene a ser el suministro del gas natural a los usuarios a través de red de ductos.

El Gasoducto troncal es un ducto que recorre la ciudad de sur a norte desde la Trampa de Lanzamiento en Lurin ("*City Gate*") hasta la Trampa de Recepción en el Callao ("*Terminal Station*").

La Red Principal tiene una longitud total de 61.3 Km, y la presión de diseño es de 50 bar, esta constituida por tuberías de acero de diversos diámetros. Esta red comprende tanto un gasoducto principal de 20" de diámetro como las derivaciones o ramales de otros diámetros, las cuales alimentarán las redes de media presión a través de las Estaciones reguladoras de media presión (ERP – MP), así como grandes clientes industriales conectados directamente a través de Estación de regulación y medición (ERM), tales como los Clientes Iniciales.

De acuerdo a la necesidad de atender a altos consumos y/o llegar a puntos de consumos relativamente alejados de la Red Principal, se ha construido extensiones de la Red Principal, las cuales formaran parte de las Otras Redes.

Las Redes en media presión (que operaran a menor presión), estarán constituidas por tuberías de acero de diversos diámetros y tendrán por objeto, en general, ingresar con el gas natural en zonas más urbanizadas con respecto a donde se ubica la Red Principal y tendrán como función principal alimentar las Estaciones reguladoras de presión (ERP-BP) de las Redes de baja presión y el suministro a clientes industriales en los casos que la situación así lo determine a través de ERM.

Operando a un nivel de presión inferior, las Redes de baja presión en acero, constituidos por tuberías de diversos diámetros, tendrán como objeto principal la distribución en zonas industriales, alimentando los clientes industriales a través de ERM. También alimentaran las ERP-BP de las Redes de baja presión en polietileno.

Finalmente, operando al más bajo nivel de presión, las Redes de baja presión en polietileno, constituidas por tuberías de diversos diámetros, tendrán como objeto principal la distribución residencial, comercial y pequeña industria, alimentando dichos clientes a través de gabinetes de regulación y medición.

Fundamentalmente, las Otras Redes consistirán en:

- Un sistema de Distribución para clientes residenciales, comerciales y pequeños industriales, el cual consistirá de Redes de baja presión en polietileno; y,
- Un sistema de Distribución a las Estaciones reguladoras de presión y a los clientes industriales, el cual consistirá de Redes de acero en baja y media presión.

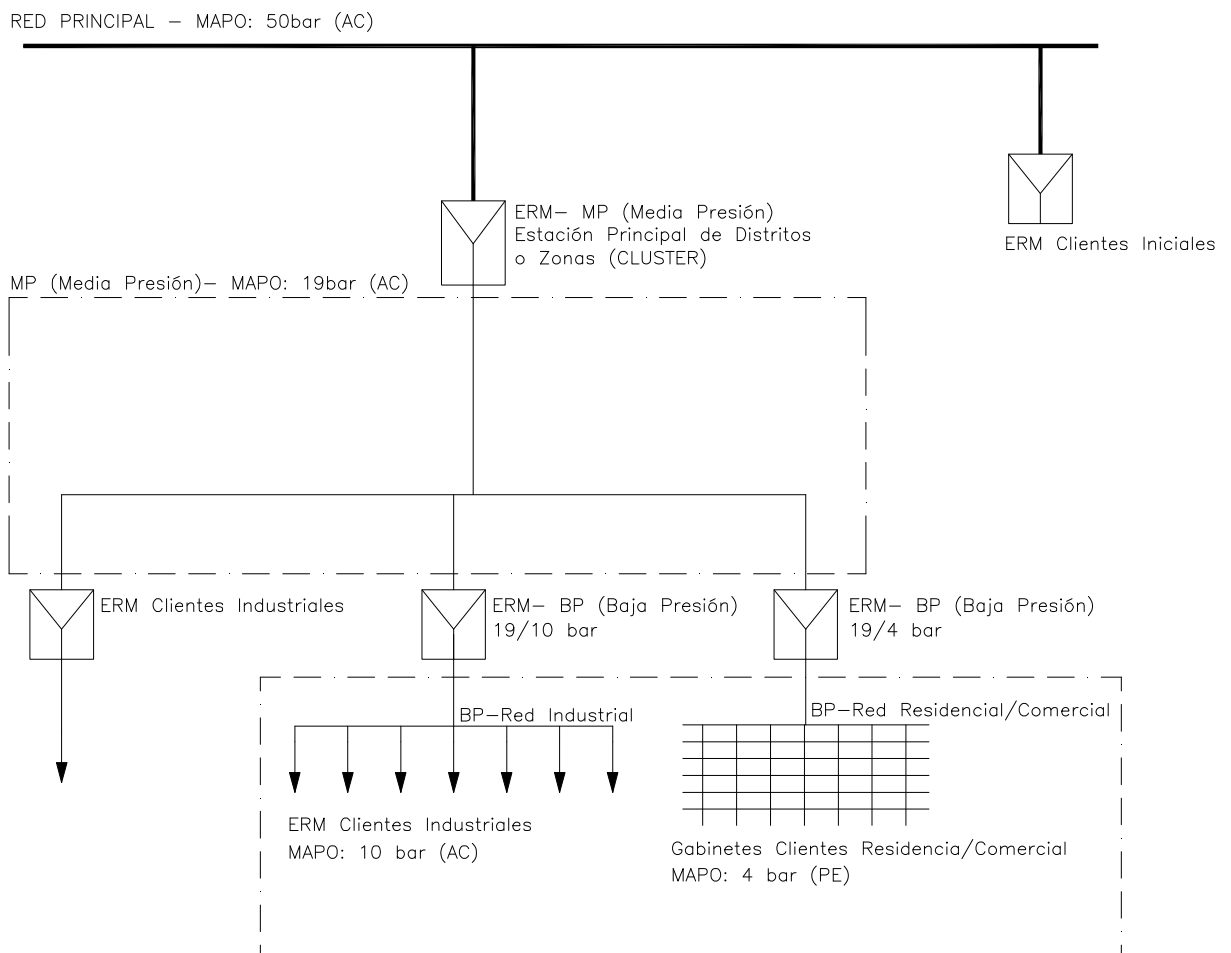


Figura 3.3 Esquema General de Distribución de Gas Natural

Tabla 3.1 Niveles de presión del diseño y operación del Sistema de Distribución

Designación	Presión de diseño	MAPO	Presión mínima de operación
Red Principal	50 bar	50 bar	27 bar
Red de media presión	19 bar	19 bar	Dependerá de los criterios operativos de GNLC \approx 10 bar.
Red de baja presión – acero	10 bar	10 bar	Dependerá de los criterios operativos de GNLC \approx 5 bar.
Red de baja presión – polietileno	5 bar	5 bar	0.5...1 bar

Fuente: Calidda

3.4.1 Cluster Industriales

Un “Cluster” es una agrupación de consumidores industriales, agrupados de acuerdo a su ubicación geográfica en base a extensos relevamientos efectuados por la Empresa Distribuidora.

Para determinar la demanda de cada “Cluster”, la Concesionaria ha considerado la hipótesis de 18 horas diarias de funcionamiento de un consumidor industrial para determinar el caudal diario, así como de considerar un factor de simultaneidad igual a 1.

Actualmente en el Sistema de Distribución existen cuatro “Cluster” y un “Cluster” de la Carretera Central esta en plena construcción.

Tabla 3.2 Cluster Industriales

Cluster	Zona
Av. Argentina / Av. Venezuela	Av. Industrial
	Av. Dueñas / Celedon
	Av. Venezuela
	VINSA
	Callao
Aeropuerto / San Martín de Porres	CELIMA 2
	CORP. CERAMICA 1
Gambetta	Callao
Lurigancho / Evitamiento	Av. Evitamiento
	Av. Cajamarquilla
	Av. El Santuario
	Av. San Enrique
	Av. Velasco Alvarado
	CELIMA 1
Carretera Central	Av. Carretera Central
	BACKUS

3.4.2 Sistema Scada en el Sistema de Distribución

El sistema SCADA (*“Supervisory Control and Data Acquisition”*) es el encargado de monitorear y controlar las variables operativas tanto del City Gate y Red Principal (válvulas de bloqueo) como de las ERP principales y ERM de los clientes industriales y eventuales otros puntos estratégicos del sistema. Realiza el monitoreo de variables en tiempo real, almacenará los datos históricos, alarmas y eventos, y permite la operación a través de terminales denominados *“worksations”* mediante interfaces HMI (*“Human-Machine Interface”*) basadas en pantallas que representan en forma esquemática todas las instalaciones del Sistema de Distribución.

El sistema cuenta con un centro de control principal (MCC-*“Main Control Center”*), un centro de control de contingencia (CCC-*“Contingency Control*

Center) y sistemas de control locales los cuales se encontrarán distribuidos en las válvulas de bloqueo de la Red Principal, las Estaciones de regulación y medición y la estación terminal de la Red Principal (*Terminal Station*). El sistema posee como redundancia y seguridad adicional, un respaldo a través de la red pública.

Todos estos sitios poseerán equipos de control (los cuales ejecutarán las lógicas de control y reportarán las mediciones de las variables de campo) y de comunicaciones (tecnología SDH) conectados al sistema de fibra óptica, formando un anillo lógico, permitiendo así una redundancia de comunicaciones.

Durante condiciones normales de operación, el MCC será el centro de control activo, responsable de la adquisición de datos desde los sitios remotos y el telecomando de los dispositivos de campo. Este sistema es completamente redundante en cuanto a equipamiento y conexionado.

El CCC mantendrá sus servidores actualizados con los datos de tiempo real que está tomando en MCC; es decir que en caso de falla en el MCC (habiendo fallado en sistema principal y la redundancia), el CCC tomará control del sistema con los últimos datos actualizados.

Otra función importante del sistema SCADA es la gestión de las mediciones y calidad del gas, mediante aplicaciones denominadas EFM y GQM.

Estas aplicaciones, toman datos en tiempo real desde el sistema SCADA, permitiendo realizar entre otras varias funciones, la validación de los datos de medición entregados por los sistemas de medición en cada sitio, el manejo de históricos de medición y la distribución de los datos de cromatografía a los distintos sistemas de medición.

El City Gate, Terminal Station, Estaciones de regulación y medición y las válvulas de bloqueo de la Red Principal están instalados con sistemas de control local los cuales cuentan de controladores lógicos programables (PLC) y tarjetas de entrada/salida para la adquisición de las señales de campo. Estos sistemas de control estarán instalados en gabinetes junto con el sistema de comunicaciones y están conectados al sistema de fibra óptica, formando un anillo lógico, permitiendo así una redundancia de comunicaciones.

3.5 Aplicaciones Industriales del Gas Natural

El gas natural es el mejor combustible que pueden usar las industrias que utilizan horno y calderos en sus procesos productivos. Por sus características reemplaza ventajosamente a los siguientes combustibles:

- Diesel 2
- Kerosene
- Residuales
- Gas licuado de petróleo (GLP)
- Carbón

- Leña.

3.5.1 Industria del vidrio

Las propiedades físico-químicas del gas natural y de las condiciones de funcionamiento que requiere el perfecto calentamiento que requiere el horno de fusión de cristal, ha permitido la construcción de quemadores para gas natural con unas características de la llama que le permiten obtener la luminosidad y la radiación necesarias para conseguir una óptima penetración y transmisión de la energía desprendida en la masa de cristal.

Los hornos de crisol pueden ser abiertos gracias a que el contacto de los productos de la combustión no altera el producto tratado, con lo cual la transferencia térmica es mayor y el consumo específico disminuye. En las arcas de recogido, el calentamiento puede ser directo, con unos ahorros energéticos del orden de un 20% respecto al calentamiento indirecto.

En el conformado, el requemado, el acabado y el decorado del cristal es el combustible ideal gracias a su versatilidad para adoptar las características de llama requeridas.

El gas natural al disponer de una combustión limpia, impide la aparición de burbujas, manchas o coloraciones no deseadas gracias a la ausencia del azufre y vanadio, así como la formación de inclusiones en la masa fundente al estar libre de escorias y cenizas.

3.5.2 Industria metalúrgica

El gas natural encuentra en este sector de la industria un gran número de aplicaciones que valoran plenamente las propiedades específicas.

Estas aplicaciones se amplían continuamente con la utilización de las nuevas técnicas que se introducen en el sector. Sus características lo hacen apto para todos los procesos de calentamiento de metales, tanto en la vertiente de fusión como de recalentamiento y tratamientos térmicos.

Con la utilización de esta energía se ofrece una mejora en la calidad de los productos gracias a la ausencia de cualquier sulfuración de los metales tratados por el nulo contenido de azufre y por la mayor oxidación de los metales en el calentamiento a causa de la disminución de excesos de aire en los equipos de combustión.

La mayor duración de los refractarios de los hornos y de los intercambiadores de calor gracias a la ausencia de azufre, los mejores rendimientos térmicos gracias a la utilización de quemadores diseñados especialmente para el gas natural que permiten el reglaje más preciso, así como el bajo costo de inversión inicial gracias a la existencia de sencillos equipos de combustión que no precisan de calentamiento y bombeo, son consideraciones importantes a tener en cuenta por su repercusión económica.

Complementa estas ventajas la ausencia de humos, contaminantes en el gas natural, lo que permite unas mejores condiciones de trabajo y la no contaminación del medio ambiente exterior.

3.5.3 Industria de alimentos

En la producción de alimentos el gas natural se utiliza en los procesos de cocimiento y secado. El gas natural es el combustible que permite cumplir las exigencias de calidad ISO, que son requerimientos para ciertos productos de exportación.

3.5.4 Industria de cerámicas

El proceso de fabricación de todo tipo de piezas de cerámica abarca la preparación de las materias primas, la mezcla, el amasado y la extrusión la configuración de las piezas, el secado, la cocción, el esmaltado y la decoración. El uso del calor tiene lugar en el secado, la cocción, el esmaltado, la decoración y también la mezcla y el amasado. La elección del combustible en la industria cerámica constituye una decisión de gran importancia, por la diversidad de la producción y el carácter físico-químico de las operaciones térmicas que realiza.

El gas natural ofrece a la industria cerámica unas ventajas, cuyo provecho viene determinado por el tipo de producto de que se trate y el equipo usado.

En la fabricación de azulejos, porcelana, gres o refractarios, su utilización se traduce en un importante aumento de la producción, la mejora en la calidad de los productos y la optimización en la economía de la empresa.

El gas natural mejora la calidad de los productos tratados por el hecho de ofrecer una disminución del porcentaje de unidades defectuosas, por

eliminar la eventualidad de manchas y decoloraciones de los artículos durante cada cocción y secado, y por estar libre de azufre y de impurezas. Del gas natural se obtiene una perfecta homogeneidad en cada cocción junto a un total ajuste de las temperaturas para las necesidades requeridas. No provoca sobrecalentamientos locales al disponer de una llama adaptable a las características del recinto de calentamiento, y posibilita un perfecto control de la atmósfera del horno (oxidante o reductora) al alcanzar una excelente regulación en la mezcla aire-gas.

La aplicación del gas natural permite un apreciable incremento en la producción, que viene dado por una reducción de los tiempos de puesta en régimen de las instalaciones y la disminución de los volúmenes libres necesarios en los hornos entre las diferentes piezas cerámicas a tratar, lo que se traduce en un mayor aprovechamiento de la capacidad del horno.

El gas natural incide de forma eficaz en la rentabilidad, al permitir utilizar los gases resultantes de la combustión en el secado directo de diferentes productos, disminuir sensiblemente los desechos, obtener un ahorro en mano de obra (consecuencia de la automatización conseguida) y una disminución de los gastos de mantenimiento, así como reducir el consumo específico y aumentar los espacios disponibles gracias a la ausencia de almacenajes de Combustible.

El gas natural, además, ha hecho posible el diseño de hornos de calentamiento rápido y de monococción, con la consiguiente disminución de los consumos específicos.

3.5.5 Industria textil

Además de los benéficos que reporta a la industria textil el uso del gas natural como combustible en las calderas de vapor, son múltiples los procesos donde el gas encuentra aplicaciones tan específicas que lo convierten en prácticamente imprescindible: aplicaciones de acción directa de la llama (chamuscado de hilos, chamuscado de tejidos), aplicaciones de calentamiento por contacto (abrasado, calandrado), aplicaciones de calentamiento por radiación (presecado, polimerización), aplicaciones de calentamiento directo por convección en secadoras y ramas, en sustitución del tradicional sistema de calentamiento mediante fluidos intermedio, tonel consiguiente ahorro energético (entre el 20 t el 30%), la posibilidad de calentamiento directo de los baños líquidos mediante tubos sumergidos o por combustión sumergida.

Con el gas natural la mejora en la calidad de los productos es un hecho evidente. En el chamuscado de hilos y tejidos, se consigue dar brillo a las fibras y una superficie de tejido lisa y homogénea, gracias a la acción directa de la llama, por la aplicación de placas metálicas al rojo vivo, calentadas mediante pequeños quemadores de gas natural distribuidos uniformemente.

Otro aspecto importante es el incremento de la producción (entre 10 y un 15%) debido al aumento de la velocidad de paso del tejido por el secador, que se puede conseguir realizando un presecado mediante placas infrarrojas situadas e la entrada y elevando la temperatura de secado por calentamiento directo del aire.

3.5.6 Industria Química / Petroquímica

Por su doble faceta de uso, como fuente de energía y como materia prima, es en la industria química donde el gas natural encuentra uno de los campos más amplios de utilización.

El gas natural como fuente de energía, tanto para la producción de vapor como para el calentamiento de las unidades de cracking y de reforming, permite una perfecta regulación de la temperatura; por el ajuste de la relación aire-gas y la uniformidad de composición del gas natural, presenta una nula corrosión de los haces tubulares gracias a la ausencia de impurezas, y facilita la posibilidad de utilización del gas natural con mezcla variable de otros gases residuales disponibles en la industria gracias a la ductibilidad de los quemadores.

La alta riqueza de los hidrocarburos (metanos y etano) junto con su pureza, la ausencia de azufre, la constancia de composición y la sencillez de explotación, afirman la utilización ventajosa del gas natural frente a los derivados del petróleo, como materia prima en los procesos básicos de la química del metano.

El metano constituye la materia base en procesos fundamentales de la química, tan importantes como por ejemplo la producción de hidrógeno, de metanol, de amoníaco, de acetileno, de ácido cianhídrico, etc. Todos estos fabricados se consideran punto de partida para la obtención de una amplia gama de productos comerciales.

3.5.7 Generación de electricidad.

La generación de energía eléctrica por sistemas convencionales tiene rendimientos del 35-40% con hasta un 65% de la energía primaria consumida desperdiciada como calor residual.

El gas natural se ha constituido en un combustible atractivo para la generación de electricidad con alto rendimiento en toda una serie de aplicaciones, tras el levantamiento de una restricción que impedía el uso del gas natural en este mercado por una Directiva de la UE.

El gas natural, utilizado para la generación de energía eléctrica, ofrece las mejores oportunidades en términos de economía, aumento de rendimiento y reducción del impacto ambiental. Estas ventajas pueden conseguirse tanto en grandes centrales como en pequeñas centrales y unidades de cogeneración termoeléctrica. El uso de turbinas de gas para mejorar centrales existentes y en nuevas centrales de ciclo combinado permite alcanzar ahorros de energía de entre el 15 y el 50%. La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías está abriendo continuamente nuevas fronteras con rendimientos todavía mayores y por consiguiente menos contaminación.

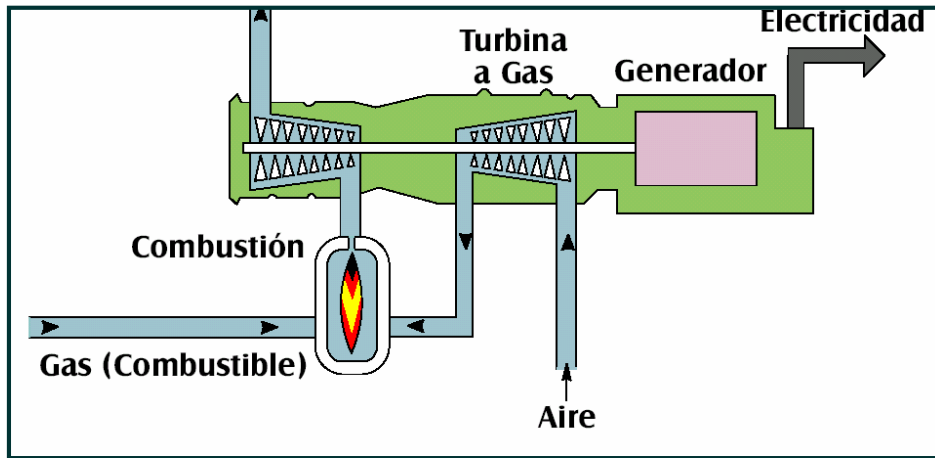


Figura 3.4 Generación de energía eléctrica con ciclo simple

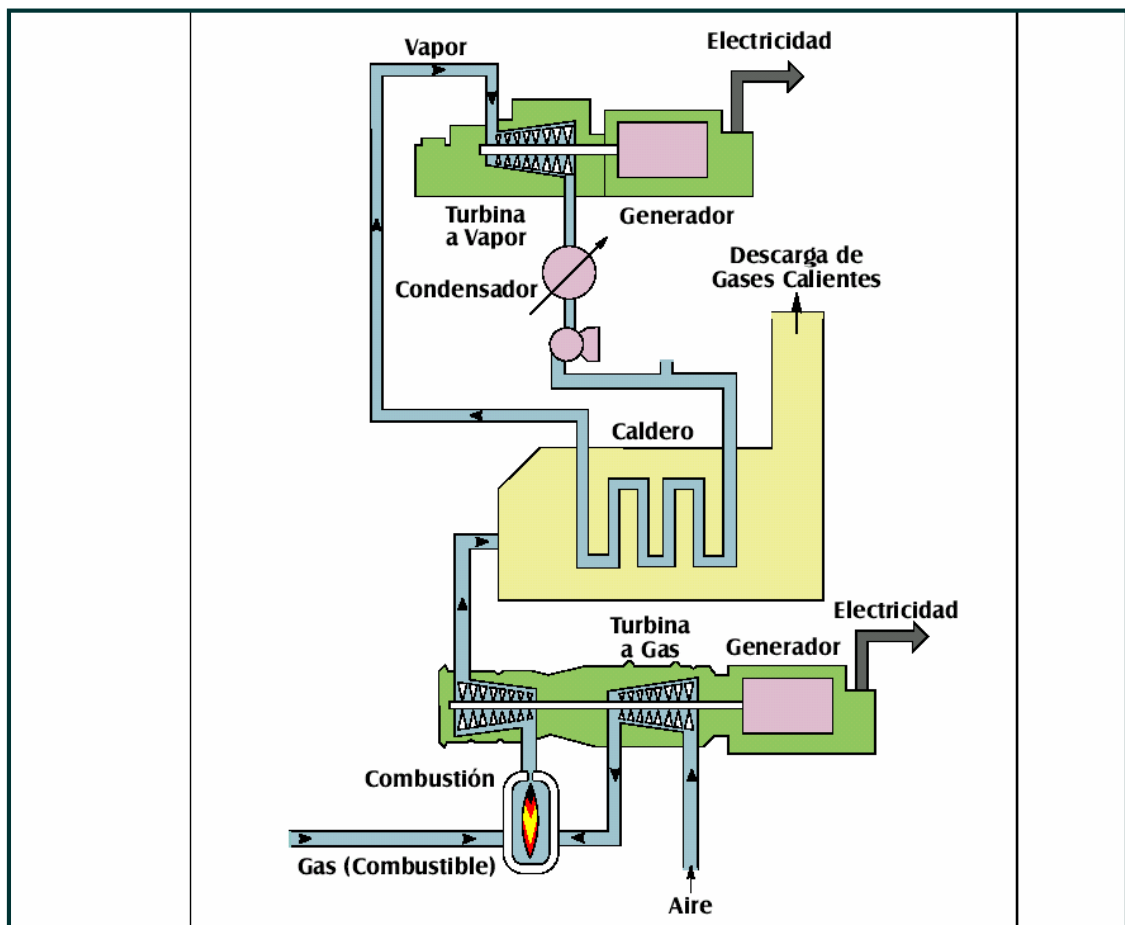


Figura 3.5 Generación de energía eléctrica con ciclo combinado

3.5.8 Cogeneración

La cogeneración es la producción simultánea de energía eléctrica y energía térmica utilizando un único combustible como el gas natural.

Las plantas de Cogeneración producen electricidad y calor para aplicaciones descentralizadas y donde se requieran. Estas plantas tienen una óptima eficiencia en las transformaciones energéticas y con mínimas contaminaciones ambientales.

Una planta de cogeneración esta compuesta por un motor de combustión interna en ciclo Otto (o turbina a gas) que acciona un alternador (generador eléctrico).

A este conjunto generador se puede aprovechar la energía térmica liberada a través de la combustión de los gases, mediante intercambiadores de calor instalados en los circuitos de refrigeración de camisas, de aceite lubricante, mas un aprovechamiento extra en una caldera de recuperación de gases de escape.

Usualmente la ubicación de estas plantas es próxima a los consumidores, con lo cual las perdidas por distribución son menores que las de una central eléctrica y un generador de calor convencional.

La Cogeneración es una forma eficiente de cubrir necesidades energéticas de las instalaciones industriales en prácticamente todos los sectores de la actividad (calefacción, calentamiento de agua, etc.)

3.6 Ventajas del Gas Natural en la industria

Ventajas Economicas:

- Ahorros entre el 30 y 60% dependiendo del tipo de combustible a sustituir.
- Ahorros en almacenamiento
- Menores costos de mantenimiento
- Se paga después de consumir (Facturación mensual)
- Eliminación de costos financieros por stock
- Pago solo por volumen consumido

Ventajas de Productividad y Competitividad:

- El gas natural esta disponible en forma continua, no requiere tanques de almacenamiento, disminuyendo los riesgos que ello implica y también los costos financieros.
- No requiere preparación previa a su utilización, como por ejemplo: calentarlo, pulverizarlo o bombearlo como ocurre con el petróleo o el carbón mineral.
- Al tratarse de un combustible gaseoso, permite una gran flexibilidad de utilización, una fácil mezcla de combustible y comburente gracias a la circunstancia de encontrarse ambos en fase única.
- Al tratarse de un combustible libre de impurezas, permite un calentamiento directo en los productos, proporciona más duración a los refractarios y los recuperadores de calor.

- Los equipos y quemadores de gas natural son fáciles de limpiar y conservar.

Ventajas Ambientales:

- Es el combustible que menos contamina el ambiente, debido a que en su combustión no se generan gases tóxicos, cenizas ni residuos.
- Mejora general de las condiciones de trabajo.

3.7 Instalaciones de Gas Natural en la industria

3.7.1 Estación de regulación de presión y medición primaria

La Estación de Regulación y Medición Primaria (ERMP) tiene la finalidad de reducir la presión de la red secundaria de distribución a la presión de uso en la red interna de Gas Natural de la planta, adicionalmente de medir el caudal de Gas Natural que pasa a través del medidor montado en dicha ERMP (medidor fiscal), con el cual se facturara al cliente consumidor de Gas Natural.

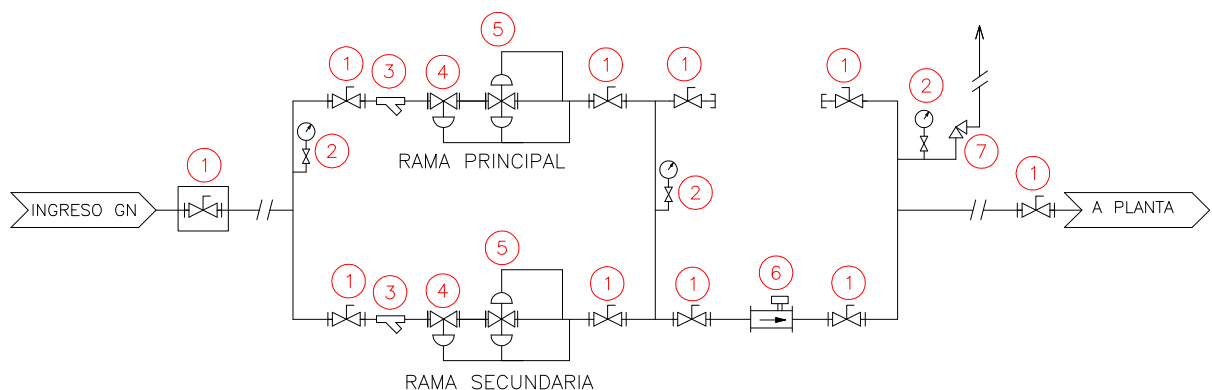


Figura 3.6 Diagrama de la ERMP

1. Válvula de bloqueo manual
2. Manómetro con válvula de cierre
3. Filtro de gas
4. Válvula de bloqueo por alta presión
5. Regulador con válvula de seguridad incorporado
6. Medidor de Flujo
7. Válvula de alivio

➤ **Sistema de Filtrado**

Este sistema tiene por finalidad filtrar y separar las impurezas líquidas y sólidas iguales o mayores a 80 micrones, inmersas en la corriente del gas natural.

Los filtros (1 por ramal) tienen una capacidad para el 100% del caudal de toda la estación y se colocan aguas arriba de la regulación.

Existen dos tipos de filtros que se suelen usar: Los filtros secos y los filtros húmedos o de tipo cartucho.

Los filtros secos están contruidos por mallas microcelulares, y los filtros húmedos esta constituido por un elemento coalescente, el cual presenta un efecto de filtración en tres fases: las partículas gruesas quedan retenidas en el pre-filtro, el aceite, agua y el resto de las partículas se dirigen al medio filtrante principal, el cual proporciona las dos etapas siguientes de filtración.

Todos lo líquidos se descargan continuamente por la purga y son controlados por el nivel.

➤ **Sistema de Regulación**

El sistema de regulación esta constituido por dos ramas de regulación, cada una de las cuales posee una válvula integrada que realiza las funciones de regulador, monitor y “shut-off”, y una válvula de alivio.

Estas válvulas integradas poseen tres niveles de seguridad: en operación normal el que regula la presión es el regulador activo, en caso de falla del mismo, el que realiza la regulación es el monitor y en caso de fallar este ultimo y elevarse excesivamente la presión, actuara la válvula “shut-off”, bloqueando el ramal.

Cada ramal esta calculada para soportar el 100% del caudal de diseño de las estación, y en operación normal una rama de regulación es la que opera activamente mientras que la otra esta en stand by, en caso de bloqueo de una rama, la que esta en stand-by va a ser el que tome el control de la presión (con los mismos tres niveles de seguridad que el primer ramal), permitiendo a continuidad del suministro.

➤ **Sistema de Medición**

El Sistema de Medición esta constituido por las válvulas de entrada/salida y por el tramo de medición, el cual contendrá un medidor de tipo rotativo, turbina o ultrasónico según la capacidad, transmisores de presión y de temperatura.

Asimismo el sistema de medición contara con un corrector electrónico de flujo, el cual permitirá recoger la información del medidor y de los transmisores de presión y temperatura y expresar la cantidad de gas que a

pasado en m³ estándar (Sm³), es decir como si todo el gas que se ha consumido hubiera pasado por el medidor a una presión de 1 bar y a 15°C.

Los medidores por lo general tienen una clasificación G, mediante la cual se especifica el Caudal máximo y mínimo respectivo a la presión de 1 barg. El caudal máximo real del medidor a condiciones de operación se determina según la siguiente relación:

$$Q'_{\max} = Q_{\max} \cdot (1 + P_r) \quad \dots(3.1)$$

$$G = \frac{Q'_{\max}}{1.6(1 + P_r)} \quad \dots(3.2)$$

Donde:

Q'max = Caudal máximo a condiciones de operación (m³ / h)

Qmax = Caudal máximo a 1 barg. (m³ / h)

Pr = Presión regulada (barg)

G = Valor estándar comercial. La siguiente tabla muestra los valores comerciales de G.

Tabla 3.3 Valores de “G” Comerciales

Clasificación G	Q_{max} actual m3/h
G 1,6	2.5
G 2,5	4
G 4	6
G 6	10
G 10	16
G 16	25
G 25	40
G 40	65
G 65	100
G 100	160
G 160	250
G 250	400
G 400	650
G 650	1,000
G 1000	1,600

3.7.2 Estación de regulación de presión y medición secundaria

Cuando la presión de utilización difiere de la presión regulada, es necesaria la instalación de una Estación Reguladora de Presión Secundaria o Subestaciones. Estas Subestaciones deben contar con los siguientes elementos: válvulas manuales de cierre, filtro, regulador de presión, manómetros con sus respectivas válvulas de bloqueo, válvula de purga, válvulas de seguridad tipo “shut off” o de alivio y opcionalmente podrá contar con medidores de flujo, el cual debe ser instalado aguas abajo del regulador y de preferencia debe ser instalado con un sistema “by pass” de válvulas.

Las subestaciones deben estar ubicadas en lugares accesibles y estar adecuadamente protegidas.

Ver modelo de subestación en Plano GAS -1-005

3.7.3 Combustión Industrial

La combustión es una combinación rápida y violenta del oxígeno del aire con los distintos elementos que constituyen el combustible, formando nuevos compuestos y liberando energía en forma de calor y luz.

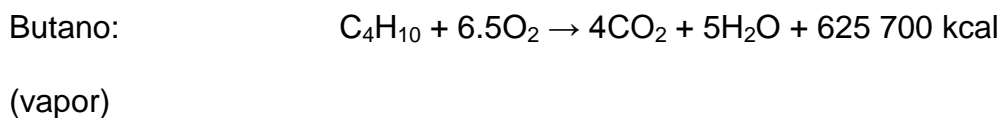
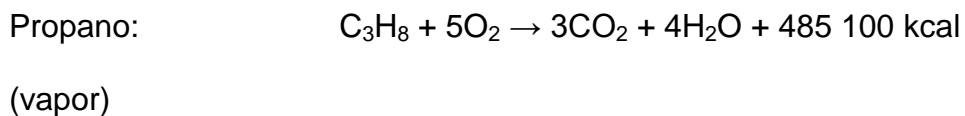
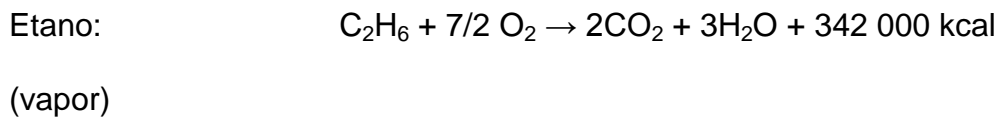
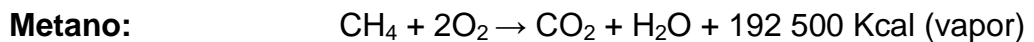
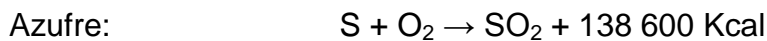
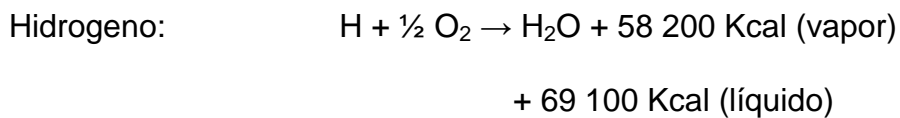
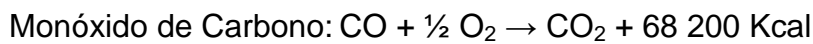
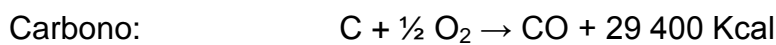
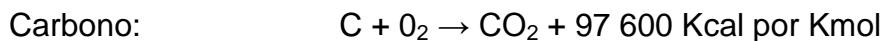
Las reacciones de combustión que nos interesan son única y exclusivamente las que se producen entre el carbono e hidrógeno del combustible con el oxígeno del aire.

Los 5 postulados de la teoría inorgánica de la combustión son los siguientes:

1. Todos los combustibles industriales son combinaciones de carbono / hidrógeno.
2. Todos los combustibles se disocian en carbono/hidrógeno antes de reaccionar.
3. Siendo la combustión del hidrógeno instantánea, la partícula de carbón constituye el verdadero núcleo de la combustión industrial.
4. La naturaleza y el tamaño de las partículas de carbón y la disponibilidad de oxígeno en el medio definen las condiciones y posibilidades de desarrollo de la combustión.
5. El manejo de la combustión constituye fundamentalmente un problema de la mecánica de fluidos.

Para efectos prácticos podemos definir a los combustibles industriales como combinaciones variables de carbono e hidrogeno con un contenido también variable de impurezas.

Entre las principales reacciones de combustión tenemos:



3.7.3.1 Parámetros de la Combustión

- **Aire Teórico**

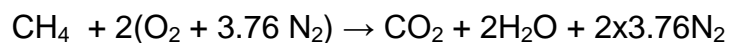
El oxígeno requerido para la combustión se obtiene del aire, el que, prácticamente para cualquier cálculo relacionado con la combustión, se puede considerar como una mezcla de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno

en volumen. De aquí la composición del aire seco se puede expresar de la siguiente forma:



El aire teórico o estequiométrico es la cantidad de oxígeno suficiente que se puede captar del aire seco para realizar la combustión completa o estequiométrica.

Luego para el Metano tenemos:



De aquí se deduce que por cada m³ de gas natural se requiere 10 m³ de aire para la combustión.

- **Exceso de Aire**

El exceso de aire en la combustión se define como:

$$\lambda(\%) = \frac{A_r - A_m}{A_m} \times 100 \quad \dots(3.3)$$

Donde:

λ = Exceso de aire

A_r = cantidad de aire real

A_m = cantidad de aire mínimo necesario

El siguiente gráfico muestra el efecto del exceso del aire en la temperatura de los gases de la combustión. Como se puede apreciar la temperatura decrece con el incremento del exceso de aire.

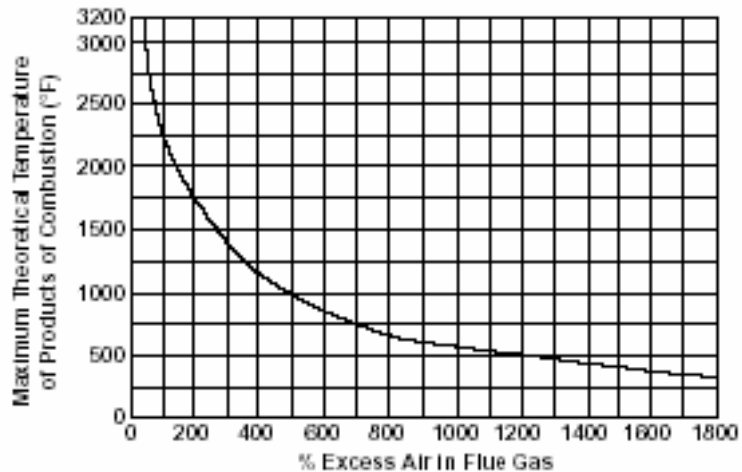


Figura 3.7 Efecto del exceso de aire con la temperatura de los gases de combustión.

- **Relación aire-combustible**

Se define según la siguiente relación:

$$r_{a/c} = \frac{m_a}{m_c} \quad \dots(3.4)$$

Donde:

m_a = masa de aire en Kg.

m_c = masa de combustible en Kg.

La relación aire-combustible es teórica, si el aire es estequiométrico o teórico y es real si hay exceso de aire.

Para el Metano tenemos: $ra/c = 17.16$ Kg. aire teórico/Kg. de combustible

3.7.3.2 Tipos de combustión

- **Combustión estequiométrica**

Es aquella en el cual se mezcla el combustible y el oxígeno en cantidades exactamente requeridas., los cuales se queman en forma completa y perfecta. Esta combustión completa sin embargo esta fuertemente limitada por condiciones químicas y físicas, ya que solo en teoría podemos hablar de reacciones perfectamente estequiométricas.

- **Combustión completa con exceso de aire**

Para conseguir una combustión completa, es decir sin presencia de CO en los humos de la chimenea, es necesario emplear una proporción de oxígeno superior a la teórica. Este exceso de aire conlleva a 2 efectos importantes en cuanto al proceso de combustión:

- Disminución de la temperatura máxima posible al aumentar la cantidad de gases de combustión.
- Variación sensible en cuanto a la concentración de los óxidos formados respecto al nitrógeno, lo que se traduce en una disminución de la eficiencia de la combustión.

- **Combustión incompleta con defecto de aire**

Se produce cuando el oxígeno presente en la combustión no alcanza el valor del teórico necesario para la formación de CO_2 , H_2O y SO_2 la combustión es necesariamente incompleta, apareciendo el CO en los gases de combustión y partículas sólidas de carbono, azufre y sulfuros.

Las pérdidas por combustión incompleta son elevadas cuando se proporciona menos aire de lo necesario. En la práctica la presencia de inquemados resulta determinante del exceso de aire necesario.

- **Combustión imperfecta o real**

Una combustión imperfecta se produce cuando pese a existir exceso de aire, no se completan las reacciones de combustión, apareciendo en los humos de chimenea productos de combustión incompleta, tales como inquemados, residuos de combustibles sin oxidar, partículas sólidas etc.

Este tipo de combustión puede producirse debido a las siguientes causas:

- La elevada carga térmica del hogar, es decir la relación entre la potencia calorífica y el volumen del hogar, ya que existe poco tiempo de permanencia.
- La escasa turbulencia, existiendo por tanto una mala mezcla aire-combustible, lo que en muchos quemadores se produce por cantidad insuficiente de aire o por estar trabajando a una fracción muy pequeña de su potencia nominal.

- La falta de uniformidad de pulverización en los combustibles líquidos, ya que cuanto mayor sea el número de gotas de gran tamaño, tanto más fácil es que se produzcan inquemados, puesto que una gota de gran diámetro necesita un tiempo mayor de permanencia para quemarse por completo.
- El enfriamiento de la llama, lo que puede ocurrir cuando la mezcla aire-combustible incide sobre superficies relativamente frías, como el frente de la cámara de combustión o las paredes de un tubo de llama y también cuando se trabaja con un gran exceso de aire.
- El alto porcentaje de carbono en los combustibles.

En la práctica, este es el tipo de combustión más generalizada por resultar más ajustado a la realidad. En la medida que se mejore la combustión imperfecta aproximándose a las condiciones teóricas de combustión completa con mínimo exceso de aire, se logrará mejores rendimientos y se evitara efectos contaminantes.

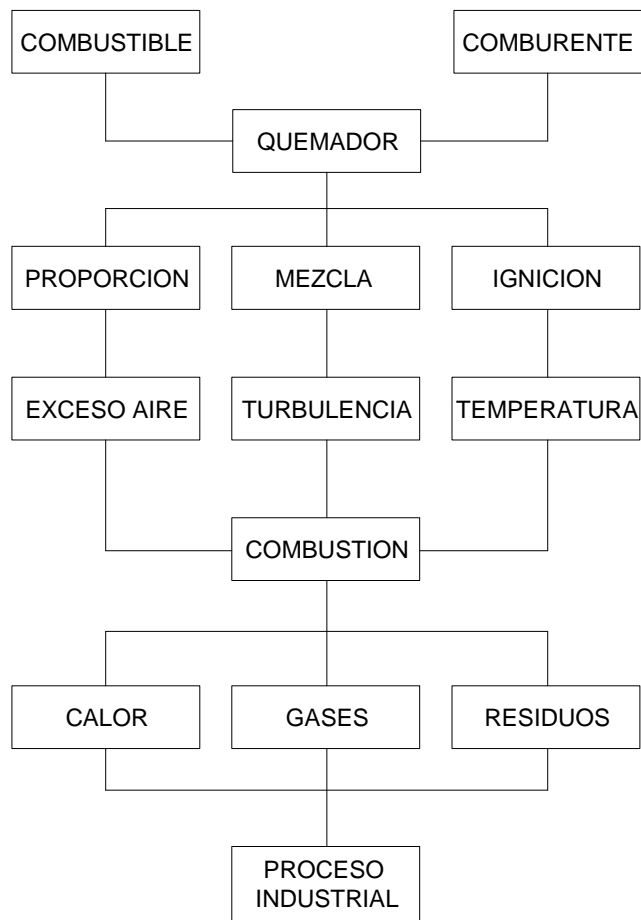


Figura 3.8 Esquema básico de la combustión industrial

3.7.3.3 La Llama de la combustión y sus características

La llama es el medio gaseoso en el que se desarrollan las reacciones de combustión, produciéndose radiaciones luminosas de origen tanto térmico como químico, no necesariamente es en el espectro visible, que constituyen manifestaciones de las condiciones en que se efectúa la generación de calor.

En términos prácticos podemos decir que es el espacio donde se realiza la combustión o en otras palabras la manifestación visible de la combustión.

La mezcla aire-combustible es la fuente de la llama; el quemador es su creador, vigilante y mantenedor.

La creación y mantenimiento de una llama apropiada, es un requisito previo e imprescindible para el aprovechamiento racional de la energía contenida en el combustible y que es capaz de arder en forma de calor.

- **Limites de inflamabilidad**

Un combustible para arder necesita estar mezclado homogéneamente con aire. Si la mezcla contiene poco gas, este no podrá arder lo mismo que si contiene poco aire.

Se llama limite inferior de inflamabilidad a la mínima proporción de combustible en una mezcla aire-combustible, para que el combustible arda.

Se llama limite superior de inflamabilidad a la máxima proporción de combustible en una mezcla aire-combustible para que el combustible arda.

Tabla 3.4 Límites de inflamabilidad

Sustancia	Límite Inferior %	Límite Superior %
Monóxido de carbono (CO)	12.5	74
Hidrogeno (H ₂ O)	4.1	74
Metano (CH ₄)	5.3	14
Etileno (C ₂ H ₄)	3	29
Etano (C ₂ H ₆)	3.2	12.5
Propano (C ₃ H ₈)	2.4	9.5
Butano (C ₄ H ₁₀)	1.9	8.4
Pentano (C ₅ H ₁₂)	1.4	7.8
Benceno (C ₆ H ₆)	1.4	6.7
Gas Natural	4.8	13.5

- **Temperatura de inflamación**

Es la temperatura mínima que necesita la mezcla aire-combustible (dentro de los límites de inflamabilidad), para arder. Una vez iniciada la combustión, el calor desprendido mantiene la temperatura por encima de la temperatura de inflamación y la combustión prosigue espontáneamente.

Tabla 3.5 Temperatura de Inflamación de algunas sustancias

Sustancia	Temperatura de inflamación (°C)
Monóxido de carbono	651
Hidrogeno	585
Metano	537
Etileno	450
Etano	510
Propano	466
Butano	430
Isobutano	543

- **Temperatura de la llama**

Se denomina temperatura teórica de la combustión o adiabática de combustión, a la que se obtendría en una combustión estequiométrica, con mezcla perfectamente homogénea y en periodo de tiempo muy corto de tal forma que no haya pérdidas caloríficas en el ambiente.

Para el cálculo de la temperatura adiabática se utiliza la siguiente relación:

$$Ta = \frac{PCI}{Vg.Cp} \dots(3.5)$$

Donde:

Ta = Temperatura adiabática de la llama

PCI = Poder calorífico inferior del Gas Natural

V_g = Volumen de gases de combustión

C_p = calor específico de los gases de combustión

- **Velocidad de propagación de la llama**

Es la velocidad con que se consume la mezcla aire-gas que sale del quemador, se mide en cm/s o en m/s. Esta velocidad depende de la concentración de gas en la mezcla aire-gas, del tipo de gas y de la temperatura.

La presencia de gases no combustibles, como el nitrógeno, en la mezcla aire-gas hace disminuir la velocidad de propagación.

Si aumenta la temperatura de la mezcla aire-gas, aumenta la velocidad de propagación.

Cuando la velocidad de salida de la mezcla aire-gas es mayor que la velocidad de propagación, se produce el fenómeno de desprendimiento de la llama, que consiste en que esta se separa del quemador.

Cuando la velocidad de salida de la mezcla aire-gas es inferior a la velocidad de propagación de la llama. Esta penetra en el interior del quemador y puede producir fenómenos de calentamiento indeseados con peligro de incendio y de extinción de la propia llama, dando lugar a un escape de gas.

3.7.4 Quemadores industriales

Los equipos de combustión son dispositivos mediante los cuales, el combustible (gas natural) es puesto en contacto con el comburente (aire), a fin de provocar la combustión y lograr de este modo el efecto térmico buscado.

Los equipos de combustión se pueden dividir en dos partes fundamentales:

- Quemador
- Tren de Válvulas

El quemador debe cumplir con 5 funciones fundamentales en el proceso de combustión:

- 1) Aportar combustible en las condiciones adecuadas para su adecuado encendido y combustión.
- 2) Aportar parcial o totalmente el aire con el oxígeno necesario para la combustión.
- 3) Mezclar el aire y combustible en las proporciones adecuadas y en el momento necesario.
- 4) Encender y quemar la mezcla.
- 5) Adaptar la llama al uso particular al cual se aplica, confiriéndole longitud, volumen, temperatura y luminosidad conveniente.

Asimismo existen 5 maneras de mezclar gas completa o parcialmente con el aire de la combustión en el quemador:

- a) La energía disponible en la presión del gas proporciona la mezcla.
- b) La energía disponible en la presión del aire proporciona la mezcla.

- c) La presión combinada del gas y el aire son usadas para la mezcla.
- d) Un componente de succión tal con un ventilador con un mezclador proporciona la mezcla.
- e) El gas y el aire de la combustión son mezclados justo antes de la boquilla.

3.7.4.1 Características de los Quemadores

- **Tasa de ajuste (“*Turndown*”)**

El rango de la tasa de entrada dentro del cual un quemador funcionara es especificado por la relación de ajuste (“*turndown ratio*”). Este es la relación del máximo y mínimo tasa de calor de entrada con el cual el quemador funcionara satisfactoriamente.

La máxima tasa de entrada es limitado por un fenómeno conocido como llama “*blow-off*”, en el cual la velocidad de mezcla excede a la velocidad de flama. La mínima tasa de entrada es limitada por el fenómeno conocido como “*flash-back*”, en el cual la velocidad de llama excede a la velocidad de mezcla.

- **Forma de llama**

Para un quemador dado, las variables de operación tales como: cambios en la presión de mezcla o la cantidad de aire primario afectaran la forma de la llama.

Para la mayoría de los tipos de quemadores un incremento en la presión de mezcla ensanchara la llama y un incremento en el porcentaje de aire primario acortara la llama. El espesor de la llama es reducido por la alta presión de ambiente y alta velocidad del quemador.

Una buena mezcla, producida por un alto grado de turbulencia y alta velocidad produce una llama corta y espesa, mientras si la mezcla es pobre y a baja velocidad resulta una llama delgada y débil. La turbulencia y una buena mezcla pueden se puede promover con el uso de paletas en las corrientes para generar remolino. La alta presión permite lanzar el combustible mas lejos del inyector del quemador antes de que pueda ser calentada a su temperatura de ignición y de esta forma alargar la llama.

- **Volumen de combustión**

El espacio ocupado por el combustible y los productos intermedios de la combustión mientras se queman, varia considerablemente con el diseño del quemador, las presiones y las velocidades de las corrientes de flujo y la aplicación en si.

3.7.4.2 Tipos de Quemadores

Se pueden clasificar según la siguiente forma:

- Sin Ventilador
 - Atmosféricos
- Con Ventilador
 - Premezcla ("Premix")

- Mezclado en tobera (“Nozzle mix”)
- Paquete
- De Alta velocidad.
- etc.

- **Quemadores atmosféricos**

Este quemador se puede utilizar para alta o baja presión de suministro de gas. Este quemador, como se observa en la figura cuenta con una tobera de inyección de gas en forma de “tubo de venturi”, aspirándole aire primario necesario para la combustión a través de orificios de la parte posterior del quemador, provocando una mezcla íntima de aire y gas.

Como el quemador no llega a inducir la totalidad la totalidad del aire de la combustión, se introduce el aire secundario a través de un segundo registro, dispuesto en general en el frente del quemador.

El valor de la relación aire-gas se regula mediante un registro sobre el aire primario, con el objeto de lograr la llama adecuada.

Par el caso de calderas industriales suelen diseñarse quemadores industriales tipo multitoberas, que son un conjunto de quemadores del tipo atmosférico, que trabajan simultáneamente, en forma proporcional a la cantidad de calor a suministrar.

Otra variante muy utilizada de quemadores atmosféricos son los del tipo lineal, que consiste en quemadores con numerosos orificios de salida,

dispuestos en tramos rectos. El aire llega a dichos orificios y toma de la atmósfera la totalidad del aire para la combustión.

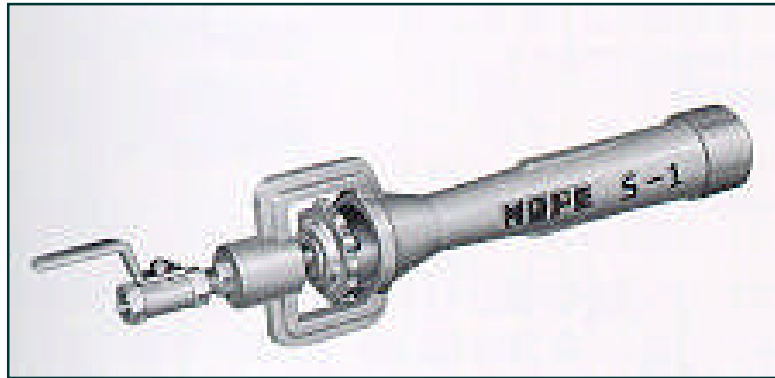


Figura 3.9 Quemador atmosférico

- **Quemadores de premezcla (premix)**

Estos quemadores producen la mezcla del gas con el aire en un punto anterior a la tobera de la llama, por medio de un dispositivo llamado mezclador. Existen básicamente dos sistemas de premezcla: por aspiración y por inspiración. El mezclador de aspiración opera con baja presión de gas (generalmente 30 a 80 mbar) y necesita para que sea aspirada una muy buena presión de aire, la cual se logra con un ventilador centrífugo o aire comprimido.

El mezclador de inspiración necesita alta presión de gas (0.5 a 3 bar) con el fin de arrastrar la cantidad de aire necesaria para la combustión directamente de la atmósfera. Los dos sistemas realizan la mezcla a través de un venturi. Luego que el fluido conductor ingresa a la garganta

arrastrando al otro, se expanden en la zona del difusor convirtiendo su velocidad en presión de mezcla, la cual es muy importante para variar la potencia del equipo.

Estos quemadores son muy utilizados en procesos metalúrgicos (fusión, tratamientos térmicos, secado de cucharas), fusión de vidrio, hornos de cerámica y cualquier proceso que necesite una alta temperatura final de proceso.

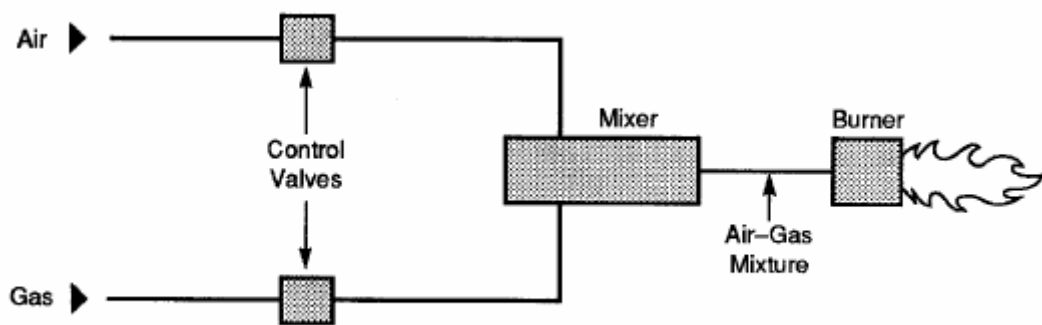


Figura 3.10 Quemador de premezcla

- **Quemadores de mezclado en tobera**

En estos quemadores el aire y el gas se mantiene separados hasta alcanzar la boquilla del quemador, donde son mezclados para luego producirse la combustión.

Hay una gran variedad de quemadores de mezclado en tobera, los cuales se pueden agrupar en dos tipos:

- a) Quemadores de mezclado en tobera para aplicaciones de alta temperatura
- b) Quemadores de mezclado en tobera para calentamiento de aire.

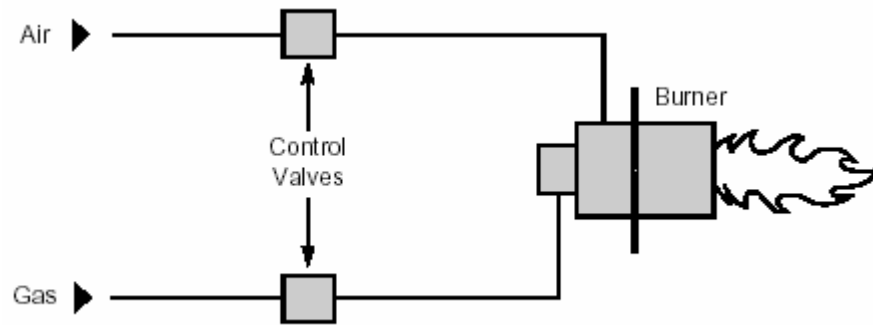


Figura 3.11 Quemador de mezclado en tobera

Tabla 3.6 Quemadores Premezcla vs. Quemadores de Mezclado en tobera

Tipo de quemador	Ventajas	Desventajas
Premezcla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Combustión rápida, llama compacta. 2. Altas temperaturas de la llama. 3. Solo una tubería al quemador, fácil instalación. 4. Alguno tipos no necesitan ventilador para el aire de la combustión. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dificultad de controlar la forma de la llama patrón de lanzamiento de calor. 2. Rango limitado de estabilidad. Alrededor de 50% de exceso de aire a 100% de exceso de gas. 3. Generalmente limitada tasa de ajuste. (turndown). 4. Peligro de retroceso a bajas tasas de calentamiento. 5. Algunos tipos son difíciles de adaptar al control automático. 6. Dificultad de diseños en quemadores duales con petróleo.
Mezclado en tobera	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amplio rango de estabilidad. En exceso de aire y exceso de gas. 2. Mas fácil controlar la tasa de mezcla, forma de la llama y patrón de lanzamiento de calor. 3. No hay problema de retroceso de llama. 4. Muchos tipos pueden ser convertidos en quemadores duales con petróleo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los quemadores requieren mas espacio que los quemares de premezcla para la misma capacidad. 2. Se requiere dos tuberías de aire y gas hasta la tobera del quemador. 3. Se requiere un ventilador para inducir o forzar el aire de la combustión. 4. Temperatura de la llama máxima es menor que los quemadores de premezcla.

3.7.4.3 Otros tipos de quemadores

- **Quemadores tipo Paquete**

ES un quemador de diseño compacto de gran utilización en Europa, donde muchas veces reemplaza otros equipos por su facilidad de montaje y mantenimiento. Se trata de un quemador de mezcla en boquilla, con un ventilador incorporado al mismo cuerpo donde se montan los elementos de control. Su principal uso es en calderas, aunque se ha extendido a hornos de panadería, tubos radiantes, lavadoras y algunos procesos especiales.

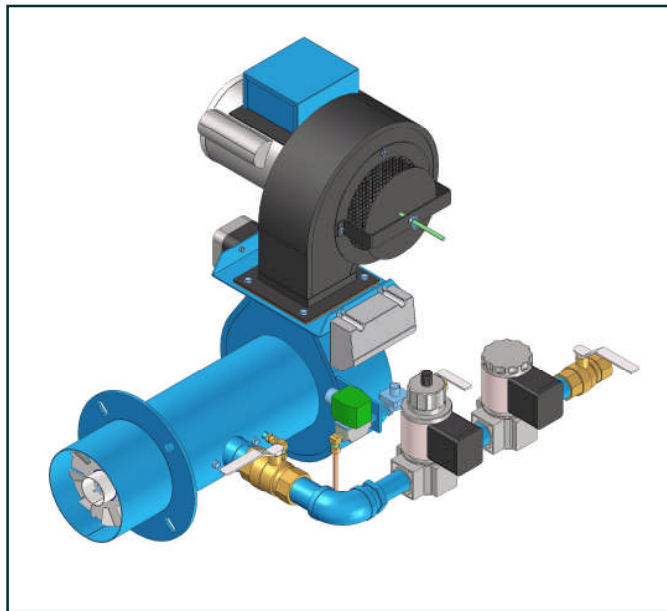


Figura 3.12 Quemador tipo paquete

- **Quemadores de llama continúa**

Es una adaptación de los quemadores de premezcla en la cual se cambia la tobera de llama por mecheros acoplables de diferentes diseños. Cada modulo posee una gran cantidad de orificios para otorgar una llama que

cubra la superficie necesaria cualquiera sea su tamaño. Al acoplar tramos rectos con codos, tees o cruces se puede obtener prácticamente cualquier forma.

Se utilizan en general para calentar bateas, recipientes, cartón corrugado, hornos de galletitas y panificación, piezas metálicas, algunos tipos de ladrillos y muchas veces reemplaza al quemador de vena de aire en columnas de calentamiento.

- ***Quemadores de alta velocidad***

Este diseño sigue la tendencia mundial de mejorar los procesos y ha obligado a reconsiderar muchos sistemas de trabajo. Su principio básico es entregar un chorro de gases a media o alta temperatura con una gran velocidad de ingreso en la cámara. Esto permite incrementar la transferencia de calor por convección a valores nunca antes alcanzados y por consiguiente lograr una uniformidad de temperatura en toda la cámara y en el producto que no puede obtenerse con ningún otro método.

Aunque la inversión inicial generalmente es mayor se justifica su uso al bajar los costos de producción y de rechazo de productos que no reúnen las condiciones deseadas. Sus aplicaciones son en los hornos de cerámica, tratamiento térmico, enlozado, galvanización, tubos radiantes para bateas, etc.

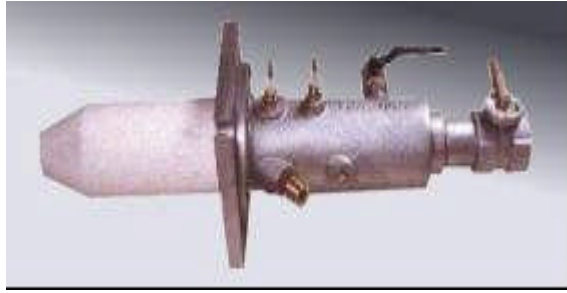


Figura 3.13 Quemador de alta velocidad

- ***Quemadores infrarrojos***

Son quemadores de tipo atmosférico, en el cual la llama se produce en las proximidades de una placa cerámica provista de una serie de pequeños canales a través de los cuales penetra el aire secundario. La placa cerámica debido al calor de la combustión se pone al rojo vivo y emite calor principalmente por radiación. La radiación emitida es del tipo infrarrojo, de ahí el nombre del quemador.

Existen también quemadores infrarrojos de cerámica porosa, en el cual la mezcla aire/gas fluye a través de una cerámica porosa y la combustión se realiza desde la base de la salida de la cerámica, incidiendo la llama sobre una maya de acero inoxidable que pone en incandescencia tanto la maya como la cerámica.

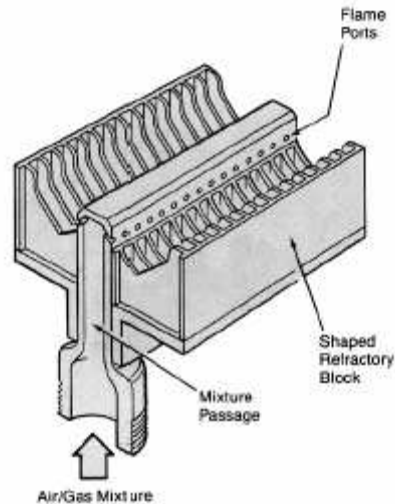


Figura 3.14 Quemador infrarojo

- **Quemadores de tubos radiantes**

Este tipo de quemador es de premezcla parcial al mismo tiempo el aire y gas se combina con un ángulo de giro, el cual le permite además de transferir calor por radiación permite un alto aprovechamiento del calor de conveccion por su propio giro. Esta especialmente diseñado para quemar dentro de tubos de acero inoxidable o cerámica y su diseño obedece a la necesidad de tener homogeneidad de temperatura a lo largo del tubo.

Se suelen aplicar principalmente para calentamiento de líquidos.

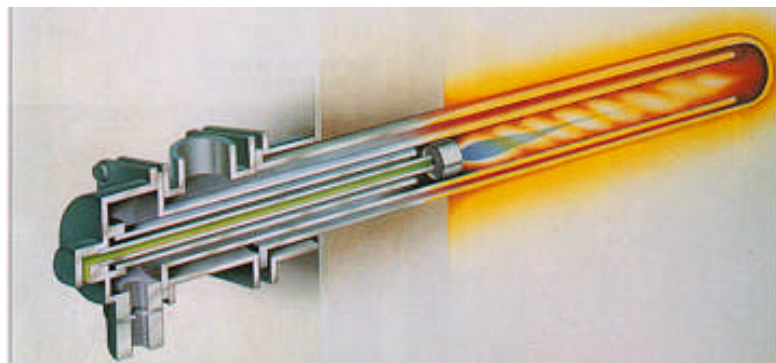


Figura 3.15 Quemador de tubo radiante

3.7.4.4 Componentes de un quemador

En la siguiente figura podemos apreciar los distintos componentes de un quemador. La composición del tren de válvulas esta definida por la norma de seguridad y depende de la potencia del equipo.

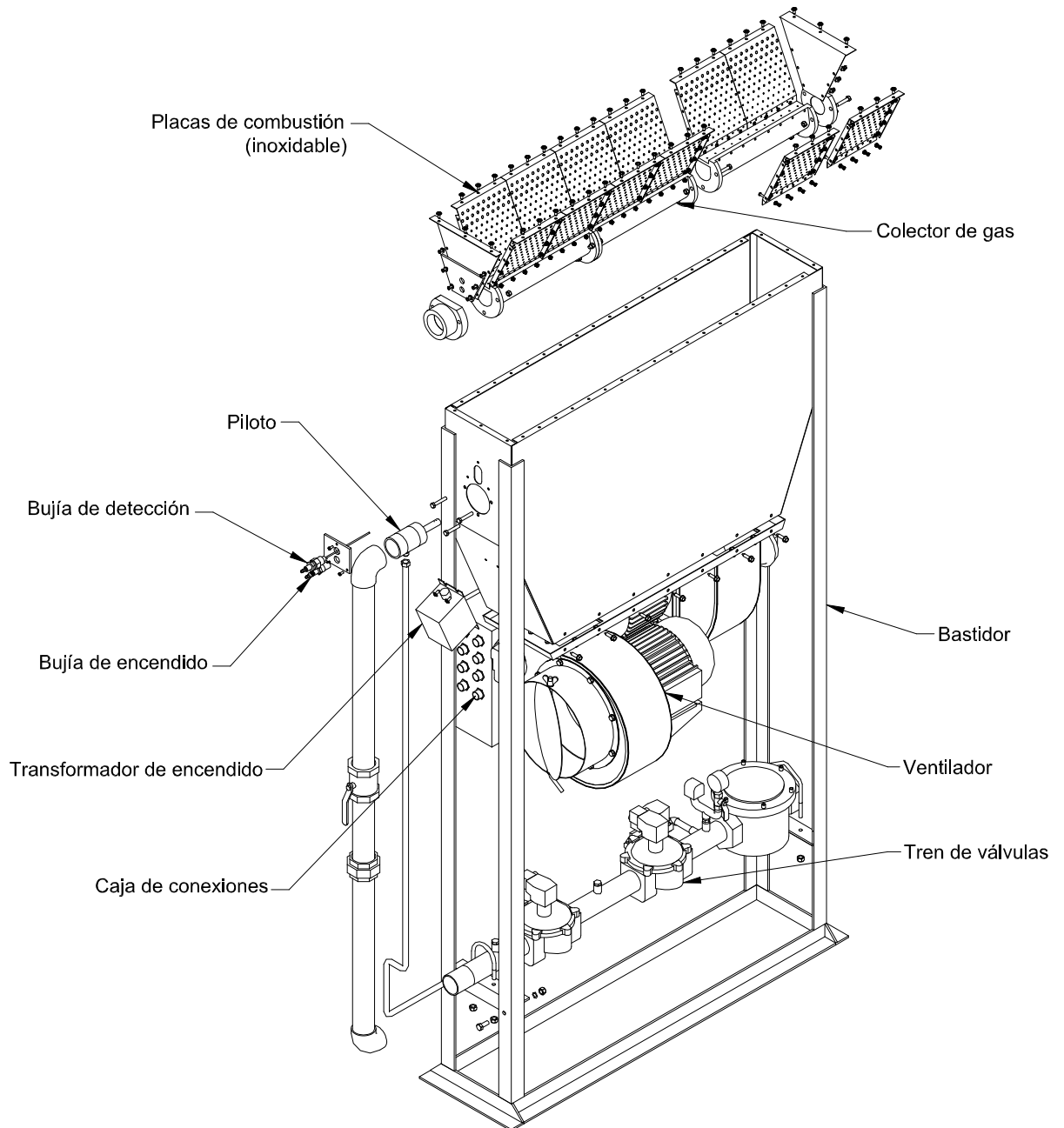


Figura 3.16 Componentes de un quemador

- **Tren de válvulas**

Los trenes de válvulas incluyen una serie de componentes de seguridad y control para el gas que alimenta el quemador. Se construyen y proveen de separada o en unidades premontadas. Los elementos de seguridad están diseñados de acuerdo a la potencia térmica del equipo en cuestión y están regidos por los códigos internacionales como son: ASME CSD-1, NFPA 8501 y IRI.

Los componentes principales de un tren de válvulas son los siguientes:

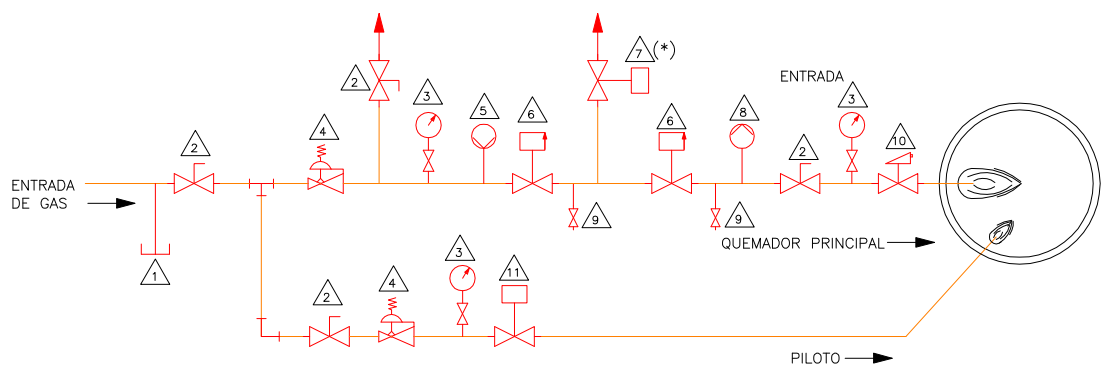
Válvula automática de seguridad: Cierra automáticamente cuando se detecte una sobre-presión, una bajada de presión en la línea de gas o cualquier otra causa que altere el buen funcionamiento del quemador. Dependiendo de la capacidad del quemador pueden existir hasta dos válvulas automáticas.

Presostato de aire: Esta situado en la envolvente del ventilador, su misión es imposibilitar la ignición del gas, cuando la presión del gas no es suficiente.

Presostato de gas de baja presión: Están situado entre el regulador de presión de gas y la primera electroválvula, su misión es parar el quemador si la presión del gas desciende por debajo de un valor mínimo preestablecido.

Presostato de gas de alta presión: Esta situado después de la segunda electroválvula, su misión es parar el quemador si la presión de gas asciende por encima de un valor máximo preestablecido.

Válvula moduladora de llama: Es una válvula equipada con un motor modulante controlado por la presión de un caldero o temperatura de un horno y regula la cantidad de gas en el quemador y a través de un enlace controla la válvula mariposa de control de aire, el cual deberá estar localizado tan cerca como sea posible del quemador. Existen varias variantes con respecto a este tipo de válvula, como por ejemplo las válvulas zero o proporcionales.



- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. DRENADO | 7. VALVULA DE VENTEO NA |
| 2. VALVULA DE BLOQUEO MANUAL | 8. SWITCH DE ALTA PRESION |
| 3. MANOMETRO | 9. VALVULA PARA PRUEBA DE FUGA |
| 4. REGULADOR DE PRESION | 10. VALVULA MODULADORA DE LLAMA |
| 5. SWITCH DE BAJA PRESION | 11. VALVULA DE SEGURIDAD DE PILOTO |
| 6. VALVULA DE SEGURIDAD PRINCIPAL | |

(*) En algunos casos puede ser una válvula de alivio.

Figura 3.17 Esquema del Tren de Válvulas de un quemador



Figura 3.18 Tren de válvulas instalado de un quemador

- ***Ventilador***

Los ventiladores son capaces de proporcionar energía al aire de la combustión, aumentando la presión o la velocidad, por medio de un elemento rotatorio. Los ventiladores centrífugos abarcan una caja que contiene un rodete cubierto tangencialmente por alabes, el cual gira a través de un eje que está apoyado sobre cojinetes. En este tipo de ventiladores el aire entra a lo largo de la dirección del eje y la salida es tangencial al rodete del ventilador. El eje está generalmente conectado a un motor eléctrico mediante juntas o indirectamente por medio de fajas y poleas. Asimismo los alabes del rodete pueden tener diferentes orientaciones, produciendo diferentes efectos.

La selección de los ventiladores, se hacen en base a las necesidades específicas de la instalación, siendo los parámetros fundamentales los siguientes:

- Caudal de aire
- Temperatura del aire de la combustión
- Depresión en la cámara de combustión
- Nivel de ruido máximo permitido

En algunos casos cuando los ventiladores requieran una velocidad de rotación variable, se suelen usar un inversor, el cual permite ahorrar energía.

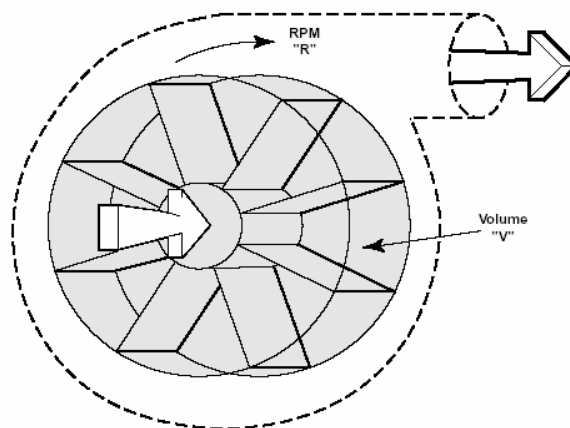


Figura 3.19 Ventilador centrífugo

- **Sistema de detección de llama**

Consiste en un conjunto de elementos que permiten verificar la presencia de llama, tanto en el quemador principal, como en el piloto.

Consta de dos partes principales:

- Detector de llama
- Rele de llama

Detector de llama. Los detectores de llama pueden ser :

- Térmicos (Termocuplas)
- Sonda de ionización
- Célula fotoeléctrica

La sonda de ionización consiste en un electrodo sumergido en la llama principal o piloto resistente a altas temperaturas, que detecta la llama gracias a la corriente eléctrica de ionización producida por las altas temperaturas de la llama. De modo entonces, que al apagarse la llama cesa la circulación de corriente, lo que provoca el cierre de la válvula de seguridad.

La célula fotoeléctrica consiste en la detección de llama por radiación, provocada sobre un elemento sensible que se denomina fotocélula o célula fotoeléctrica. Estos detectores se basan en la captación de las radiaciones que se producen en el proceso de combustión, pudiendo actuar de acuerdo a la característica de funcionamiento, dentro de la gama infrarroja o la ultravioleta.

Rele de llama. El rele de llama es el equipo que procesa la señal de la sonda de ionización o la célula fotoeléctrica.

Para el rele de llama puede seleccionarse varias opciones:

- Rele de llama para cada quemador: si el quemador falla, solo se apagará dicho quemador.
- Rele de llama de quemador múltiple: si falla un quemador, se apagaran todos los quemadores.



Figura 3.20 Esquema instrumentación de un quemador

3.7.4.5 Funcionamiento de los Quemadores

- ***Encendido***

Los equipos pueden venir provistos con quemadores pilotos o sin ellos para el encendido del quemador principal.

Cuando se utilizan pilotos, su capacidad no debe exceder del 3% de la máxima potencia del quemador principal, su encendido y funcionamiento debe ser independiente del mismo.

El piloto a su vez puede tener un funcionamiento de tipo continuo, intermitente, e interrumpido.

Para el encendido del piloto pueden utilizarse electrodos que provocan una chispa que origina una ignición, mediante la aplicación de alta tensión en sus bornes, empleándose para ello un transformador.

Los electrodos para el encendido eléctrico de los pilotos se deben ser diseñados con materiales que no se quemen en un periodo relativamente corto, debiéndose ubicar y fijar en la posición correcta sin deformaciones mecánicas de ningún tipo, evitando la acumulación de residuos de carbón en sus bornes.

- ***Sistemas de control de temperatura***

Para regular la potencia del fuego de los quemadores, existen tres sistemas básicos que se basan en el accionamiento de una válvula automática del caudal de gas, y estos son:

- ON – OFF
- Alto y Bajo fuego

➤ **Modulante**

El tipo ON – OFF es una válvula de control de suministro de gas que intermitentemente abre o cierra el suministro, dentro de los límites prefijados de funcionamiento normal.

El tipo Alto y Bajo fuego permite controlar la válvula dentro de los límites de funcionamiento normal, obtener llama alta, baja o cerrada.

El sistema modulante es una válvula de control que regula el suministro del gas principal en todo el margen desde la posición abierta a la posición cerrada. La modulación se efectúa mediante un controlador electrónico y un motor potenciométrico.

- ***Aire para la combustión***

En el equipo de combustión, se debe introducir el aire, de modo tal que se obtenga una mezcla íntima del gas y aire, a fin de completar la combustión dentro del espacio previsto para ello.

Se deben instalar, entonces, los controles necesarios que impidan la habilitación del suministro de gas, hasta tanto no se cuente con el aire requerido para la combustión.

Para el adecuado funcionamiento de los quemadores se requiere un control sobre la mezcla aire-gas, el que puede efectuarse en forma manual o automática.

Para la regulación manual se utilizan registros de regulación que operan sobre el caudal de gas o aire circundante.

Para la regulación automática se suelen utilizar válvulas proporcionales o reguladores tipo zero.

- ***Secuencia de operación de un quemador a gas.***

Se hacen en 6 pasos fundamentales, y es como sigue:

- Prebarrido
- Verificación de presión de aire.
- Verificación de presión de gas
- Detección de llama
- Encendido automático de llama baja (piloto)
- Encendido automático de llama alta (quemador)

- ***Tiempos de seguridad del quemador***

- Prebarrido: 45s
- Tiempo de seguridad al encendido: $\leq 5s$
- Tiempo de seguridad al apagado: $\leq 1s$
- Cierre de válvulas automáticas: $\leq 2s$
- Falla de llama: $\leq 1s$
- Falta de aire: $\leq 1s$

PROYECTO DE CONVERSION A GAS NATURAL

4.1 Descripción de los actuales sistemas térmicos de la planta

4.1.1 Sistema de generación de vapor

A grandes rasgos el sistema de vapor de la planta esta conformado por los siguientes componentes:

- 02 Calderas de Vapor
- Tuberías de Distribución de vapor
- Tuberías d retorno de condensado

- ***Calderas de Vapor***

Las calderas con que cuenta la Planta textil son del tipo pirotubular una es de 3 pasos y la otra de 4 pasos respectivamente. Actualmente las calderas

utilizan el Residual 500 como combustible, el cual es suministrado desde un tanque diario común a las 2 unidades.

Tabla 4.1 Características principales de las Calderas de Vapor

Característica	Caldera N° 1	Caldera N° 2
Marca	Distral	Cleavers Brooks
Modelo	3HWBS600200	CB 400-800-150
Capacidad (BHP)	600	800
Superficie de calentamiento (pie ²)	3000	4000
Presión de trabajo máximo (PSI)	200	200
Año de fabricación	1987	1999

Las calderas de vapor consumen Residual 500 en operación normal y Residual 4 solamente en los arranques después de paradas prolongadas y antes de las mismas paradas.

Se cuenta con un tanque de almacenamiento de R-500 de 19 000 galones ubicado en el sótano y un tanque diario de 370 galones ubicado en una de las salas de la caldera, el cual alimenta simultáneamente a las 2 calderas.

- ***Distribución de Vapor y Retorno de Condensado***

Las tuberías de distribución de vapor y retorno de condensado de la planta fueron cambiados totalmente en 1998, contándose desde entonces con una nueva red de tuberías, accesorios y aislamiento entre la sala de calderas y los usuarios de vapor.

La distribución de vapor se realiza a la presión de generación de las calderas (100 – 120 psi), reduciéndose solamente a 10 psi para el área de la cocina de colorantes y a unos 30 psi para calentamiento de combustible Residual 500.

El recorrido troncal de vapor es totalmente en nivel alto, de la cual se derivan las ramificaciones verticales a las maquinas usuarias de vapor. El retorno de condensado es por nivel alto también y mediante la misma presión de vapor antes de las trampas.

El material de aislamiento de tuberías en general es de lana de vidrio, recubierto con chapa de acero inoxidable como protección.

- ***Usuarios de Vapor***

Los usuarios de vapor están conformados por diversas maquinas que lo utilizan para fines de calentamiento como parte de los procesos y/o operaciones que se realizan en cada una de ellas. En la Tabla 4.2, se incluye la lista de todos los usuarios de vapor de la planta, además de información complementaria como su consumo de vapor.

Tabla 4.2 Usuarios de vapor de la Planta Textil

Item	Area	Maquinas	Calentamiento	Presion de Trabajo (PSI)	Retorno de Condensado
1	Tintorería Tela	Brazzoli 50 kg	Vapor indirecto	110	Si
2	Tintorería Tela	Brazzoli 50 kg	Vapor indirecto	110	Si
3	Tintorería Tela	Brazzoli 150 kg	Vapor indirecto	110	Si
4	Tintorería Tela	Brazzoli 150 kg	Vapor indirecto	110	Si
5	Tintorería Tela	Brazzoli 300 kg	Vapor indirecto	110	Si
6	Tintorería Tela	Brazzoli 300 kg	Vapor indirecto	110	Si
7	Tintorería Tela	Brazzoli 300 kg	Vapor indirecto	110	Si
8	Tintorería Tela	Brazzoli 300 kg	Vapor indirecto	110	Si
9	Tintorería Tela	Brazzoli 450 kg	Vapor indirecto	110	Si
10	Tintorería Tela	Brazzoli 450 kg	Vapor indirecto	110	Si
11	Tintorería Tela	Brazzoli 900 kg	Vapor indirecto	110	Si
12	Tintorería Tela	Colorado	Vapor indirecto	110	Si
13	Tintorería Tela	Mercenizadora	Vapor indirecto	110	Si
14	Tintorería Tela	Acabados	Vapor directo	110	No
15	Tintorería Tela	Acabados	Vapor directo	110	No
16	Tintorería Tela	Acabados	Vapor directo	110	No
17	Tintorería Hilos	Autoclave 25 kg	Vapor indirecto	110	Si
18	Tintorería Hilos	Autoclave 50 kg	Vapor indirecto	110	Si
19	Tintorería Hilos	Autoclave 100 kg	Vapor indirecto	110	Si
20	Tintorería Hilos	Autoclave 200 kg	Vapor indirecto	110	Si
21	Tintorería Hilos	Autoclave 300 kg	Vapor indirecto	110	Si
22	Tintorería Hilos	Autoclave 400 kg	Vapor indirecto	110	Si
23	Tintorería Hilos	Autoclave 500 kg	Vapor indirecto	110	No (*)
24	Tintorería Hilos	Secadora Then	Vapor indirecto	110	Si
25	Tintorería Hilos	Secadora Moline	Vapor indirecto	110	Si

(*) Por problemas de corrosión y fatiga de serpentín.

4.1.2 Sistema de calderos de aceite térmico

El sistema de radiadores de aceite térmico esta compuesto fundamentalmente por los siguientes componentes:

- 02 calderos de aceite térmico de 930 KW y 1450 KW.
- Tanques de almacenamiento de aceite térmico, tuberías de distribución de aceite térmico.
- Maquina Ramas

- ***Calderos de aceite térmico***

Los calderos de aceite térmico fundamentalmente proporcionan mayores temperaturas de trabajo y permiten tener mayor control sobre las mismas.

El caldero de de aceite térmico contiene fundamentalmente los siguientes componentes:

- Una cámara de combustión
- Un quemador modulante
- Chimenea vertical
- Tuberías de conducción de aceite térmico
- Bombas para aceite térmico
- Presostatos, termocuplas.
- Tablero de control

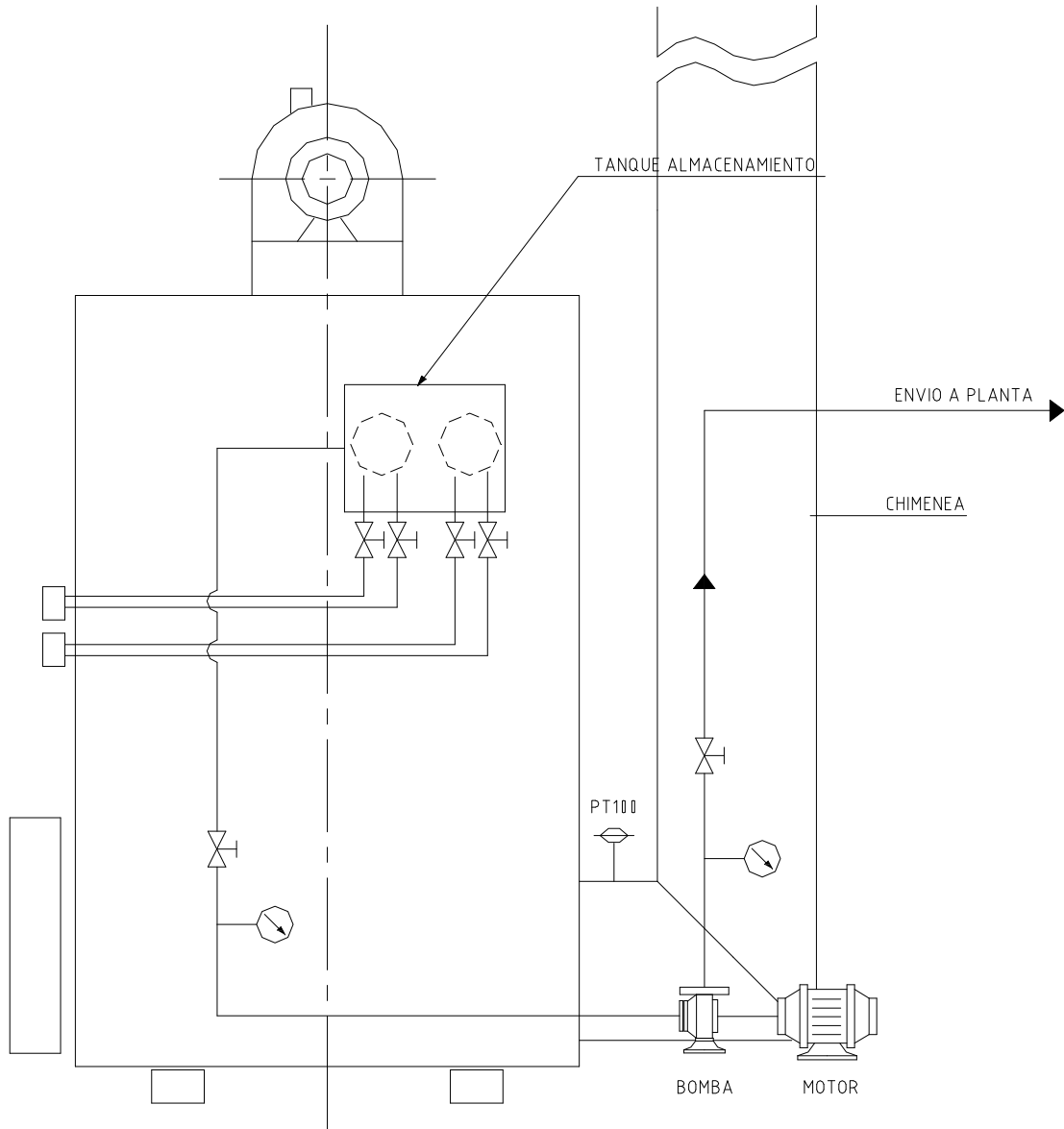


Figura 4.1 Caldero de aceite térmico

- **Maquina Rama**

La maquina Rama se utiliza para dar un acabado final al tejido de punto. Su función principal es darle el secado final a la tela y la vez de fijarle un ancho final a la tela.

La parte fundamental de la maquina Rama es la cámara de secado que se compone de 3 compartimientos. Cada compartimiento individual se equipa de un grupo de ventiladores, una caja de compresión, toberas, filtros colectores, una mariposa de reglaje de intensidad de aire, mariposa de estrangulación, rieles de cadena y el sistema de variación de ancho para los rieles de cadena.

El funcionamiento de la cámara de secado es como sigue: El aire caliente es impulsado por los ventiladores a la caja de compresión. En el interior de la caja de compresión el volumen de aire se distribuye regularmente sobre todas las toberas. La mariposa de estrangulación incorporada en la caja de compresión les permite ajustar separadamente la velocidad del aire superior y el aire inferior a la salida de las toberas. El aire propulsado por las toberas sobre la capa de tejido pasa luego a través de filtros –colectores y se dirige finalmente a la zona de calefacción de la cámara de aspiración. La mariposa de reglaje de intensidad de aire ubicada al lado de aspiración del grupo de ventiladores sirve para dosificar el volumen de aire circulado y suprime el riesgo de que algunas marcas se presenten sobre el tejido al paro de la cadena. En este momento la mariposa se cierra automáticamente.

A la salida de la cámara de secado hay una zona de enfriamiento para enfriar el tejido de aire ambiente antes de que los procesos de plegado y enrollado se realicen.

El aire húmedo de la maquina se extrae por un ventilador – exhaustor central.



Figura 4.2 Máquina Rama

4.1.3 Sistema de almacenamiento y suministro de GLP

El sistema de GLP cuenta básicamente con los siguientes componentes:

- Tanque de almacenamiento
- Vaporizador de GLP
- Redes de Tuberías

El tanque de almacenamiento de GLP tiene una capacidad de 5 500 galones, cuyo propietario es la empresa Repsol/Solgas, y esta ubicado cerca de la puerta posterior de la planta.



Figura 4.3 Tanque de GLP de 5500 galones

El vaporizador que cuenta el sistema es de tipo fuego directo y de la marca Algas, modelo 80/40 y de capacidad de 7.28 MMBTU/h. La presión de suministro a la salida del vaporizador es de 0.8 barg.

El sistema de GLP no cuenta actualmente con un Decantador aguas arriba del vaporizador, siendo recomendable su uso para poder retener los aceites grasos que suelen venir con el GLP.

Las tuberías y accesorios del sistema de GLP actualmente son de acero galvanizado y todas sus uniones son del tipo roscado, excepto el ramal de

tubería que alimenta la cocina, el cual es de bronce de 1/2 " de diámetro. La tubería troncal es de 1 ¼" de diámetro nominal.

En la figura 4.3 se muestra el sistema de GLP actual de la planta textil.

Los usuarios de GLP son los siguientes:

- Los sistemas pilotos de los quemadores de las calderas de vapor.
- Los quemadores de la Máquina secadora Heliot.
- La cocina del comedor principal.
- Terma a gas en el área de Aseguramiento de la calidad

.

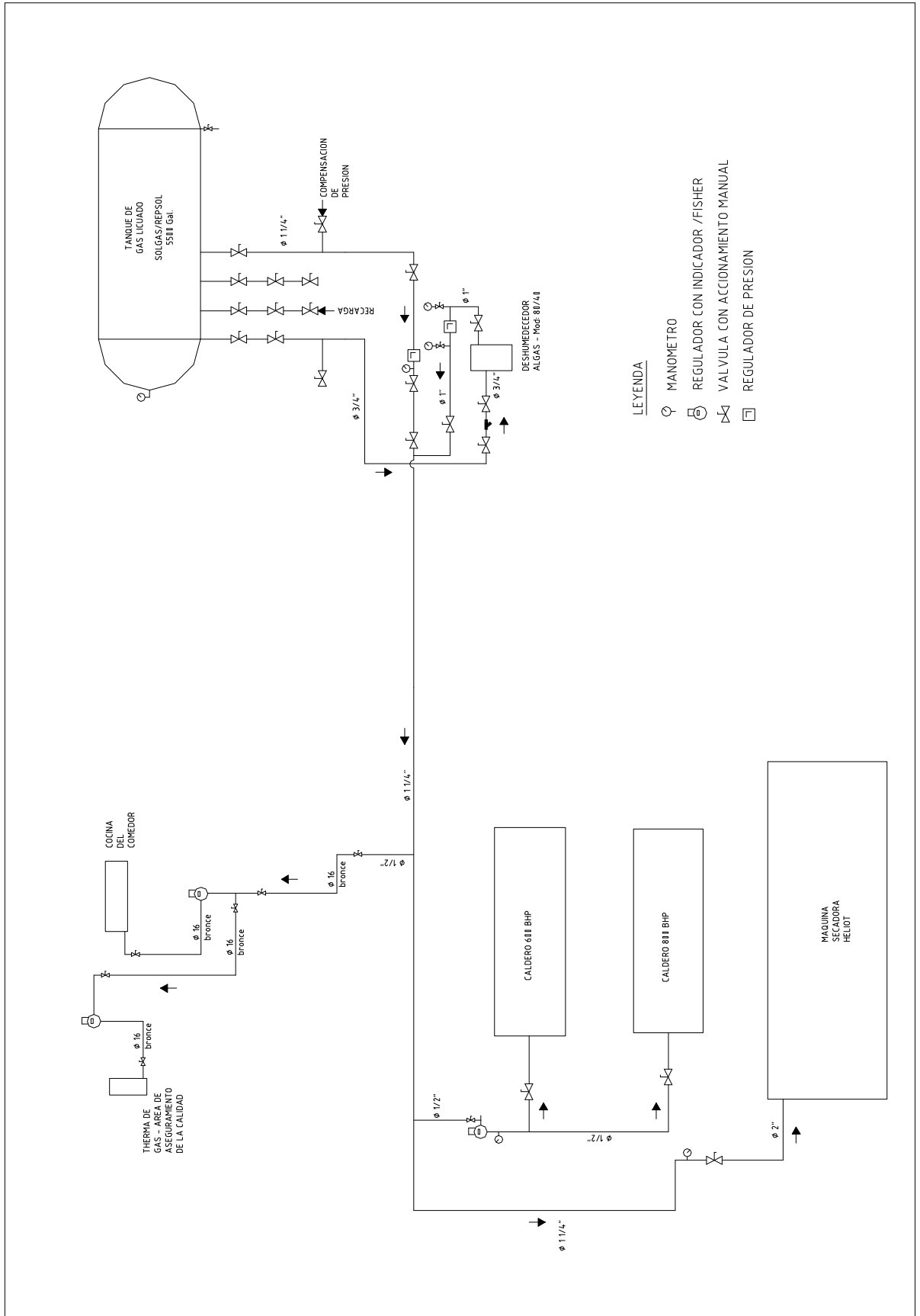


Figura 4.4 Sistema de GLP actual de la Planta

4.2 Propuesta para la reconversión a Gas Natural de los equipos de combustión

4.2.1 Lista de Aplicaciones

- **APLICACIONES ACTUALES**

Aplicación 1: Generador de Vapor 600 BHP

Aplicación 2: Generador de vapor 800 BHP

Aplicación 3: Caldero de aceite térmico 930 KW.

Aplicación 4: Caldero de aceite térmico 1450 KW.

Aplicación 5: Secadora de tela Heliot

Aplicación 6: Grupo electrógeno 600 KW.

Aplicación 7: Servicios – Cocina

Aplicación 8: Servicios – Termas

- **APLICACIONES FUTURAS**

Aplicación 9: Secadora de cuellos

Aplicación 10: Rama de 7 campos

Aplicación 11: Grupo electrógeno: 2 MW

4.2.2 Conversión a Gas Natural

4.2.2.1 Aplicación 1: Generador de vapor de 600 BHP

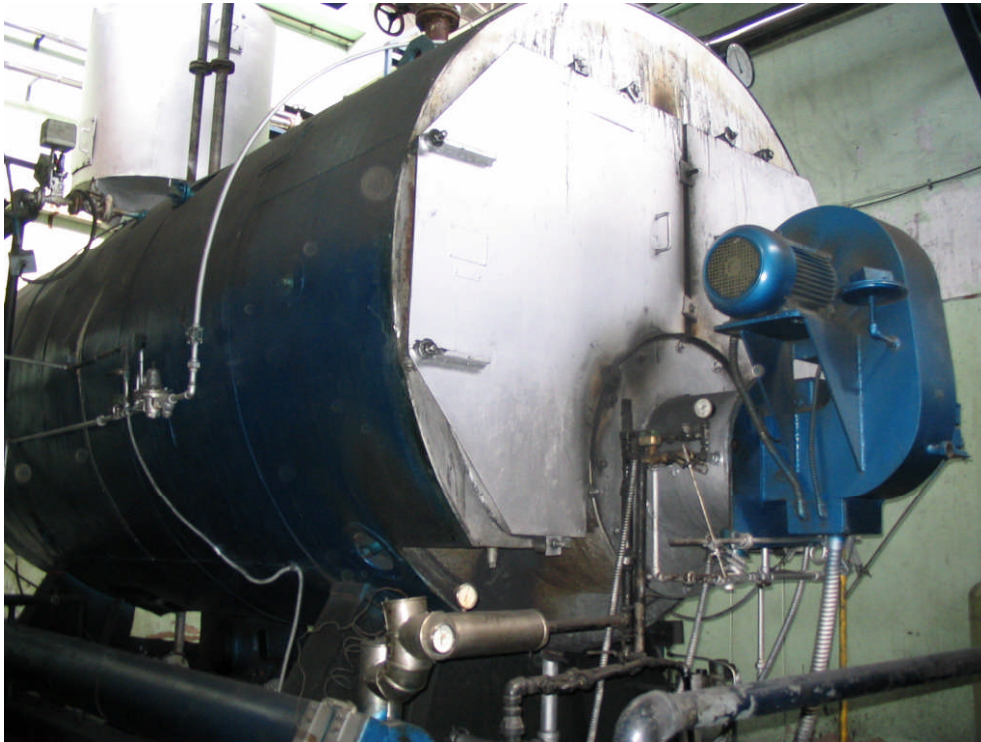


Figura 4.5 Generador de Vapor 600 BHP

ESPECIFICACIONES TECNICAS

• Características Generales

Fabricante	:	Distral
Modelo	:	3HWBS-600-200
Diseño	:	Pirotubular
Año de Fabricación	:	1987

• Características de Diseño

Caballos de Vapor	:	600 BHP
Producción de vapor	:	20600 Lb/h.
Presión máxima de trabajo	:	200 PSI

Superficie de calentamiento	:	3000 pies ²
Numero de pasos	:	3
Eficiencia térmica	:	84%

- **Quemador**

Numero de quemadores	:	1
Tipo	:	Tiro forzado
Fabricante	:	
Modelo	:	
Capacidad	:	
Sistema de control	:	Modulante

- **Combustible**

Combustible usado	:	Residual 500
Consumo de combustible	:	

- **Cámara de combustión:**

Depresión	:	80 mbar
Largo	:	4.5 m
Diámetro	:	1.08 m

- **Datos de operación**

Presión de agua de alimentación	:	125 PSI
Temperatura de agua de alimentación	:	92 °C
Presión de vapor saturado	:	125 PSI
Temperatura de vapor saturado	:	178°C
Temperatura de entrada de combustible	:	50 °C
Temperatura de salida del combustible	:	100 °C

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL

- **Determinación de la eficiencia actual de la Caldera**

La información proporcionada por el Analizador de Gases “TESTO”, es el siguiente:

Tabla 4.3 Resultados del analizador de gases

Parámetro	Designación	Unidad	Llama alta	Llama Baja
FT	Temperatura de gases de combustión	°C	237.80	189.40
AT	Temperatura del ambiente	°C	38.50	38.50
λ	Exceso de aire		1.13	1.01
O2	Porcentaje de O2	%	11.10	0.20
CO2	Porcentaje de CO2	%	7.06	15.78
CO	Porcentaje de CO	%	42.00	4697.00
η	Eficiencia de la combustión	%	83.7	94.1
uCO	PPM de CO	ppm	89.00	4732.00

Para determinar la eficiencia térmica del Generador de vapor por el método indirecto se usa la siguiente relación:

$$\eta_t = 100 - \% \text{ Perdidas de Gas Seco} - \% \text{ Inquemados} - \\ \% \text{ Perdidas por radiación y conveccion} - \% \text{ Perdidas en Purgas} \\ \dots(4.1)$$

Luego usando la relación 4.1, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 4.5 Cálculo de la eficiencia térmica del Caldero

%Perdidas	Llama Alta	Llama Baja
Pérdida Gas Seco %	13.940	5.390
Perdidas en inquemados (Estimado)	0.5	3
Pérdidas por radiación y convección (tablas ABMA)	2.5	4.5
Perdidas por purgas	6.29	5.93
Perdidas totales	23.230	18.820
Eficiencia del Caldero con respecto al PCI (%)	80.83	85.47

Situación actual del Equipo

- Existe una mala regulación aire/combustible en el quemador. El valor recomendado de las ppm de CO, debe oscilar entre 200 y 500 ppm. Esto produce inquemados en la chimenea (hollín).
- El valor recomendado de la temperatura de los gases de combustión debe ser 250°C como máximo y 170°C como mínima aproximadamente.
- El valor recomendado de la eficiencia térmica de la caldera en llama alta debe oscilar entre 84 a 85%.
- La superficie metálica de la chimenea se encuentra corroída actualmente, debido a la alta presencia de Óxidos de Azufre (SOx) en los gases de combustión.
- La producción de vapor real con respecto al valor de diseño es menor. Solo produce el 45% de su capacidad máxima, lo que implica que el quemador no cumple con las características de diseño para la capacidad

de la caldera. Esto es debido a la mala repotenciación que ha tenido la caldera de vapor en 1998.

DETERMINACION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL Y DIESEL 2

La caldera de Vapor usará Gas Natural como combustible principal y Diesel 2 como combustible de respaldo.

Se tomara como eficiencia de la caldera lo siguiente:

Eficiencia con R500 con respecto al PCI : 80.83%

Potencia Calorífica Requerida : 20.08 MMBTU/h

El consumo equivalente de Gas Natural se calcula según la siguiente relación:

$$Q = \frac{P_n}{PCI} \dots(4.2) \quad \text{ó}$$

$$Q = \frac{P_u}{\eta \cdot PCI} \dots(4.3)$$

Donde:

Q = Caudal estándar volumétrico (Sm³/h)

P_n = Potencia nominal del equipo

P_u = Potencia útil requerido

PCI = Poder calorífico superior, referido a la unidad de volumen.

(34.387 MBTU/Sm³)

η = Eficiencia térmica del equipo

Luego:

Flujo de gas natural requerido es: **653 Sm³/h.**

Caudal equivalente para Diesel 2 es: **188.2 gal/h.** (PCI = 138.62 MBTU/h)

PROPUESTA DE CONVERSION

Luego de ser sometido el equipo a un diagnostico, enseguida se recomienda su reconversión:

- **Quemador**

Cambiar el quemador actual de R-500 por un quemador tipo dual Gas natural/Diesel 2, con las siguientes características:

Tipo	:	Monotobera con ventilador independiente.
Alimentación de combustible	:	Dual (Gas Natural – Diesel 2)
Tipo de atomización de Diesel 2:	:	Copa rotativa
Capacidad	:	24 MMBTU/h 7.1 MW
Tipo de control	:	Modulante
Grado de modulación	:	6:1 (mínimo)

Asimismo el quemador debe tener bajas emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), cuando opera con Diesel 2.

El quemador se debe suministrar con el sistema de control, ventilador de aire de combustión y con el tren de válvulas de gas y de combustible líquido respectivo. El tren de válvulas para gas deberá ser de acuerdo a la norma NFPA 8501. Ver plano GN -1-006

Opcionalmente se recomienda instalar un sistema de corrección de la combustión, en función de la medición de los gases de escape.

Marcas sugeridas: Saake, Baltur, Weishaupt, Coen

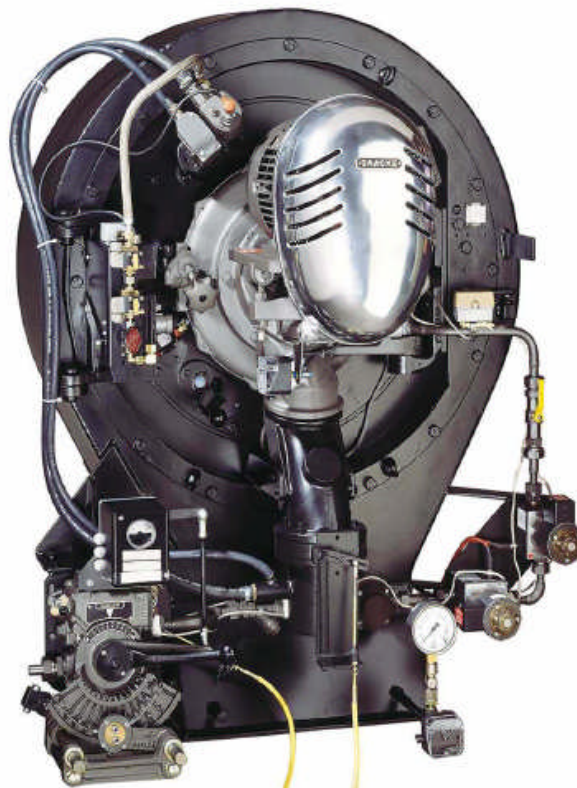


Figura 4.6 Quemador Dual Gas Natural / Diesel 2

Recomendaciones para la Conversión

- Verificar todos los componentes relacionados al vapor y sus funciones.
- Limpiar los tubos de los gases de combustión de la caldera.
- Reparación del refractario en la cámara de combustión del quemador
- Quitar el quemador existente y el equipamiento de petróleo residual.
- Se sugiere reducir la presión máxima de trabajo a 100 psi y la mínima a 90 psi, debido a que las maquinas en general requieren vapor a una presión de 87 psi, por lo cual se reduciría el consumo de combustible.
- Se debe implementar un transmisor de presión, en la caldera, para proveer la señal para el control de la demanda de fuego del quemador.
- Adaptar la placa delantera del quemador, para el acoplamiento en el hogar.
- Renovar el tablero de control.

4.2.2.2 Aplicación 2: Generador de Vapor de 800 BHP



Figura 4.7 Generador de Vapor 800 BHP Cleavers Brooks

ESPECIFICACIONES TECNICAS

• **Características Generales**

Fabricante	:	Cleaver Brooks
Modelo	:	CB 400-800
Diseño	:	Pirotubular
Año de Fabricación	:	1992

• **Características de Diseño**

Caballos de Vapor	:	800 BHP
Producción de vapor	:	27 600 Lb/h.
Presión máxima de trabajo	:	150 PSI
Superficie de calentamiento	:	4 000 pies ²

Numero de pasos	:	4
Eficiencia térmica	:	84.5 %
• Quemador		
Numero de quemadores	:	1
Tipo	:	Tiro forzado
Fabricante	:	Cleaver Brooks
Modelo	:	
Capacidad	:	
Eficiencia de la combustión	:	
Sistema de control	:	Modulante
• Combustible		
Combustible usado	:	Residual 500
Consumo de combustible	:	
• Cámara de combustión		
Depresión	:	
Largo	:	5.8 m
Diámetro	:	1.14 m
Temperatura de chimenea	:	
Diámetro de chimenea	:	61 cm
Largo de chimenea	:	1.6 m

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL

DETERMINACION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL Y DIESEL 2

La caldera de Vapor usará Gas Natural como combustible principal y Diesel 2 como combustible de respaldo.

La eficiencia proporcionada por la planta es el siguiente:

Eficiencia de la Caldera reportada	:	84.5%
Potencia Calorífica Requerida	:	26.7 MMBTU/h

Luego:

Flujo de gas natural requerido será: **833 Sm³/h.**

Caudal equivalente para Diesel 2 será: **226.6 gal/h.** (PCI = 138.62 MBTU/h)

PROPUESTA DE CONVERSION

Para la conversión a Gas natural de esa caldera, se recomienda utilizar el Kit de conversión Dual que suministra el fabricante, el cual consta de lo siguiente:

- Tren de válvulas para Gas Natural
- Equipo de bombeo y filtrado para el Diesel 2
- Sistema de control

- Diagrama de cableado
- Accesorios adicionales



Figura 4.8 Kit de Conversión Cleavers Brooks

Solo es necesario implementar la estación secundaria de regulación para poder suministrar una presión de 12 a 60 "WC al tren de válvulas

4.2.2.3 Aplicación 3: Caldero de aceite térmico 930 kW



Figura 4.8 Caldero de aceite térmico 930 kW

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- **Características Generales**

Fabricante : Konus - Kessel

Modelo : KV-0.8-1/25

Año de Fabricación : 1981

- **Características de Diseño**

Tipo de Fluido : Aceite térmico

Presión máxima : 10 barg

Temperatura máxima : 300 °C

Eficiencia térmica : 80%

- **Quemador**

Numero de quemadores : 1

Tipo :
 Fabricante : Weishaupt
 Modelo : L7Z
 Capacidad :
 Sistema de control : Modulante

- **Combustible**

Combustible usado : Residual 4
 Consumo de combustible :

- **Cámara de combustión**

Depresión : mmWC
 Largo : 2 m
 Diámetro : 0.5 m

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL

- **Determinación de la eficiencia actual de la Caldera**

La información proporcionada por el Analizador de Gases "TESTO", es el siguiente:

Tabla 4.5 Resultado del Analizador de Gases

Parámetro	Designación	Unidad	Llama alta
FT	Temperatura de gases de combustión	°C	256.70
AT	Temperatura del ambiente	°C	31.80
λ	Exceso de aire		1.05
O2	Porcentaje de O2	%	8.80
CO2	Porcentaje de CO2	%	14.50
CO	Porcentaje de CO	%	87.00
η	Eficiencia de combustión	%	90.78
uCO	PPM de CO	ppm	91.00

Para determinar la eficiencia térmica del caldero, usamos la ecuación 4.1. Luego tenemos la siguiente tabla:

Tabla 4.6 Cálculo de la eficiencia térmica del Caldero

%Perdidas	Llama Alta
Pérdida Gas Seco %	7.980
Perdida en inquemados (Estimado)	0.1
Pérdidas por radiación y convección (tablas ABMA)	5
Perdidas por purgas	6.1
Perdidas totales	19.180
Eficiencia del Caldero respecto al PCI(%)	85.27

Situación actual del Equipo

- La regulación aire/combustible es optima.
- Si bien existe una buena eficiencia del equipo, mas no es así en el asilamiento de las tuberías del aceite térmico.

DETERMINACION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL

Se tomara como eficiencia de la caldera lo siguiente:

Eficiencia con respecto al PCI : 85.27%

Potencia Calorífica Requerida : 930 KW

Aplicando la formula 4.3, se tiene lo siguiente:

Flujo de gas natural requerido es: **103 Sm³/h.**

PROPUESTA DE CONVERSION

Luego de ser sometido el equipo a un diagnostico, enseguida se recomienda su reconversión:

- **Quemador**

Cambiar el quemador actual por un quemador a gas natural con las siguientes características:

Tipo	:	Paquete Monotobera
Alimentación de combustible	:	Gas natural
Capacidad	:	4.2 MMBTU/h 1 221kW
Tipo de control	:	Modulante
Grado de modulación	:	4:1 recomendado

El quemador se debe suministrar con el sistema de control y con el tren de válvulas respectivo, el cual debe estar de acuerdo a la Norma NFPA 8501.

Marcas Sugeridas: Baltur, Saake, Riello, Weishaupt.



Figura 4.10 Quemador a Gas Natural

- **Recomendaciones para la Instalación**

- Verificar todos los componentes relacionados al Sistema de aceite térmico.
- Limpiar los tubos de gases de combustión del caldero de aceite térmico
- Adaptar la placa delantera del quemador, para el acoplamiento en el hogar.
- Instalar el nuevo quemador de gas natural
- Implementar un transmisor de temperatura, para proveer la señal para el control de la demanda del fuego del quemador.
- Adaptar o renovar el tablero de control

4.2.2.4 Aplicación 4: Caldero de aceite térmico 1453 kW



Figura 4.11 Caldero de aceite térmico 1453 kW

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- **Características Generales**

Fabricante : Konus - Kessel
Modelo : KV-1-2.5/25
Año de Fabricación : 1989

- **Características de Diseño**

Tipo de Fluido : Aceite térmico
Presión máxima : 10 barg
Temperatura máxima : 300 °C
Eficiencia térmica : 80%

- **Quemador**

Numero de quemadores : 1
 Tipo :
 Fabricante : Weishaupt
 Modelo : L7Z
 Capacidad :
 Sistema de control : Modulante

- **Combustible**

Combustible usado : Residual 4
 Consumo de combustible :

- **Cámara de combustión**

Depresión : mmWC
 Largo : 2.5 m
 Diámetro : 0.5 m

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL

Tabla 4.7 Resultado del Analizador de Gases

Parámetro	Designación	Unidad	Llama alta
FT	Temperatura de gases de combustión	°C	255.60
AT	Temperatura del ambiente	°C	31.90
λ	Exceso de aire		1.05
O2	Porcentaje de O2	%	5.80
CO2	Porcentaje de CO2	%	15.13
CO	Porcentaje de CO	%	89.00
η	Eficiencia de combustión	%	90.83
uCO	PPM de CO	ppm	93.00

Para determinar la eficiencia térmica del caldero, usamos la ecuación 4.1. Luego tenemos la siguiente tabla:

Tabla 4.8 Cálculo de la eficiencia térmica del Caldero

%Perdidas	Llama Alta
Pérdida Gas Seco %	7.940
Perdida en inquemados (Estimado)	0.1
Pérdidas por radiación y convección (tablas ABMA)	5
Perdidas por purgas	6.2
Perdidas totales	19.240
Eficiencia del Caldero respecto al PCI(%)	85.20

DETERMINACION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL

Se tomara como eficiencia de la caldera lo siguiente:

Eficiencia con respecto al PCI : 85.2%

Potencia Calorífica Requerida : 1453 KW

Aplicando la formula 4.3, se tiene lo siguiente:

Flujo de gas natural requerido es: **162 Sm³/h.**

PROPUESTA DE CONVERSION

Luego de ser sometido el equipo a un diagnostico, enseguida se recomienda su reconversión:

- **Quemador**

Cambiar el quemador actual con un quemador tipo paquete con las siguientes características:

Tipo	:	Paquete
Alimentación de combustible	:	Gas Natural
Capacidad	:	6.5 MMBTU/h
	:	1 890 kW
Tipo de control	:	Modulante
Grado de modulación	:	4:1 mínimo.

El quemador se debe suministrar con el sistema de control y con el tren de válvulas respectivo, el cual debe estar de acuerdo a la Norma NFPA 8501.

Marcas Sugeridas: Baltur, Saake, Riello, Weishaupt.

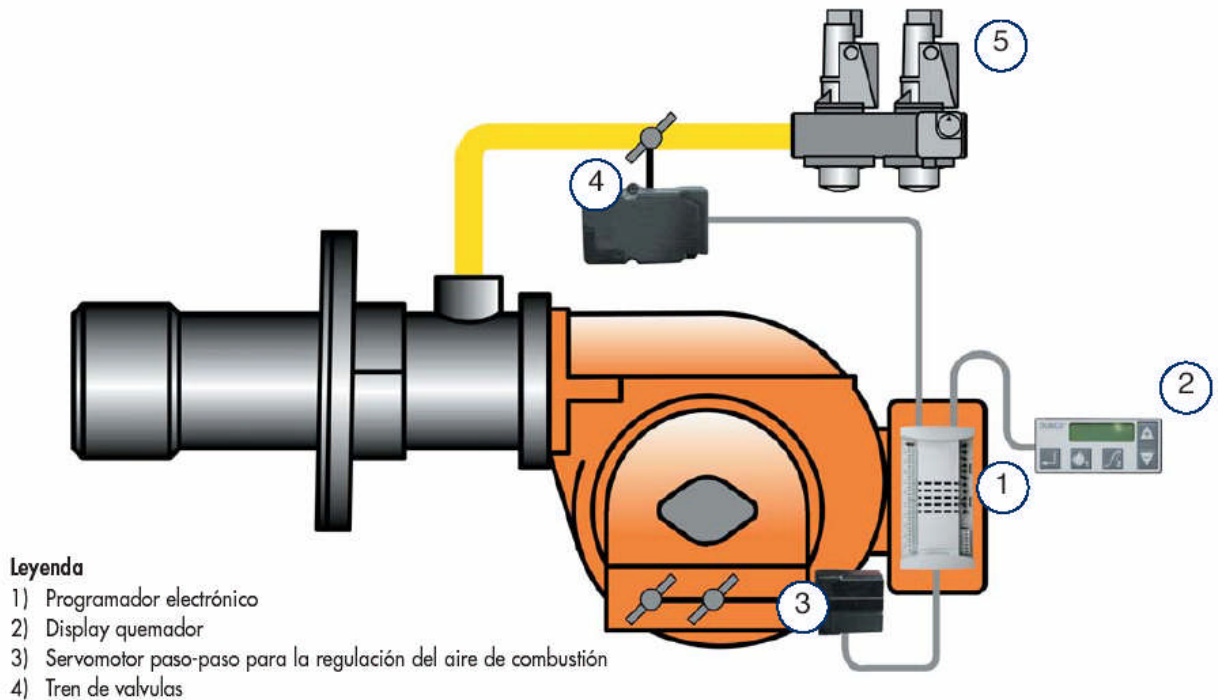


Figura 4.12 Quemador a Gas Natural para el Caldero Konus

- **Recomendaciones para la Instalación**

- Verificar todos los componentes relacionados al Sistema de aceite térmico.
- Limpiar los tubos de gases de combustión del caldero de aceite térmico
- Adaptar la placa delantera del quemador, para el acoplamiento en el hogar.
- Instalar el nuevo quemador de gas natural
- Implementar un transmisor de temperatura, para proveer la señal para el control de la demanda del fuego del quemador.
- Adaptar o renovar el tablero de control

4.2.2.5 Aplicación 5: Secadora de tela Heliot



Figura 4.13 Secadora de tela Heliot

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- **Características Generales**

Fabricante	:	Heliot
Modelo	:	DMS 05
Año de Fabricación	:	1997

- **Características de Diseño**

Tipo de Fluido	:	Aire caliente
Numero de cámaras	:	3
Capacidad de evaporación (por camara)	:	200 kg/h
Temperatura máxima	:	160 °C
Velocidad	:	0.5 – 40 m/min.
Capacidad	:	150 BHP

Eficiencia térmica : 85%

- **Quemador**

Numero de quemadores : 3
 Tipo : Mezclado en tobera (nozzle mix)
 Fabricante : Kuppersbusch
 Modelo : GLB 300 ON3D
 Capacidad : 11 – 348 KW
 Sistema de control : Modulante

- **Combustible**

Combustible usado : GLP
 Consumo de combustible :

- **Regulador de suministro**

Marca : Fischer
 Tipo : S302G
 Diámetro : 2 pulg.
 Presión regulada : 11 in WC (27.3 mbar)
 Presión de entrada máxima admisible: 1 barg
 Orificio : $\frac{3}{4}$
 Capacidad : 83 m³/h

- **Tren de Válvulas del quemador**

Solenoides 1

Marca : Dungs
 Modelo : MDV
 Función : Seguridad, corte de suministro de gas

Solenoides 2

Marca : KromSchroeder
 Modelo : RVS 232 ML 10 T 60 – 31/3
 Función : Válvula de control y seguridad.

- **Cámara de combustión**

Longitud	:	3m
Ancho	:	1.5m
Altura	:	1.8m

DETERMINACION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL

Proceso

Calor entregado al proceso (1187.42 MBTU/h) x 3) 3562.27 MBT/h

Quemador

Calor de entrada 3958.08 MBT/h

Flujo de Gas Natural requerido 104.00 Sm³/h

PROPUESTA DE CONVERSION

El quemador actual puede ser usado con Gas Natural, para ello se deberá realizar las siguientes operaciones:

- Cambiar el regulador de suministro, debido a que su capacidad no se ajusta al consumo de gas natural. Se recomienda un regulador con válvula de bloqueo incorporado
- Las válvulas solenoides instaladas en el tren de válvulas de cada quemador, han sido seleccionadas para trabajar con GLP, sin embargo es posible usarlas con Gas Natural, para ello se deberá incrementar la

presión de suministro al tren de válvulas con el fin de compensar el aumento de la caída de presión, debido al incremento del caudal con Gas Natural. Esta presión regulada debe estar entre 45 – 55 mbar.

- Las tuberías de llegada a cada quemador tiene actualmente un diámetro de 1 ½ ″, lo cual no es suficiente para trabajar con gas natural. Se requiere una tubería de alimentación de 2 ½ ″, por lo cual se deberá cambiar toda la acometida a los quemadores.

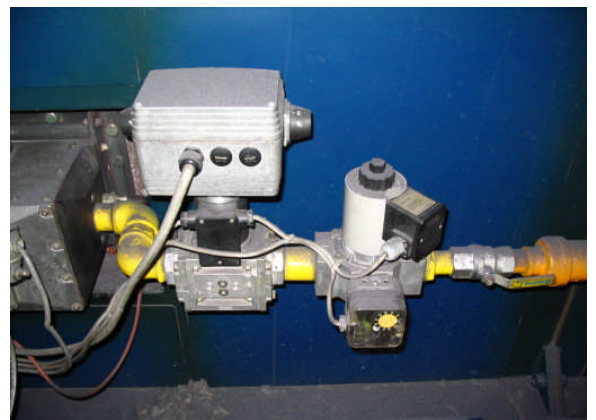
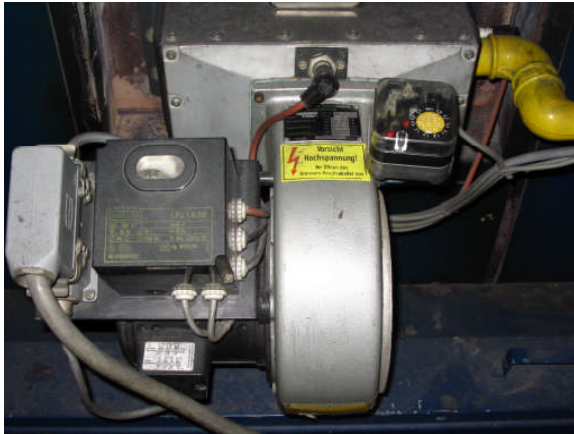


Figura 4.14 Tren de válvulas existentes del Quemador

4.2.2.6 Aplicación 6: Grupo electrógeno de 600 kW



Figura 4.15 Grupo electrógeno 600 kW

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- **Características Generales**

Fabricante : Caterpillar

Modelo : 3412 STW

Capacidad : 600 KW

Año de Fabricación : 1997

EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL

OPERACIÓN CON GAS NATURAL

El sistema trabajara con Gas Natural y Diesel 2 en una proporción de 80/20 o 70/20 Gas Natural y Diesel2.

El motivo por el cual el Grupo Electrónico no puede operar al 100% de gas natural, es debido a la muy alta temperatura de ignición del gas natural (aproximadamente 550 °C), el calor generado durante la compresión del motor diesel, no es suficiente para encender el 100% de gas natural. Es por ello que los motores de gas natural dedicados emplean generadores de chispa y un sistema de ignición para facilitar la combustión de la mezcla aire/gas natural. En contraste con la operación de un motor Bi- Fuel, una cantidad reducida de combustible Diesel actúa como una fuente de ignición para la mezcla aire-gas, denominado también como sistema piloto de encendido.

La eficiencia del sistema se mantendrá igual, según sus características se estima que será de 35%.

Consumo de Gas Natural: **108.00 Sm³/h**

PROPUESTA DE CONVERSION

Se recomienda convertir el motor Diesel a un motor Bi-fuel, que implica el 70% del combustible necesario será reemplazado por Gas Natural, que es alimentado por la admisión de aire para la combustión, y el otro 30% será de Diesel 2, que será suministrado en forma convencional.

Para la adecuación de este Sistema, se recomienda la adquisición de un Kit básico de Altronic Inc., que según el proveedor es de la siguiente serie: "SERIES II BI-FUEL KIT, 350 – 650 KW, Dual Turbo", que consta de los siguientes componentes:

- 2 Mezcladores (6")
- 1 Válvula de potencia
- Tren de válvulas (DN65)
- Panel de control electrónico (Serie 1000)
- Termocuplas con adaptadores
- Presostatos de presión
- 2 Sensores de vibración
- Skit de Componentes

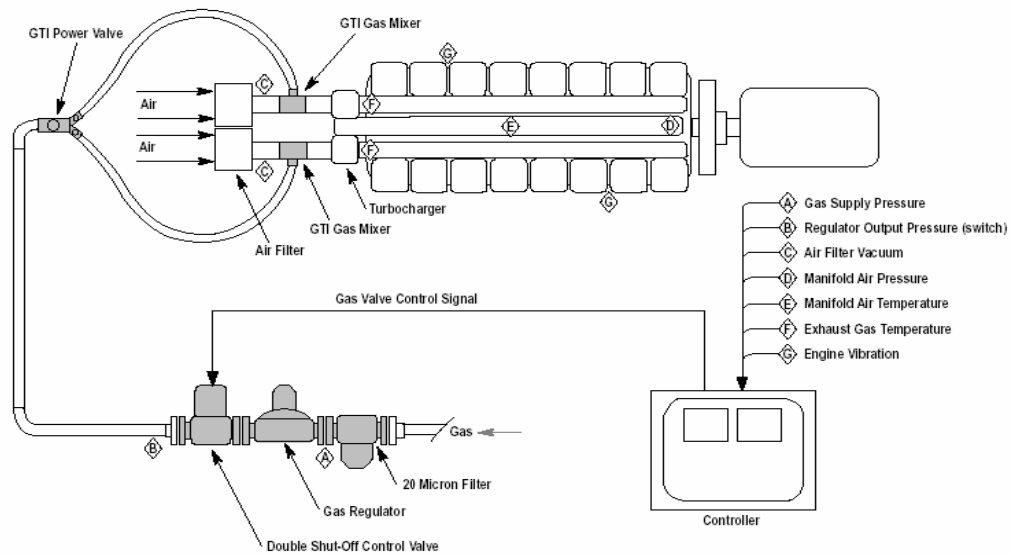


Figura 4.16 Esquema del Kit de conversión

El gas ingresa al tren de válvulas a una presión de 200 a 300 mbar, se regula la presión hasta la presión de operación, luego mediante una válvula de 2 vías o simple según sea el caso, se regula el flujo a la entrada del mezclador, el cual es una especie de turbina, que se instala en la línea de entrada de aire de combustión, en el ingreso al turbo, para luego generar la combustión.

- **Tren de válvulas y Válvula de potencia**

El tren de válvulas, consta de un filtro tipo cartucho de 20 μm , un regulador de presión, una válvula solenoide conectada con el panel de control, el cual responde a las señales que este envía, y finalmente consta de una válvula reguladora de gas.

Según el espacio la válvula reguladora puede ir directamente acoplada al tren o estar conectada mediante una manguera de gas.

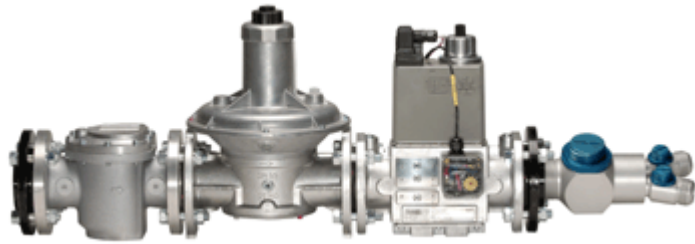


Figura 4.17 Tren de válvulas de kit de conversión

- **Mezclador (Mixer)**

El mezclador es una pieza mecanizada de Aluminio T6, que genera una baja restricción del flujo y esta diseñada para soportar la corrosión.



Figura 4.18 Mezclador

- **Panel de control**

El panel de control se basa en un controlador que proporciona el control del motor y el monitoreo avanzado de las paradas de seguridad. El sistema esta diseñado específicamente para el Sistema Bi-fuel. El panel monitorea un numero de puntos de presión y temperatura y retorna a la operación 100 % Diesel si cualquier parámetro se desvía de su rango normal de trabajo.

Adicionalmente un contador horario registra las horas de operación en el modo Bi-Fuel.

Asimismo el controlador envía alarmas en forma de mensajes ante cualquier anomalía del sistema. El controlador mantiene un registro de alarmas de alrededor de 100 eventos importantes.



Figura 4.19 Panel de control

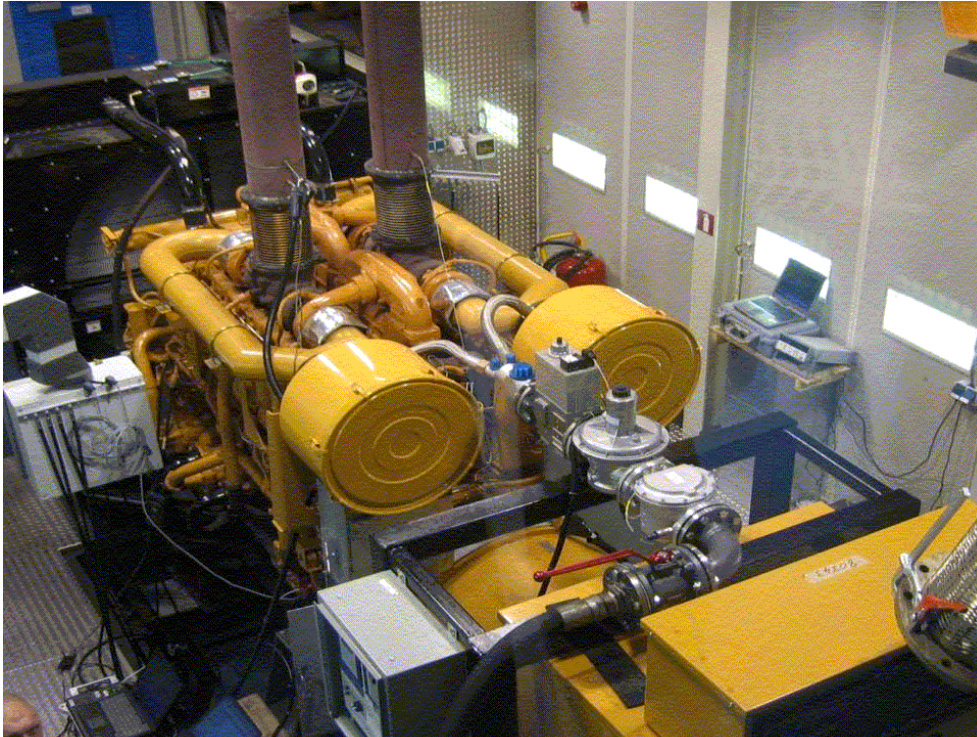


Figura 4.20 Montaje del Kit de Conversión

4.2.2.7 Aplicación 7: Servicios – cocina

El comedor dispone con los siguientes artefactos térmicos, que actualmente consumen GLP:

Tabla 4.9 Artefactos térmicos

Item	Artefacto	Consumo GLP (Nm ³ /h)	Consumo GN (Nm ³ /h)
1	Cocina Industrial		
	4 Hornillas Grandes	0.935	2.56
	4 Hornillas Medianas	0.336	0.92
	1 Horno	0.281	0.77
2	Parrilla	0.281	0.77
	Total		5.02

Luego:

Consumo de Gas Natural: 6 Sm³/h

PROPUESTA DE CONVERSION

La potencia térmica de un quemador tipo atmosférico se determina por medio de la siguiente expresión:

$$Q = k.Ds^2 \sqrt{\text{Pr}/\rho} . PCS \quad \dots(4.4) \quad \text{ó}$$

$$Q = k.Ds^2 \sqrt{\text{Pr}} . W \quad \dots(4.5)$$

Donde:

Q = Potencia térmica en kcal/h

Ds = Diámetro a la salida del inyector en mm

Pr = Presion relativa del gas en mm H₂O

PCS = Poder calorifico superior del gas en kcal/Nm³

ρ = Densidad relativa del gas natural.

W = Indice de Woobe del gas en kcal/Nm³

k = Factor de descarga x 0.01139

Debido a que la potencia de los quemadores debe ser la misma al usar Gas Natural, entonces:

$$Ds^2 \sqrt{\text{Pr}} \cdot W = cte \quad \dots(4.6)$$

Siendo:

$$W(\text{GN}) = 12\,983 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$W(\text{GLP}) = 20\,749 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$\text{Pr} = 20 \text{ mbar para ambos casos}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$\frac{D_{GN}}{D_{GLP}} = 1.26 \quad \dots(4.7)$$

Luego para la conversión de GLP a GN de los artefactos térmicos del comedor se deberá realizar las siguientes operaciones:

- Aumentar el diámetro de las toberas de las hornillas en un 26% adicional, mediante el uso de brocas.
- Recalibrar el aire primario que entra al quemador, de acuerdo al control visual de la llama.

El control visual de la llama se realiza bajo el siguiente criterio:

- Si la llama es azul, entonces la combustión es completa. Esto significa que la relación aire/combustible de la mezcla es igual a la teórica y por tanto, no será necesario variar el aire primario.

- Si la llama es amarilla, entonces la combustión es incompleta. Esto significa que la llama posee un exceso de combustible o falta de aire primario en la mezcla. La solución es aumentar el aire primario hasta que la llama tome un color azul característico de una combustión perfecta.
- Si la llama es roja o naranja, entonces la combustión es incompleta. En este caso, se tiene un exceso de aire o falta de combustible, por lo que se debe disminuir la regulación del aire primario. Lo anterior se puede producir producto del polvo o partículas extrañas. Para que el quemador retome su combustión completa, solo bastara retirar estas partículas o limpiarlas del polvo.

4.2.2.8 Aplicación 8: Servicios – termas

Actualmente la planta tiene 3 termas eléctricas de 80 lits c/u y de 1800 W de capacidad.

Calculo del calor requerido

$$Q = mCe(T_f - T_o) \quad \dots(4.8)$$

Donde:

m = masa de agua a calentar (Kg.)

Ce = calor específico del agua (1 cal/g °C aprox.)

To = Temperatura inicial del agua (15°C)

Tf = Temperatura final del agua (80°C aprox.)

Luego el calor útil requerido para calentar 80 litros de agua será: **21 736 KJ**

Tabla 4.10 Cuadro comparativo de consumo de energía para las termas

Equipo	Eficiencia	Energía Consumida			Costo Gas	Costo Elec.	Costo Total
		%	KJ	BTU	KWH	USD/MMBTU	USD/KWH
Terma GN	85.00%	25,571.76	24,237.43		3.676		8.91
Terma GLP	85.00%	25,571.76	24,237.43		16.59		40.21
Terma Eléctrica	70.00%	31,051.43		8.69		0.08	67.68

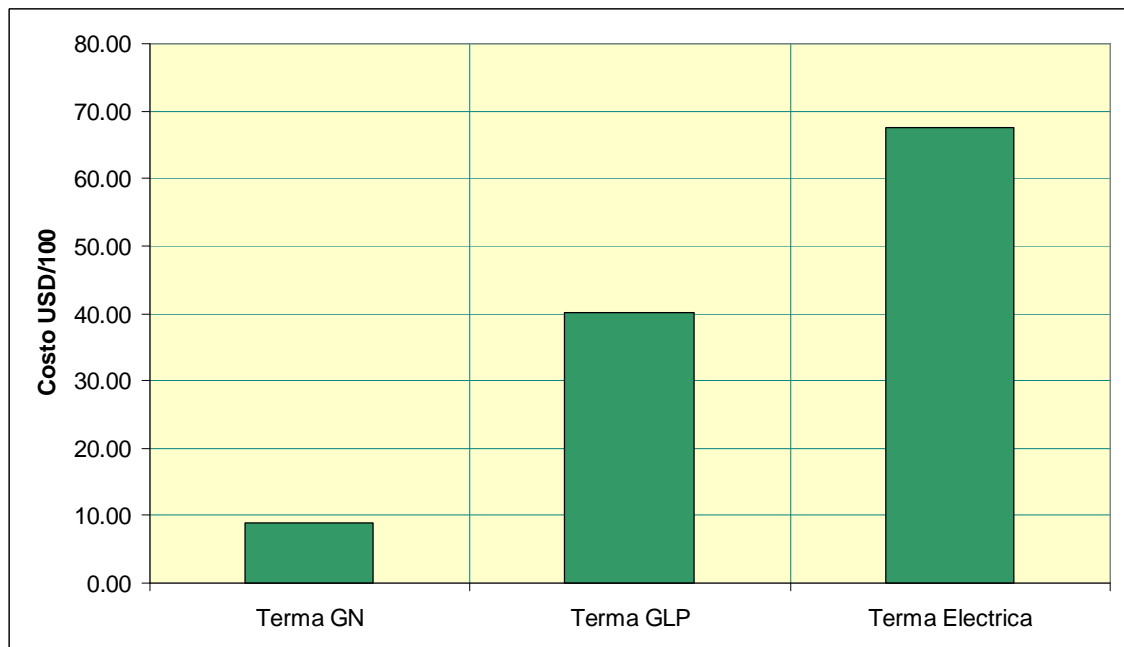


Figura 4.21 Cuadro comparativo de consumo de combustible de termas

Como se puede apreciar en el grafico adjunto, las termas que funcionan con Gas Natural son más eficientes que las eléctricas, y además el costo de consumo de combustible es ampliamente ventajoso.

Consumo de Gas Natural: 1 Sm³/h

PROPUESTA DE CONVERSION

Se recomienda instalar nuevas termas a gas natural de producción directa, es decir el agua se calienta inmediatamente y automáticamente cuando se abre la manija.

Para este tipo de calentador se presentan las siguientes opciones de compra:

- **Opción 1: Equipo abierto con conexión a la chimenea**

Ventajas:

- Producción de agua caliente hasta 20 l/min.
- Riesgo menor de producción de CO.
- Alto rendimiento
- Pérdidas limitadas si el equipo no se utiliza.
- Aplicación perfecta para la ducha y el baño.

Desventajas:

- Es espacioso
- Requiere una conexión a la chimenea
- Presión limitada del agua caliente.

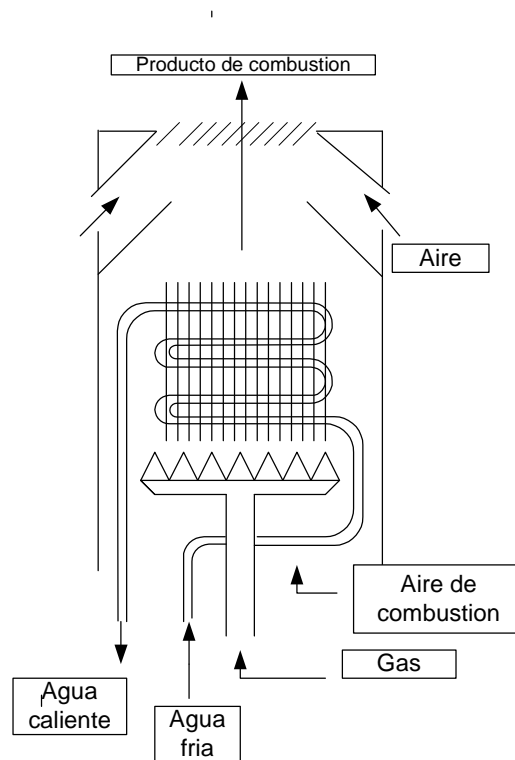


Figura 4.22 Terma con conexión a chimenea

- **Opción 2: Equipo cerrado con tiro natural**

Ventajas:

- Equipo completamente cerrado
- No necesita una chimenea
- Hasta una capacidad de 20 l/min.

- Ningún riesgo de intoxicación con CO.

Desventajas:

- Instalación cerca de un muro exterior. Longitud del tubo de conexión: 0.5m. aproximadamente.
- Tubo de conexión de gran diámetro.
- En caso de viento: riesgo de mal funcionamiento
- Presión limitada del agua caliente.

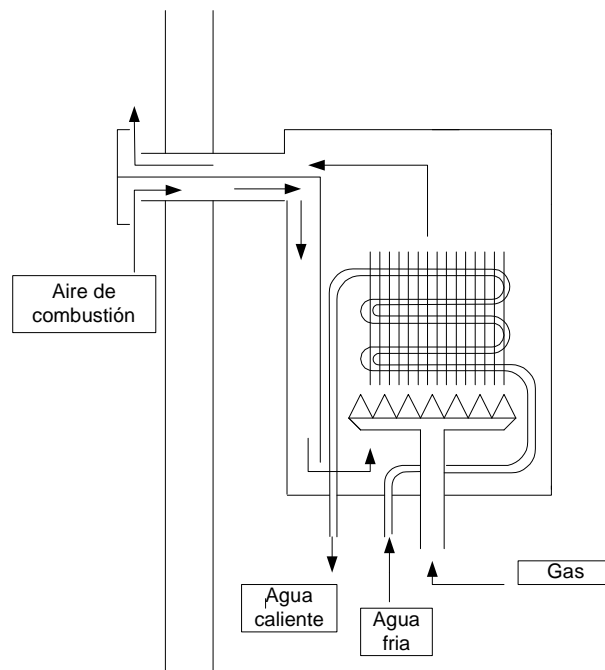


Figura 4.23 Terma con tiro natural

4.2.2.9 Aplicación 9: Secadora de cuellos

Esta aplicación será instalada a futuro, y usara Gas natural como combustible. Se considera que el consumo será aproximadamente igual al de la secadora Heliot.

Consumo de Gas Natural: 140 Sm³/h

4.2.2.10 Aplicación 10: Rama de 7 campos

Esta aplicación será instalada a futuro, y usara Gas natural como combustible. Según dato del fabricante consume 154 Nm³/h.

Consumo de Gas Natural: 165 Sm³/h

4.2.2.11 Aplicación 11: Grupo electrógeno de 2 MW

Esta aplicación será instalada a futuro, y será un Grupo electrógeno dedicado que usara solamente Gas natural para su operación.

La planta tiene previsto a futuro ser un Autogenerador de Electricidad, asimismo incorporar la Cogeneración, el cual permitirá obtener Electricidad, agua caliente y vapor a partir de una sola fuente de energía que en este caso será el Gas Natural.

Consumo de Gas Natural: 472 Sm³/h

4.3 Sistemas Back-up

Los combustibles de respaldo o el denominado sistema Back-up esta concebido para funcionar en caso falle el suministro de Gas Natural.

Es importante tener en cuenta que el corte de suministro de Gas Natural es un evento cuya probabilidad de ocurrencia es muy baja, debido a que el diseño del los ductos de transporte y distribución se ha tomado las siguientes consideraciones:

- Los ductos de distribución se encuentran enterrados a una profundidad promedio de 1.2m, con un relleno compactado. Es improbable que un accidente ocurrido en la superficie sea capaz de afectarlos.
- Del punto de vista de la ingeniería, se puede decir que el diseño de los ductos en acero contempla espesores de pared altas (1.1 cm.) en relación con muchas otras referencias internacionales, dando un factor de diseño sumamente conservador para resistir a los esfuerzos adicionales que podrían resultar de ondas sísmicas. Por otro lado, las especificaciones constructivas permiten que las tuberías tengan un alto grado de flexibilidad gracias a un relleno arenoso, y una instalación que permite el movimiento de las tuberías en caso de sismos (zanjas amplias sin obstrucciones, posibilidad de movimiento en las entradas de las cámaras de válvulas, etc.). Por tanto los ductos están preparados para resistir a los sismo de las mas altas magnitudes.
- Adicionalmente, en el caso poco probable que se produjera una fuga, un sistema de adquisición de datos constituido por el SCADA y las válvulas

automáticas de bloqueo actuarán aislando la zona a través de las válvulas, y limitando la amplitud de la fuga.

- En caso extremo de ocurrir una rotura en el ducto, el gas presurizado en ella permitirá la continuidad de suministro. El tiempo de autonomía de la red de gas presurizado se ha estimado en 7 días.
- El evento que podría dejar inoperativa la red de Gas Natural sería una explosión de gran magnitud provocada por un agente externo.

Según las consideraciones previstas, la Planta Industrial ha sido muy conservador y ha tomado la decisión de instalar el sistema Backup, el cual se ha concebido de la siguiente manera:

- Para el sistema de Vapor, se utilizarán quemadores de tipo Dual (GLP-Diesel 2)
- Para el resto del Sistema se utilizarán el Sistema Backup GLP-Aire

4.3.1 Sistema back-up con diesel 2

El circuito de combustible líquido actual, tiene las siguientes características:

- Se tiene actualmente un Tanque de Residual 500 de una capacidad igual a 19 000 galones, y un Tanque de Residual 4 de 26 000 galones.
- El circuito de Residual 500 alimenta al tanque diario de los calderos de vapor, y el circuito de Residual 4 alimenta al tanque diario de los calderos de aceite térmico y del grupo electrógeno.

- El circuito de Residual 4 es alimentado a través de 2 bombas, el cual uno de ellos actúa como backup. Actualmente uno de ellos está averiado.
- Cada tanque de almacenamiento y tanque diario cuentan con sus respectivos precalentamientos. En el caso de los tanques de almacenamiento el calentamiento es a través de vapor y en los tanques diarios es eléctricamente.
- Cada caldero de vapor cuenta con un sistema de precalentamiento, antes de llegar al quemador.
- Las tuberías de ambos circuitos son de acero al carbono, cedula 40.

Para el Sistema Back up Diesel 2, se realizarán los siguientes cambios en los circuitos respectivos:

- Inicialmente se tomará el tanque de residual 500, para el almacenamiento de Diesel 2.
- Se tomará el circuito de Residual 500 para el sistema de alimentación de Diesel 2.
- El circuito de Residual 4 será removido.
- Los calentadores del tanque de almacenamiento, tanque diario de residual 500 y precalentadores de las calderas de vapor serán removidos.
- El Tanque Diario de residual 4 será removido.

- La tubería que va hacia el grupo electrógeno, será empalmada en la línea de Residual 500.
- El tanque de almacenamiento de Residual 4, permanecerá en “*stand-by*”, ante un requerimiento adicional de combustible.

4.3.1.1 Autonomía del sistema back-up

La siguiente Tabla muestra el costo diario del combustible y la autonomía del sistema:

Tabla 4.11 Autonomía con combustible de respaldo Diesel 2

OPERACIÓN CON GAS NATURAL

	Capacidad MMBtu/h	Combustible	Consumo Sm ³ /h	Operación x día Horas	Consumo Diario Sm ³ /día	Costo Diario USD/día
Caldera 600BHP	24	GN	653.00	24	15,672.00	2,117.38
Caldera 800BHP	26.7	GN	833.00	24	19,992.00	2,355.58
TOTAL					35,664.00	\$ 4,472.96

OPERACIÓN CON DIESEL 2

	Capacidad MMBtu/h	Combustible	Consumo Gal/h	Operación x día Horas	Consumo Diario Gal/día	Costo Diario USD/día	Capacidad Gal	Autonomía Horas
Caldera 600BHP	24	D2	171.35	24	4,112.52	9,109.85	19,000.00	52.49
Caldera 800BHP	26.7	D2	190.63	24	4,575.17	10,134.70		
TOTAL					8,687.69	\$ 19,244.55		

4.3.2 Sistema back-up glp/aire

El sistema Back-up GLP-Aire, consiste en un mezclador GLP vapor/aire, que mezcla vapor de GLP desde la fuente (vaporizador) con aire en cantidades adecuadas, produciendo de esta manera una combinación llamada : gas natural sintético o aire propanado el cual es directamente compatible con el gas natural.

La proporción de GLP vapor/aire, esta relacionada con el índice de *Woobe*, el cual debe ser aproximadamente igual al del gas natural.

Esto permite usar aire propanado en los quemadores sin necesidad de ser ajustes en los reguladores u orificios de los quemadores.

El principio de Funcionamiento del sistema Back-upo GLP/aire, es como sigue:

- El líquido de GLP se retira del tanque y se impulsa a través de una bomba.
- El líquido de GLP se calienta en el vaporizador y se convierte en vapor sobrecalentado.
- El GLP vaporizado ingresa al Mezclador GLP/aire, y es ahí que se diluye con el aire, produciendo aire propanado.
- El aire propanado es distribuido a través de las tuberías de Gas natural a los equipos de combustión.

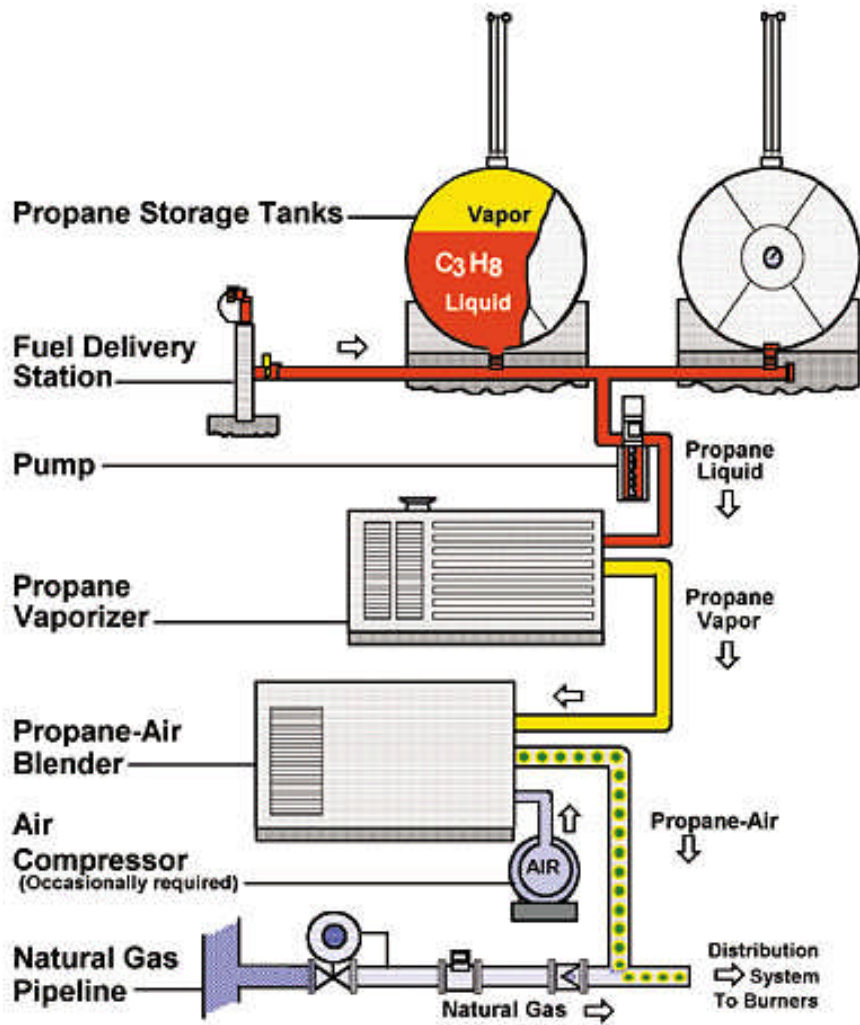


Figura 4.24 Esquema del Sistema Back-up GLP - Aire

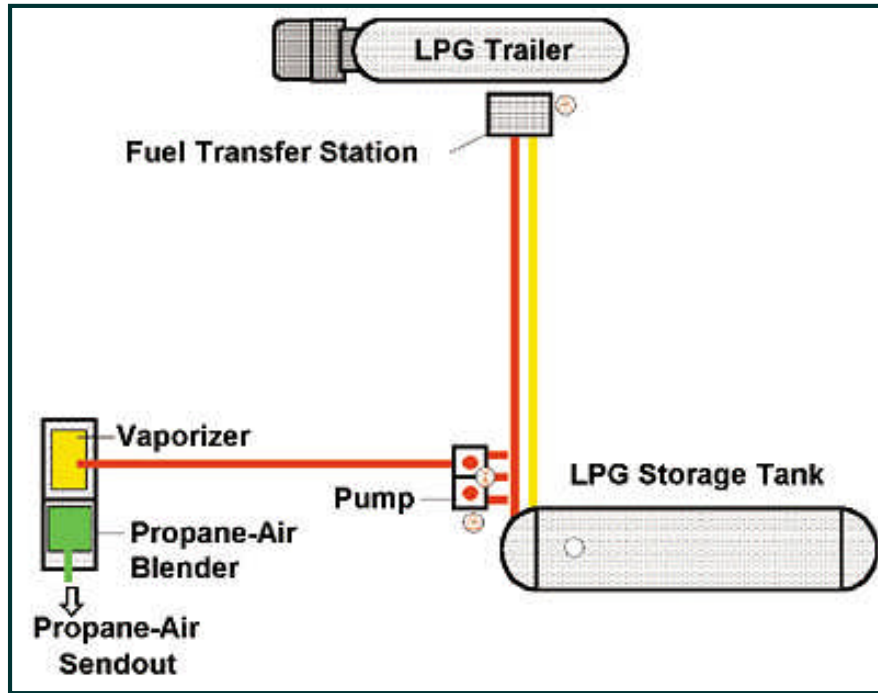


Figura 4.25 Layout Sistema Backup GLP/ Aire

Los Equipos que se consideraran para el dimensionamiento del sistema Backup GLP/Aire son los siguientes:

Aplicación 3: Caldero de aceite térmico 930 KW.	103 Sm ³ /h
Aplicación 4: Caldero de aceite térmico 1450 KW.	162 Sm ³ /h
Aplicación 5: Secadora de tela Heliot	104 Sm ³ /h
Aplicación 7: Servicios – Cocina	6 Sm ³ /h
Aplicación 8: Servicios – Termas	1 Sm ³ /h
Aplicación 9: Secadora de cuellos	140 Sm ³ /h
Aplicación 10: Rama de 7 campos	165 Sm ³ /h
Consumo total:	678 Sm³/h

Luego la demanda de energía es de 25.8 MMBTU/h

- **Vaporizadores**

Actualmente se tiene un Vaporizador Algas 80/40 cuya capacidad es de 7.28 MMBTU/h. Este evaporador no tiene la capacidad requerida para suministrar gas a las aplicaciones previstas.

Se recomienda remover el vaporizador existente e instalar un nuevo vaporizador tipo Algas Q320V, el cual tiene una capacidad de 29.1 MMBTU/h.



Figura 4.26 Vaporizador ALGAS

- **Capacidad requerida de GLP/Aire**

Teniendo en cuenta que el índice de *Wobbe* del Gas Natural es de: 1 377 BTU/SCF y que el GLP tiene una composición aproximada de: 70% de propano y 30% de butano.

Tabla 4.12 Índice de *Wobbe* equivalente de GLP/Aire

		PCS MBTU/Nm ³	Densidad	Wobbe MBTU/Nm ³
Gas Natural		40.10	0.610	51.27
GLP (70/30)		105.18	1.715	80.31
Aire	%GLP/ %Aire	0	1	0
GLP-Aire	50 / 50	45.17	1.356	45.17
	58 / 42	61.00	1.413	51.32

Para obtener el mismo índice de *Wobbe* (1 377 BTU/SCF), se necesita una mezcla de 58 % de GLP y 42% de aire en volumen, siempre la composición del GLP, se mantenga constante.

Luego la nueva mezcla GLP/aire, tendrá los siguientes poderes caloríficos:

PCS : 57.014 MBTU/Sm³

PCI : 52.551 MBTU/Sm³

Luego el volumen requerido de mezcla GLP/Aire para suministrar los 25.8 MMBTU/h requeridos es de 491 Sm³/h, de los cuales 284.8 Sm³/h es de GLP y 206.2 Sm³/h es de aire.

- **Mezclador *glp/aire***

Se recomienda implementar un sistema Back-up GLP/aire con un mezclador tipo atmosférico cuya presión de descarga sea de 0.8 barg.

El Mezclador GLP/aire atmosférico a definir debe tener una capacidad mínima de 26 MMBTU/h.

Se recomienda usar el Mezclador ALGAS, modelo V28-12 con tanque recibidor cuya capacidad es de 28 MMBTU/h y tiene una presión de descarga de 12 psig.



Figura 4.27 Mezclador GLP/ Aire

Finalmente para la implementación del Sistema Back up GLP/Aire, se realizarán las siguientes modificaciones en los circuitos respectivos.

- Las tuberías de GLP que alimentan los respectivos equipos de consumo serán removidos, dado que estos usarán las tuberías de gas natural directamente.
- Las tuberías de los pilotos de los generadores de vapor, serán removidos.
- Se adicionará un vaporizador y un mezclador GLP/aire al sistema según las características antes mencionadas.
- A la salida del Vaporizador y previo a la entrada del Mezclador se recomienda instalar un decantador, cuya función es retener los aceites grasos o parafinas que suelen contener el GLP.
- En la descarga del tanque de almacenamiento se implementará una bomba para impulsar el GLP líquido, hacia los vaporizadores para obtener una presión constante a la descarga del vaporizador.
- Se instalará una nueva tubería de acero al carbono de 3" de diámetro, desde la salida del vaporizador hasta la conexión con la tubería principal de gas natural.
- La habilitación del sistema *Backup* GLP/aire, será a través de una válvula de bola manual, el cual se instalará cerca al punto de conexión con la tubería principal de gas natural.

4.3.2.3 Autonomía del sistema back-up glp/aire

La siguiente Tabla muestra el costo diario del combustible y la autonomía del sistema:

Tabla 4.13 Autonomía Sistema Backup GLP/Aire

OPERACION CON GAS NATURAL

	Consumo GN Sm3/h	Cosumo de energia MMBtu/h	Operación x Horas	Consumo Diario Sm3/dia	Costo Diario MMBtu/dia	Costo Diario USD/dia
Secadora Heliot (DMS)	104	3.96	24	2,496.00	94.96	349.06
Caldero de aceite	103	3.92	24	2,472.00	94.04	345.71
Caldero de aceite	162	6.16	24	3,888.00	147.92	543.74
Servicios - Cocina	6	0.23	24	144.00	5.48	20.14
Sericios - Terma	1	0.04	24	24.00	0.91	3.36
Secador de cuellos	140	5.33	24	3,360.00	127.83	469.90
Ramas de 7 campos	165	6.28	24	3,960.00	150.65	553.80
TOTAL				16,344.00	621.79	\$ 2,285.70

OPERACIÓN CON GLP/AIRE

	Consumo GN Sm3/h	Consumo GLP+Aire Sm3/h	Consumo Sm3/h	Operación x dia Horas	Consumo Diario Gal/dia	Costo Diario USD/dia	Capacidad Gal.	Autonomía Horas
Secadora Heliot (DMS)	104	68.05	39.47	24	1,039.83	1,663.72	5,500.00	19.39
Caldero de aceite	103	67.40	39.09	24	1,029.83	1,647.72		
Caldero de aceite	162	106.01	61.48	24	1,619.73	2,591.57		
Servicios - Cocina	6	3.93	2.28	24	59.99	95.98		
Sericios - Terma	1	0.65	0.38	24	10.00	16.00		
Secador de cuellos	140	91.61	53.13	24	1,399.77	2,239.63		
Ramas de 7 campos	165	107.97	62.62	24	1,649.72	2,639.56		
TOTAL					6,808.86	\$ 10,894.18		

4.4 Resumen de consumos con Gas Natural

La siguiente Tabla muestra el resumen de los consumos respectivos para las aplicaciones existentes y las aplicaciones futuras:

Tabla 4.14 Resumen de consumos

Item	APLICACIONES ACTUALES	Consumo en Sm³/h
1	Generador de Vapor 600 BHP	653
2	Generador de Vapor 800 BHP	833
3	Caldero de Aceite Termico 930 kW.	103
4	Caldero de Aceite termico 1450 KW	162
5	Secadora Heliot 150 BHP	104
6	Generador de Electricidad 600 kW.	108
7	Servicios - Comedor	6
8	Servicios - Termas	1
Subtotal:		1970
Item	APLICACIONES FUTURAS	Consumo en Sm³/h
9	Secadora de Cuellos	140
10	1 Ramas de 7 campos	165
11	Generador electrico 2 MW	472
Subtotal:		777
Consumo máximo inmediato:		1970
Consumo máximo futuro:		4717

4.5 Estación de regulación de presión y medición primaria (ERPMP)

De acuerdo a los consumos máximos y mínimos de Gas natural requeridos por la Planta así como también las presiones de entrada y salida respectivas, se tiene las siguientes características que debe tener la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria (ERPMP).

Presión de Ingreso

Máxima	:	10	bar
Mínima	:	5	bar

Presión de Salida

Normal	:	1.5	bar
Rango	:	+/- 5 %	

Flujo de Gas Natural

Máximo Futuro	:	2747	Sm ³ /h.
Máximo Actual	:	1970	Sm ³ /h.
Mínimo	:	103	Sm ³ /h.

Velocidad del Gas Natural en tuberías

Entrada	:	20.0	m/s
Salida	:	25.0	m/s

Etapa de regulación : Doble

Etapa de medición : Simple

Medidor recomendado	:	G1000
Máximo Flujo GN	:	3200 Sm ³ /h a 1 barg
		3750 Sm ³ /h a 1.5 barg

Tipo de Estación: I8 (Fuente Calidda)

Luego según el Artículo 71 del Reglamento de Distribución, la concesionaria (CALIDDA) es el responsable de la selección, instalación, operación y mantenimiento de la Acometida y la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria (ERPMP). Asimismo es responsable de seleccionar el tipo y marca del medidor a ser utilizado por el Consumidor. El medidor debe marcar registros precisos y tener homologación internacional.

Conforme a lo antes indicado, la solución propuesta en el presente proyecto es la recomendada por la Concesionaria. El trabajo contempla la ingeniería, diseño, provisión, instalación y pruebas de la ERPMP.

La ERPMP debe contener los siguientes componentes principales:

- Reguladores de presión
- Filtros
- Medidor de flujo fiscal
- Válvulas manuales de bloqueo
- Estructura y soportes
- Sistema de corrección electrónica de flujo
- Válvulas de seguridad por sobrepresión

El Plano respectivo de la ERPMP dada por la Concesionaria se muestra en el

Plano: GN-1-007

4.6 Estaciones de regulación y medición secundarias

Para cada equipo de consumo se instalara Subestaciones reguladoras de presión, antes del tren de válvulas del quemador, debido a que las presiones de trabajo de los equipos de consumo son mucho menores que la presión de suministro de la ERPMP. Asimismo la Planta Industrial ha decidido instalar para cada aplicación un medidor de flujo respectivo.

4.6.1 Características de los componentes de las subestaciones

4.6.1.1 Aplicación 1: Generador de vapor 600 BHP

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	4 barg
Mínima	:	1.5 barg
Presión regulada	:	Requerida por el tren de válvulas del quemador
Capacidad	:	700 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, American Meter.

- **Válvula de alivio**

Instalar una válvula de alivio que ira instalada después del regulador de suministro, el cual deberá tener la capacidad de liberar de 1 a 5% del flujo nominal de Gas natural para el Caldero.

Capacidad	:	7.0 – 35 Sm ³ /h
Presión de alivio	:	15 % arriba de la presión en el tren de válvulas

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, American Meters.

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Turbina
Presión de trabajo	:	200 – 500 mbarg
Capacidad	:	G400
Flujo máximo a 1barg	:	650 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Instromet, American Meters, BD RMG.

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Cartucho
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 5 µm
Diámetro	:	3"

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Fischer, Dresser

4.6.1.2 Aplicación 2: Generador de vapor 800 BHP

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	4 barg
Mínima	:	1.5 barg
Presión regulada	:	Requerida por el tren de válvulas del quemador
Capacidad	:	850 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, American Meter.

- **Válvula de alivio**

Instalar una válvula de alivio que ira instalada después del regulador de suministro, el cual deberá tener la capacidad de liberar de 1 a 5% del flujo nominal de Gas natural para el Caldero.

Capacidad	:	7.0 – 35 Sm ³ /h
Presión de alivio	:	15 % arriba de la presión en el tren de válvulas

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, American Meters.

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Turbina
Presión de trabajo	:	200 – 500 mbarg
Capacidad	:	G400
Flujo máximo a 1barg	:	1000 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Instromet, American Meters, BD RMG.

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Cartucho
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 5 µm
Diámetro	:	3"

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Fischer, Dresser

4.6.1.3 Aplicación 3: Caldero de aceite térmico 930 KW.

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	3 barg
Mínima	:	1 barg
Presión regulada	:	Requerida por el tren de válvulas del quemador
Capacidad	:	110 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, Amco, Fischer

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Rotativo
Presión de trabajo	:	100 – 300 mbarg
Capacidad	:	G65
Flujo máximo a 1barg	:	100 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Instromet, American Meters, BD RMG.

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Cartucho
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 5 µm
Diámetro	:	3"

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Fischer, Dresser

4.6.1.4 Aplicación 4: Caldero de aceite térmico 1453 KW.

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	3 barg
Mínima	:	1 barg
Presión regulada	:	Requerida por el tren de válvulas del quemador
Capacidad	:	180 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, Amco, Fischer

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Rotativo
Presión de trabajo	:	100 – 300 mbarg
Capacidad	:	G100
Flujo máximo a 1barg	:	160 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Instromet, American Meters, BD RMG.

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Cartucho
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 5 µm
Diámetro	:	3"

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Fischer, Dresser

4.6.1.5 Aplicación 5: Secadora de tela Heliot

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	3 barg
Mínima	:	1 barg
Presión regulada	:	20 – 100 mbarg
Capacidad	:	110 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, Amco, Fischer

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Rotativo
Presión de trabajo	:	100 – 300 mbarg
Capacidad	:	G65
Flujo máximo a 1barg	:	160 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Instromet, American Meters, BD RMG.

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Cartucho
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 5 µm
Diámetro	:	3"

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Fischer, Dresser

4.6.1.6 Aplicación 6: Grupo electrógeno de 600 KW.

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	3 barg
Mínima	:	1 barg
Presión regulada	:	70 – 350 mbarg
Capacidad	:	110 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, Amco, Fischer, Gascat

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Rotativo
Presión de trabajo	:	200 mbarg
Capacidad	:	G65
Flujo máximo a 1barg	:	160 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Instromet, American Meters, BD RMG.

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Cartucho
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 5 µm
Diámetro	:	2"

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Fischer, Dresser

4.6.1.7 Aplicación 7: Servicios – Cocina

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	3 barg
Mínima	:	1 barg
Presión regulada	:	20 mbarg
Capacidad	:	10 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, Amco, Gascot, American Meters

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Diafragma
Presión de trabajo	:	20 mbarg
Capacidad	:	G6
Flujo máximo a 1barg	:	10 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Instromet, American Meters

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Strainer
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 25 µm
Diámetro	:	1"

Marcas Sugeridas: Spirax Sarco, Fischer

4.6.1.8 Aplicación 8: Servicios – termas

- **Regulador de Presión**

Accionamiento	:	Resorte
Presión de ingreso		
Máxima	:	3 barg
Mínima	:	1 barg
Presión regulada	:	20 mbarg
Capacidad	:	6 Sm ³ /h
c/ Válvula de bloqueo por alta presión incorporado		

Marcas sugeridas: Bryan Donking RMG, Amco, Gascat, American Meters

- **Medidor de Flujo**

Tipo de Medidor	:	Diafragma
Presión de trabajo	:	20 mbarg
Capacidad	:	G6
Flujo máximo a 1barg	:	10 Nm ³ /h

Marcas Sugeridas: Bryan Donking RMG, Instromet, American Meters

- **Filtro de Gas**

Tipo de Filtro	:	Strainer
Clase	:	150
Capacidad de filtración	:	partículas > 25 µm
Diámetro	:	1"

Marcas Sugeridas: Spirax Sarco, Fischer

4.7 Diseño de redes internas de tuberías en planta

4.7.1 Consideraciones Generales

Para el dimensionamiento de la red interna de gas natural ha tomando en cuenta el consumo requerido por los equipos de consumo en el momento de su máxima demanda, así como también las ampliaciones futuras previstas.

A la salida de la ERPMP, se instalará una válvula de corte general, el cual permitirá cortar el suministro de gas natural a toda la planta.

Se instalarán válvulas de corte adicionales con el fin de aislar equipos de similares características. Estas válvulas serán ubicadas en lugar fácilmente accesible y deberá esta protegidos.

Los tramos de la red interna comprendidos entre dos etapas de regulación se calcularán con una caída de presión del 20% de la presión regulada a la salida de la ERPMP.

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

En todos los puntos de la instalación la velocidad de circulación del gas se considerara inferior a 25 m/s, para evitar vibraciones y ruidos excesivos en el sistema de tuberías.

Para el cálculo de caída de presión se han usado las siguientes formulas reconocidas:

- Formula de Poole para presiones de 0 a 50 mbarg

$$Q = \sqrt{\frac{D^5 \cdot h}{2 \cdot s \cdot l}} \quad \dots(4.9)$$

Donde:

Q = caudal en Sm³/h

D = diámetro interior en mm.

h = pérdida de carga en mm de columna de H₂O

s = densidad relativa del gas natural (0.608)

l = longitud total de tuberías en metros, incluye longitud equivalente de accesorios que lo componen.

- Formula de Renouard para presiones en e rango de 50 mbarg a 4 barg;
válida para Q/D < 150:

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \cdot s \cdot L \cdot \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad \dots(4.10)$$

Donde:

P_A y P_B = presión absoluta en ambos extremos del tramo (bara).

s = densidad relativa del gas natural (0.608).

L = longitud total de tuberías incluyendo longitud equivalente de accesorios que lo componen (m).

Q = caudal en Sm³/h.

D = diámetro interior en mm.

Para el cálculo de la velocidad de circulación del fluido se ha utilizado la siguiente formula:

$$v = \frac{365,35.Q}{D^2.P} \quad \dots(4.11)$$

Donde:

Q = Caudal en Sm³/h

P = Presión de cálculo en bara

D = Diámetro interior de la tubería en mm.

v = Velocidad lineal en m/s.

El material a usar para todo el sistema de tuberías serán de Acero al Carbono conforme a la cedula 40.

El trazado de la red interna se muestran en los planos: GN-1-001 y GN-1-002.

4.7.2 Dimensionamiento de tuberías

Para el dimensionamiento de las tuberías se ha tomado en cuenta el consumo de gas natural de cada uno de los equipos de combustión, el cual se ha calculado en base a la capacidad nominal de los equipos, o por el consumo máximo horario del combustible que ha estado usando.

La planilla de cálculos respectivo a continuación, así mismo esta figura en el plano GN-1-002.

Tabla 4.15 Planilla de cálculo de tuberías

PLANILLA DE CALCULO DE TUBERIAS DE GAS NATURAL											
TRAMO	CAUDAL Sm ³ /h	LONGITUD m		PRESIONES barg		P1-P2 barg	DIAMETRO mm		VELOC. m/s	OBSERVACIONES	UNION
		real	cálculo	P1	P2		cálculo	Adop.			
EMR-A	2747	57.3	122.00	1.500	1.462	0.038	126.72	6"	17.18	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
A-B	2740	34.2	37.28	1.462	1.451	0.012	127.52	6"	17.21	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
B-C	1025	43	68.26	1.451	1.425	0.026	78.18	4"	14.77	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
C-D	885	20	24.68	1.425	1.398	0.027	73.03	3"	22.20	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
D-E	580	25	46.59	1.398	1.375	0.024	59.45	3"	14.69	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
D-F	305	15	20.09	1.398	1.377	0.021	43.11	2"	17.01	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
B-G	1751	9.3	43.05	1.451	1.407	0.043	102.18	4"	25.41	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
G-H	1648	1.5	3.55	1.407	1.404	0.003	100.02	4"	23.95	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
H-J	1486	6.8	8.85	1.404	1.398	0.007	95.04	4"	21.65	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
A-K	7	2.2	9.39	1.462	1.462	0.000	6.45	1"	1.46	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
K-M	7	10.2	10.20	0.020	0.019	0.001	10.01	1"	3.53	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
M-N	1	7.7	8.23	0.019	0.019	0.000	3.79	1"	0.50	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
J-1	653	6.4	35.00	1.398	1.376	0.022	63.09	3"	16.54	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
J-2	833	22.4	52.56	1.398	1.346	0.052	71.26	3"	21.36	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
G-3	103	11.2	21.59	1.407	1.324	0.084	25.00	1"	22.81	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
H-4	162	9	31.42	1.404	1.394	0.010	31.38	2"	8.97	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
F-5	140	8.2	18.23	1.377	1.372	0.005	29.34	2"	7.82	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
E-6	108	6	14.98	1.375	1.372	0.002	25.78	2"	6.03	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
M-7	6	4.5	14.09	1.375	1.374	0.000	6.08	1"	1.30	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
N-8a	0.5	2.3	8.69	0.019	0.019	0.000	2.68	1"	0.25	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
N-8b	0.5	3.2	6.97	0.019	0.019	0.000	2.68	1"	0.25	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
C-9	140	4	16.60	1.425	1.421	0.004	29.05	2"	7.67	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
F-10	165	10	18.93	1.377	1.370	0.007	31.85	2"	9.23	Tuberia de Acero SHD40	Soldada
E-11	472	2	2.00	1.375	1.374	0.001	53.90	3"	11.96	Tuberia de Acero SHD40	Soldada

4.7.3 Especificaciones técnicas de las tuberías, accesorios y componentes.

- ***Tuberías aéreas o de superficie***

Las tuberías serán de acero al carbono, cedula 40 y se admitirán mayores o iguales a 1" de diámetro nominal. Las especificaciones que deben cumplir son las siguientes normas: API 5L, ASTM A 53 ó ANSI/ASME B 36.1

- ***Accesorios Y Bridas***

Todos los accesorios que se usen en la instalación serán de la Serie 150 y sus espesores serán según la cedula 40. Los codos a usarse en la instalación serán los de tipo de radio largo.

Los accesorios para soldar deben cumplir con las siguientes normas:

ANSI/ASME B16.9, ASTM A-234 y su identificación según la norma: MSS SP-25 ó ASNSI B16.11

Los roscados deberán tener rosca cónica conforme a las siguientes normas:

ISO7.1, ISO228.1, ANSI/ASME B1.20.1, y su identificación serán según la norma: MSS SP-25 ó ASNSI B16.11

Las bridas a usarse en la instalación serán preferentemente los del tipo "Weld Neck", y deberán ser de la Serie 150. Las bridas deben cumplir con las normas: ANSI/ASME B16.1 ó ANSI/ASME B16.20. Las juntas de

estanqueidad no deben contener asbesto y deben ser resistentes a altas temperaturas.

Los espárragos, pernos y tuercas correspondientes serán de grado 8 y deberán cumplir con las normas: ASTM A 193 y ASTM A 194.

- ***Válvulas de cierre manual***

Las válvulas manuales de la instalación serán de tipo esférica, de cierre rápido tipo palanca ($\frac{1}{4}$ de vuelta) y de la Serie 150.

Las válvulas deberán ser enteramente metálicas, incluyendo el cuerpo, elemento sellante, etc. Asimismo, deberán ser resistentes a altas temperaturas.

Las válvulas deberán ser fabricados con materiales aprobados y de acuerdo con las siguientes normas: API 6D, ISO 14313, ASME B 16.4. Las características de las válvulas deberán ser marcadas de acuerdo a la norma: MSS SP-25 ó equivalente.

- ***Filtros***

Para la instalación se usaran dos tipos de filtros:

Filtros tipo cartucho. Los cuales deberán tener la capacidad de filtrado que permita retener le 80% de partículas mayores a 5 micras, estos se

usaran antes del regulador de suministro en aquellas aplicaciones que usen medidores del tipo turbina o rotativo.

Filtros tipo “Strainer” o con malla metálica. Los cuales deberán tener la capacidad de filtrado que permita retener el 80% de partículas mayores a 25 micras, estos se usaran antes del regulador de suministro en aquellas aplicaciones que usen medidores del tipo diafragma.

Los filtros deberán tener grabado en su cuerpo: El material, la presión de trabajo o Serie y el nombre del fabricante.

- ***Medidores de Flujo***

Los tipos de medidores a usarse en la instalación serán los de tipo:

Diafragma, Rotativo y Turbina.

Los medidores de tipo diafragma deben cumplir los requerimientos de las normas: ANSI B109 (parte 1 y 2), ó CEN EN 1359.

Los medidores rotativos deberán cumplir con la norma: ANSI B109.3

Los medidores tipo turbina deben satisfacer el nuevo estándar ISO 9951

- ***Reguladores de Presión***

Los reguladores secundarios deberán cumplir con la norma: ANSI B109.4 ó CEN EN 334.

CONSTRUCCION, ENSAYOS, DOCUMENTACION Y HABILITACION DE LAS INSTALACIONES

5.1 Especificaciones para la ubicación y la construcción del recinto de la ERPMP

El recinto de la ERMP estará ubicado en el predio del usuario, tan cerca como sea posible a la válvula de servicio (punto de entrega).

El recinto será exclusivamente para la ERMP y demás elementos que tengan relación con la instalación.

La ERMP se montara sobre una losa de cimentación alisada y estará sobreelevado del nivel del terreno circundante.

Deberá contar obligatoriamente con 2 puertas instaladas opuestamente y de abertura hacia el exterior. La primera será de acceso principal y deberá garantizar una abertura mínima de 2 x 2.1m a doble hoja, la segunda puerta será de emergencia y deberá tener una abertura mínima de 1 x 2.1m a simple hoja. En las puertas de acceso se colocará un cartel con la leyenda "PROHIBIDO FUMAR".

El recinto de la ERMP será techado sus paredes serán de mampostería con un espesor mínimo de 0.15 m, revocada interiormente con cubierta incombustible.

El techo del recinto se construirá de material incombustible y deberá tener una altura mínima de 3.5 m, debido a que la ERM es de tipo compacto y de dos niveles.

El área mínima para el recinto será de 3.5m x 5m.

La instalación de la iluminación será del tipo antiexplosivo, apta para clase 1. división 1, según norma NFPA 70, y asegurara un nivel lumínico uniforme no inferior a 150 lux (200 W aprox.). Los materiales a emplear responderán a las normas UL.

Se colocarán dos (2) interruptores, uno junto a cada puerta de acceso, en el interior del recinto con llaves de combinación que permitan el encendido o apagado total en forma independiente.

En el recinto se deberá colocar un (1) extinguidor de fuego de polvo seco base potásica de 10 kg. de capacidad.

La ventilación del recinto se realizará mediante rejillas dispuestas en las paredes del mismo. No menos del 5% de la superficie lateral del mismo estará cubierta por dichas rejillas convenientemente distribuidas para asegurar una normal circulación del aire. El 80% de la ventilación será realizado por la parte superior y el 20% restante por la parte inferior. Este diseño permitirá una ventilación natural.

Los venteos de las válvulas de seguridad se deberán elevar a laso cuatro vientos, 0.5m mínimo por encima del techo, serán definidos conjuntamente con la Empresa distribuidora durante la obra.

El recinto contara con un pozo a tierra conectada al skit de la ERMP, para absolver posibles descargas eléctricas generadas por la protección catódica de las tuberías de la acometida.

La Empresa distribuidora colocará carteles de 0.7mx0.45m, cuya ubicación y contenido serán definidas por la misma.

Las distancias mínimas a tener en cuenta del recinto con respecto a otras instalaciones son las siguientes:

Tabla 5.1 Distancias mínimas de seguridad

DESDE	HASTA	DISTANCIA [m]
ERMP con cabina	Calentador	6
ERMP	Tanque de combustible líquido	7.5
ERMP y/o tuberías	Líneas de alta tensión aéreas	5
ERMP y/o tuberías	Líneas de alta tensión subterránea	0.5
ERMP	Puesta a tierra de líneas de alta tensión	0.5 c/10kV
ERMP	Subestaciones transformadoras de energía eléctrica	10

La implantación de la ERPMP del presente proyecto se muestra en el plano: GN-1-004.

5.2 Especificaciones para el montaje de las redes de tuberías

5.2.1 Consideraciones Generales

Las instalaciones se ejecutarán en base al Proyecto de Instalación de Gas (P.I.G.) certificado por una empresa certificadora y aprobada por la empresa Distribuidora.

Todos los elementos componentes de la estación de regulación y medición primaria, subestaciones y equipos de combustión, deberán quedar ubicados de manera tal que su operación no presente dificultades ni implique riesgos

operativos, debiéndose para tal fin instalarse cuando resulte necesario pasarelas, plataformas, conductos por trincheras, etc.

Se deberán prever elementos de unión suficientes (bridas, uniones universales) que permitan la remoción de los elementos y/o aparatos que componen la instalación.

Todo cambio de dirección se debe realizar utilizando accesorios normalizados preferentemente de extremos para soldar, no pudiendo en consecuencia efectuarse doblado de tuberías.

Las tuberías aéreas deben quedar aisladas de todo contacto ajeno a la instalación de gas, para evitar la inducción de corriente, o calor, quedando terminantemente prohibido suspenderlas o apoyarlas en tuberías de conducción de agua vapor, de servicios eléctricos, etc.

Se debe garantizar la continuidad eléctrica en toda la tubería sobre todo al desmontar parte o algún elemento de la red interna de Gas Natural, para lo cual se colocara en todo elemento bridado un cable de cobre conectado a ambas bridas.

Las distancias mínimas de separación de las tuberías de gas natural con respecto a otras instalaciones serán de acuerdo como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.2 Distancias mínimas con respecto a otros servicios

	Curso paralelo	Cruce
Conducción agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	5 cm	5 cm
Chimeneas	5 cm	5 cm
Suelo	10 cm	---

Obs: Las distancias son con respecto a las partes externas de las tuberías.

- La posición relativa de la tubería con respecto a otros servicios cuando se instalen en un mismo plano, respetando las distancias mínimas , será como sigue:

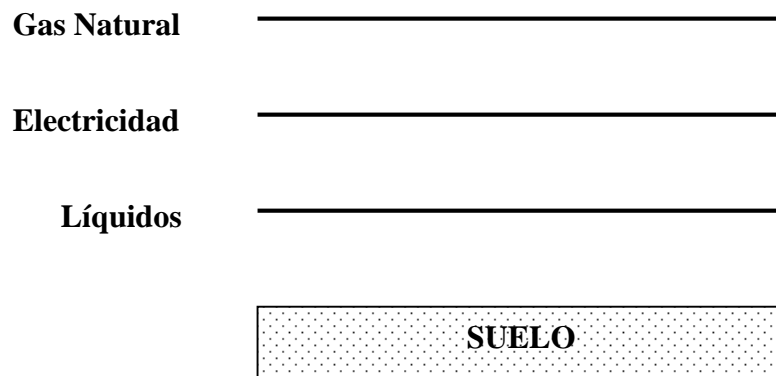


Figura 5.1 Posición relativa de la tubería de Gas Natural

5.2.2 Unión de tuberías.

- **Uniones roscadas**

Las uniones entre tubos y accesorios se harán por roscado cónico con filetes bien tallados de acuerdo a la norma ISO 7.1 e ISO 228.1. No se deben utilizar tubos que tengan roscas desparejas, con muescas, corroídas, o con cualquier otra clase de avería.

Para asegurar que la unión roscada sella perfectamente se utilizara fibra inorgánica tal como teflón y/o líquidos sellantes, quedando prohibido el uso de cáñamo y/o pintura.

Los tapones, instrumentos, medidores y cualquier otro elemento susceptible de ser removido se deben ajustar con cinta de teflón.

Tabla 5.3 Especificaciones de roscas según ANSI B 1.20.1

Tamaño nominal de la tubería		Largo aproximado de la parte roscada		N° aproximado de hilos a cortar
mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	
19	3/4	19	3/4	10
25	1	22	7/8	10
32	1 1/4	25	1	11
38	1 1/2	25	1	11
51	2	25	1	11
63	2 1/2	38	1 1/2	12
76	3	38	1 1/2	12
102	4	41	1 5/8	13
152	6	44	1 3/4	14

- ***Uniones soldadas***

Todo procedimiento de soldadura debe ser calificado bajo alguna de las siguientes normas de acuerdo a la función a desempeñar por la soldadura:

- Sección IX del Código ASME para calderas y recipientes a presión.
- Sección E de la norma API 1104.

Las soldaduras serán ejecutadas en forma manual por el procedimiento de arco metálico protegido o por sistema automático o semiautomático.

La ejecución de los trabajos deberán ser realizada por soldadores calificados en base a un Procedimiento de Soldadura, el cual estará aprobado por el responsable del control de calidad del contratista.

Antes de realizar cualquier trabajo, la empresa contratista debe presentar su Procedimientos de Soldadura a seguir.

El número de pasada requerida para las juntas soldadas será de aproximadamente una por cada 3,175 mm (1/8") de espesor de pared de la tubería a soldar más una pasada de cordón y otra de cubierta.

Para la ejecución de las soldaduras se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Cada pieza de tubería será limpiada interiormente para remover toda la tierra, escamas de fabricación u otros materiales extraños antes de alinearlos para soldar.

- Los extremos de los tubos serán biselados.

- En el caso de que los mismos no estén provistos con bisel de fábrica, el mismo debe efectuarse en obra.

- Las tuberías antes de ser soldados deben tener sus extremos perfectamente limpias (a brillo metálico), sin abolladuras ni cuerpos extraños. Si es necesario, se pasaran solventes volátiles limpios a fin de quitar la suciedad. El bisel de la tubería debe estar libre de óxidos, escamas, estrías, desgarraduras u otros defectos que puedan afectar a una soldadura adecuada.

- Las tuberías serán presentados de modo que el espaciado sea uniforme en toda la periferia y adecuado al diámetro de la tubería de modo tal que asegure una penetración completa y sin quemaduras pasantes. Si los diámetros de las tuberías no fuesen iguales, se refrentarán de modo tal que el escalón sea uniforme en toda la periferia, ajustándose el mismo a la norma ANSI/ASME B31.8.

- No se admitirá el martillado de la tubería para obtener la alineación adecuada o condiciones favorables para la ejecución del cordón base. La abertura de raíz será como mínimo de 1,587 mm (1/16").
- Las soldaduras se harán con tres (3) pasadas como mínimo, cada una de espesor aproximadamente 1/3 del espesor de la pared. La soldadura debe quedar con un refuerzo de aproximadamente 1,2 mm de altura y deberá tener además buena penetración, ambas en toda la periferia de la tubería.
- No se podrán utilizar electrodos mojados o húmedos. Los mismos deben tener la humedad óptima de fábrica, para lo cual las cajas se mantendrán cerradas y solamente se abrirán de una por vez y a medida que se vayan utilizando.
- No se ejecutarán soldaduras en las cuales el soldador deba adoptar posiciones muy incómodas o en las cuales no tenga buen control visual de su trabajo. Cuando se deba trabajar en zanjas, éstas deben ser lo suficientemente amplias y además deben estar limpias y sin agua,
- No deben coincidir los comienzos de dos pasadas consecutivas en una misma soldadura.

- La limpieza entre capas de soldadura debe hacerse de modo que se eliminen totalmente las escamas o escorias de cada pasada. Igual criterio se seguirá para la última pasada.
- Se desecharán todas las tuberías que presenten laminaciones, extremos agrietados, abolladuras u otros defectos.
- Cuando se realice una reparación de soldadura, el material defectuoso debe ser totalmente eliminado.
- Cuando se suspendan los trabajos deben cerrarse completamente los extremos abiertos de la línea con tapas herméticas, para evitar que en la tubería penetren elementos extraños.
- Cuando sea necesario efectuar cortes para empalmar tuberías se utilizará la máquina de corte y biselado de tubos. No está permitido cortar o agujerear la tubería con arco eléctrico.
- Para realizar ramales de derivación a partir de una tubería principal se hará de acuerdo a la Tabla 5.4

Tabla 5.4 Derivación de tuberías

SERIE	Φ DERIV.	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
	Φ COLECT.					
150 300	2"	T	T	T	-	-
150 300	3"	C	T	T	T	-
150 300	4"	C	C	T	T	T
150 300	6"	C	C	C	M	T
150 300	8"	C	C	C	S M	M

T = TE normal de reducción.

C = Cupla de refuerzo para soldar (WOG 5000, ANSI B16.11)

M = Montura de refuerzo.

S = Soldadura simple

5.2.3 Soportes

Las Estaciones de regulación secundaria, deben contar con la cantidad de apoyos necesarios de manera que las cargas se distribuyan adecuadamente, y que todos sus elementos queden perfectamente sujetos y sin tensiones a fin de poder efectuar sin riesgo las maniobras normales de operación.

Debe tenerse especial cuidado en el estudio de los soportes de las válvulas de seguridad y en la sujeción de sus conductos de venteo, ya que en el momento de operar se producen grandes reacciones sobre las mismas que se transmiten al resto de la instalación.

Las tuberías deben contar con soportes adecuados. No podrán ir colgadas, atadas o fijadas a tubos de conducción de agua, de vapor u otros, ni a instalaciones eléctricas.

El espaciado de los soportes de las instalaciones de tuberías no debe ser mayor a lo indicado en la norma ANSI B 31.1.1, el cual se muestra en la Tabla 5.6

Tabla 5.5 Distancia entre soportes según norma ANSI B 31.1.1

Diam. Nominal (mm)	Distancia (m)	
	Con prueba neumática	Con prueba hidráulica
13 [1/2"]	2	1.8
19 [3/4"]	2.5	2
25 [1"]	2.7	2.1
51 [2"]	4	3
76 [3"]	4.6	3.7
102 [4"]	5.2	4.3
152 [6"]	6.4	5.2
203 [8"]	7.3	5.8

Los tipos de soportes a usar para el presente proyecto se muestran en el plano: GN-1-003.

5.2.4 Pintado de tuberías aéreas

Preparación de superficies

Para que un sistema de recubrimiento protector tenga éxito, es esencial una preparación adecuada de la superficie. Es importante eliminar el aceite, la grasa y los contaminantes superficiales (como restos de laminación y óxido en el acero). El rendimiento de cualquier recubrimiento de pintura depende

directamente de la preparación correcta y cuidadosa de la superficie antes de su aplicación.

Las superficies metálicas se deben preparar desengrasándolas adecuadamente utilizando para tales efectos solventes del tipo aguarrás o bencina; el proceso de pintura dependerá de que la tubería o instalación sea nueva o existente.

Probablemente el método más común para la limpieza, sea la limpieza con disolvente, seguida de la limpieza en seco con trapos limpios. La limpieza en seco es imprescindible, ya que si no se lleva a cabo minuciosamente, el resultado del lavado con disolvente se reducirá a extender la contaminación a una zona más amplia. También suelen utilizarse emulsiones de marca, compuestos desengrasantes y limpieza al vapor. Los procedimientos recomendados se describen en la Norma Internacional ISO 8504:1992(E) y SSPC-SP1.

El objetivo principal de la preparación de la superficie es asegurarse de eliminar toda la contaminación para reducir la posibilidad de iniciar la corrosión, de forma que se cree un perfil de la superficie que permita la adherencia satisfactoria del recubrimiento que se va a aplicar

Para la Limpieza y el desengrasado probablemente el método más común sea la limpieza con disolvente, seguida de la limpieza en seco con trapos limpios. La limpieza en seco es imprescindible, ya que si no se lleva a cabo

minuciosamente, el resultado del lavado con disolvente se reducirá a extender la contaminación a una zona más amplia. También suelen utilizarse emulsiones de marca, compuestos desengrasantes y limpieza al vapor. Los procedimientos recomendados se describen en la Norma Internacional ISO 8504:1992(E) y SSPC-SP1.

Los restos de laminación levemente adheridos, el óxido y las capas de pintura antiguas se pueden eliminar del acero mediante herramientas manuales como son: el cepillado a mano, lijado, rascado o desbastado. No obstante, estos métodos son incompletos y siempre dejan en la superficie del acero una capa de óxido fuertemente adherido. Los métodos para limpieza con herramientas manuales se describen en SSPC-SP2 y deben estar conformes con la norma ISO 8501-1:1988 grado St2-B, C o D. En estos casos, cuando no sea posible recurrir al sopleteado con abrasivos, se emplearán técnicas de cepillado enérgico o lijado a fondo equivalente al estado final que se conseguirá empleando elementos mecánicos. Este grado de limpieza responderá a la norma SIS 05 59 00 ST 3

La limpieza con herramientas mecánicas generalmente más eficaces y menos laboriosas que las herramientas de mano para la eliminación de los restos de laminación levemente adheridos, pintura y óxido. Sin embargo, con este método no se eliminará la capa de óxido y los restos de laminación fuertemente adheridos. Se suelen utilizar cepillos eléctricos de alambre y lijadores. Debe tenerse especial cuidado con los cepillos eléctricos de

alambre para no pulir la superficie metálica, ya que esto reduciría la adherencia de la capa de pintura aplicada a continuación. Los métodos correspondientes se describen en SSPC-SP3 y SSPC-SP1 y deben cumplir con la norma ISO 8501-1:1988 grado St3-B, C o D. SSPC-SP11 describe un grado de perfil de superficie que puede lograrse por medio de una limpieza con herramientas mecánicas.

El arenado es el método más eficaz para eliminar los restos de laminación, el óxido y los recubrimientos antiguos, utilizando abrasivos como la arena, grava o granalla a alta presión.

El grado de arenado adecuado para una especificación de recubrimiento determinada depende de un número de factores, siendo el más importante de ellos el tipo de sistema de recubrimiento seleccionado.

La norma utilizada es ISO 8501-1:1988(E), preparación del sustrato de acero antes de la aplicación de pinturas y productos afines - evaluación visual de la limpieza de la superficie.

Las normas SSPC e ISO no son idénticas, y por ello, ciertas hojas de datos de productos podrían mostrar el grado Sa2½ (ISO 8501-1:1988) como equivalente a SSPC-SP6, (limpieza por arenado comercial), mientras que otros serán equivalentes a SSPC-SP10 (metal casi blanco).

En el caso de tuberías y accesorios existentes, cuando no sea posible recurrir al sopleteado con abrasivos, se emplearán técnicas de cepillado enérgico o lijado a fondo equivalente al estado final que se conseguirá empleando elementos mecánicos. Este grado de limpieza responderá a la norma SIS 05 59 00 ST 3

Para el caso de tuberías y accesorios nuevos se exigirá en todos los casos sopleteado con abrasivos a metal casi blanco, según norma SP N° 10. La superficie terminada representa aproximadamente un 95% equivalente a metal blanco. Antes del arenado, el acero debe estar desengrasado y se deben eliminar todas las salpicaduras de soldadura.

Si la superficie contiene sales, grasa o aceite, aparentemente serán eliminados por el proceso de arenado, pero realmente no sucede así. Aunque no resulte visible, la contaminación continúa estando presente en una capa muy fina, y afectará la adherencia de las capas siguientes.

Se deben esmerilar las juntas de soldadura y los bordes afilados. Esto se debe a que los recubrimientos de pintura tienden a alejarse de los bordes afilados, lo cual da lugar a capas finas y a una protección menor. Las salpicaduras de soldadura son casi imposibles de cubrir de forma uniforme; además, frecuentemente son zonas de baja adherencia, por lo que suelen ser una causa habitual de fallo prematuro del recubrimiento.

Es importante el perfil de la superficie obtenido durante el arenado y dependerá del abrasivo utilizado, la presión del aire y la técnica de arenado. Un perfil demasiado bajo, puede que no proporcione un agarre suficiente para el recubrimiento, mientras que un perfil demasiado alto, puede originar un recubrimiento desigual, con picos altos y agudos que posiblemente causen el fallo prematuro del recubrimiento, especialmente en los recubrimientos de película fina, como por ejemplo las imprimaciones de arenado.

A continuación se muestra una breve guía de los perfiles típicos de rugosidad que se obtienen utilizando distintos tipos de abrasivo.

Tabla 5.6 Perfiles típicos de rugosidad

Tipo de abrasivo	Tamaño de la malla	Altura máxima del perfil
Arena muy fina	80	1.5 mils (37 micras)
Arena gruesa	12	2.8 mils (70 micras)
Granalla de hierro	14	3.6 mils (90 micras)
Escoria de cobre no metálico típico, grano de 1,5-2,0 mm	-	3-4 mils (75-100 micras)
Grava de hierro No. G16	12	8.0 mils (200 micras)

Pintado

Los recubrimientos, ya sea de fondo o de acabado, podrán ser aplicados mediante soplete o brocha.

En caso de realizarse repintado de tuberías existentes, se procederá a eliminar toda la pintura suelta, haciendo uso de los métodos de preparación de superficies de tal forma que la superficie a ser repintada tenga una apariencia uniforme. En el caso de observarse puntos de óxido se debe limpiar dicha zona hasta remover totalmente la pintura en un radio de 5 mm, para posteriormente aplicar las capas de base y de acabado. Cuando la pintura existente en la tubería muestre signos visibles de deterioro irreversible será necesario removerla en su totalidad para proceder con el pintado adecuado.

Las tuberías se pintaran de acuerdo al siguiente esquema:

- Una capa base de fondo antioxido al cromato de zinc.
- Dos capas de pintura de pintura epóxica con 8 mills de espesor aplicadas según la recomendación del proveedor de pintura (procedimiento de pintura a ser presentado por el constructor) y una capa de acabado de 4 mills de espesor con pintura a base de poliuretano.

Todos los elementos que se monten en la red de gas natural deben ser pintados de acuerdo a la Tabla 5.7. Aquellos equipos o accesorios que no se contemplen en dicho listado mantendrán el color propio de cada fabricante.

Tabla 5.7 Colores distintivos de los elementos en instalaciones de Gas Natural

Elemento	Color
Tuberías de conducción, bridas, válvulas en general	Amarillo canario
Tuberías de venteo	Amarillo con franjas naranja.
Perfil de bridas con junta dieléctrica	Rojo.
Soportes de tubería	Verde. (opcional)
Pre calentadores de gas	Aluminio silicona.
Palancas y volantes de válvulas	Negro.
Válvulas de corte de suministro a equipos.	Amarillo
Instrumentos y líneas de impulso.	Negro.
Tramos de medición inferencial	Gris.
Demás elementos para tratamiento de gas.	Blanco.

5.3 Ensayos a la red de tuberías de Gas Natural

5.3.1 Pruebas de Resistencia y Hermeticidad

Una vez finalizado el montaje de la instalación debe ser probada para verificar su hermeticidad y resistencia.

Se efectuará una prueba de resistencia con agua o aire de acuerdo a la presión de trabajo de las secciones de la instalación y una prueba de hermeticidad final.

Se efectuará una prueba de hermeticidad con aire a fin de localizar y eliminar toda pérdida de la instalación.

Los ensayos de resistencia deben realizarse en instalaciones que trabajen a más de 4,935 barg. (5 kg/cm²) con agua, para presiones menores se podrá realizar con aire o gas inerte.

Al efectuarse la prueba hidráulica se retirarán de la instalación todos aquellos elementos que pudieran ser dañados por el agua (reguladores, válvulas de seguridad, medidores, etc.) reemplazándolos por carretes.

Si un componente o equipo es el único ítem a ser reemplazado o agregado a una instalación industrial, no se requerirá prueba de resistencia si el fabricante del componente o equipo certifica que el mismo fue probado por lo menos a la presión requerida para la instalación a la cual será agregado.

Finalizadas las pruebas de resistencia El Instalador procederá a purgar y limpiar cuidadosamente la instalación, restituyendo todos aquellos equipos que por motivo de la prueba se hubiera retirado,

Las secciones de tubería que operan a menos de 4,935 barg. (5 kg/cm²) o más, la presión de prueba deberá ser 1,5 veces la máxima presión admisible de operación por un lapso no menor de 4 horas.

Las secciones de la instalación que operen a presión menor que 3 barg, pero mayor que 98 mbarg, deberán ser probadas a 1.5 veces la máxima presión admisible de operación durante un lapso no menor de 2 horas.

En sistemas de tuberías que trabajen a menos 60 mbarg, la presión de prueba será de 100 mbar.

En ningún caso se permitirá el uso de oxígeno u otro gas inflamable para verificar la hermeticidad o localizar pérdidas.

Se hará una prueba de hermeticidad final con aire a la presión de trabajo de la instalación, verificando tal hermeticidad pasando una solución de agua y jabón mientras el sistema se encuentre bajo presión, o prolongando el periodo de prueba a un tiempo no menor de 24 horas.

Los ensayos realizados a la instalación tendrán una validez de un año. En caso de que no se verificara la habilitación con gas de la misma en dicho lapso, las pruebas deberán repetirse.

5.3.2 Ensayos de juntas soldadas

Se realiza la inspección radiográfica al 100% de las juntas soldadas en base a un Procedimiento de Radiografiado previamente aprobado.

El Instalador tendrá a su cargo la provisión de los equipos radiográficos y de los elementos necesarios, así como también el personal requerido para la

realización de las tareas respectivas, los que deben permanecer en la obra, a fin de proceder al radiografiado de las costuras realizadas en la fecha, con una diferencia horaria mínima de 8 horas de su finalización.

El Constructor debe adjuntar en cada radiografía el informe del radiólogo y la evaluación de la calidad de la soldadura. Asimismo, debe entregar a la Inspección las placas radiográficas debidamente clasificadas para su fácil individualización.

Asimismo serán radiografiadas la totalidad de las uniones en cruces especiales de la línea, como así también en las uniones de tuberías en conjuntos prefabricados y en toda soldadura final que no pueda ser sometida a prueba hidráulica.

Se realiza los ensayos con líquidos penetrantes a todas aquellas soldaduras que no sean uniones a tope.

El Instalador presentará el procedimiento de ensayos con tintas penetrantes para su aprobación. Este procedimiento debe ajustarse a la norma ASTM E-165.

5.4 Señalización del sistema de tuberías

5.4.1 Rotulado de la tubería aérea.

La tubería aérea debe ser señalizada de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- ***Texto para identificación.***

Los rótulos de la tubería se colocarán de tal forma que sean fácilmente visibles por el personal de la planta. El texto que se debe leer en las tuberías debe hacer referencia a el fluido que circula por la tubería y la dirección del flujo y si el fluido es peligroso o seguro y la presión a la cual viaja el fluido. De acuerdo a lo dicho anteriormente, el rotulo en cada tubería debe ser: “PELIGRO GAS NATURAL 1.5 BAR”

A continuación de esta indicación debe ir una flecha que indique el sentido del flujo del gas.

- ***Color.***

La norma ASME A13.1 recomienda usar colores distintivos para cada tipo de fluido que circula por las tuberías, por lo que las letras de los rótulos deben ser de un color que contraste y permita una fácil identificación de la tubería. Para ello la norma ASME recomienda tres clasificaciones que agrupa a la mayoría de fluidos que se distribuyen a través de tuberías, a partir de dichas clasificaciones se tienen sub-clasificaciones que para las cuales se les ha

asignado un tipo de señalización adecuado dependiendo del riesgo que representa el fluido contenido en las tuberías.

El siguiente esquema se muestra el cuadro de clasificación que recomienda la norma ASME A13.1 - 1996.

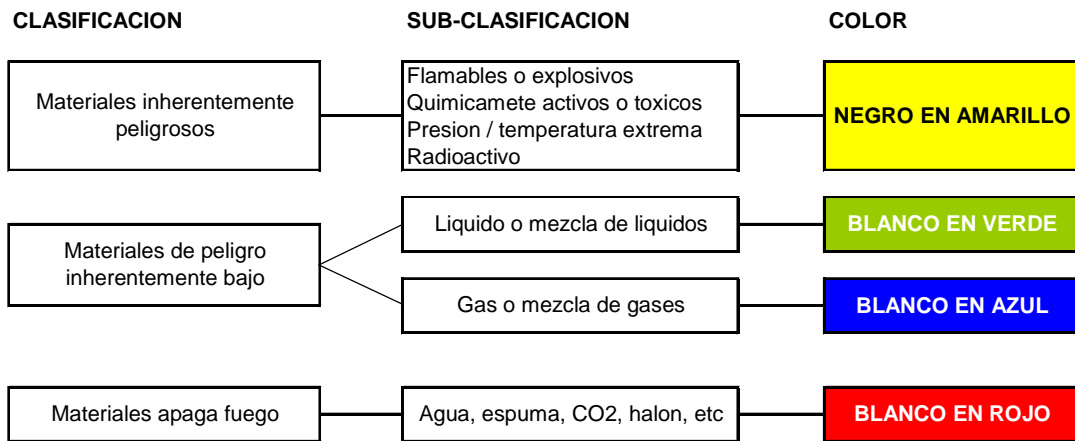


Figura 5.2 Cuadro que indica el tipo de rotulo con el cual se debe marcar las tuberías.

De acuerdo a sus características, el gas natural es un fluido inherentemente peligroso por lo que los rótulos de la tubería de gas deben tener la siguiente configuración.

PELIGRO GAS NATURAL 1.5 BAR

Figura 5.3 Texto de rotulo de tubería de gas

La norma ASME A13.1 recomienda también el alto de las letras y el largo de los rótulos de acuerdo al diámetro de tubería. Los tamaños recomendados se listan en la Tabla 1.

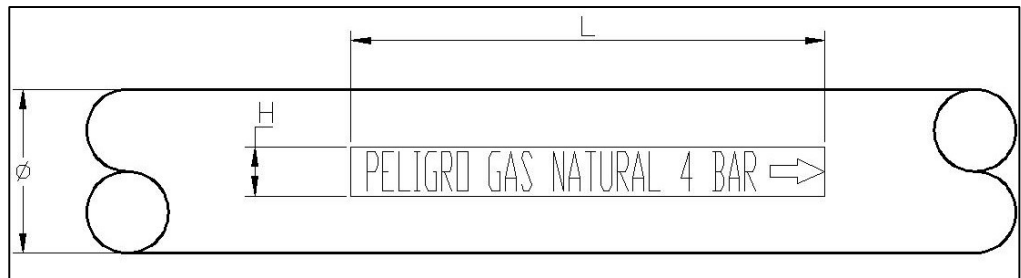


Figura 5.4 Rotulo en una tubería de gas natural. (Ref. ASME A13.1 – 1996)

Tabla 5.8 Tamaños recomendados para rótulos.

Diámetro exterior de tubería Φ	Alto del rótulo H	Largo del rótulo L
3/4" a 1 1/4"	1/2"	8"
1 1/2" a 2"	3/4"	8"
2 1/2" a 6"	1 1/4"	12"
8" a 10"	2 1/2"	24"
Mas de 10"	3 1/2"	32"

- **Ubicación de los rótulos.**

La norma ASME A13.1 recomienda colocar los rótulos adyacentes a válvulas, cambios de dirección, inmediatamente antes y después de un cruce a través de una pared y en tramos extensos de tubería se colocaran

los rótulos espaciados una distancia que puede oscilar entre 7.5 m (25 pies) y 15 m. (50 pies).

En la figura 5.5 se muestra lo que se indica en el párrafo anterior.

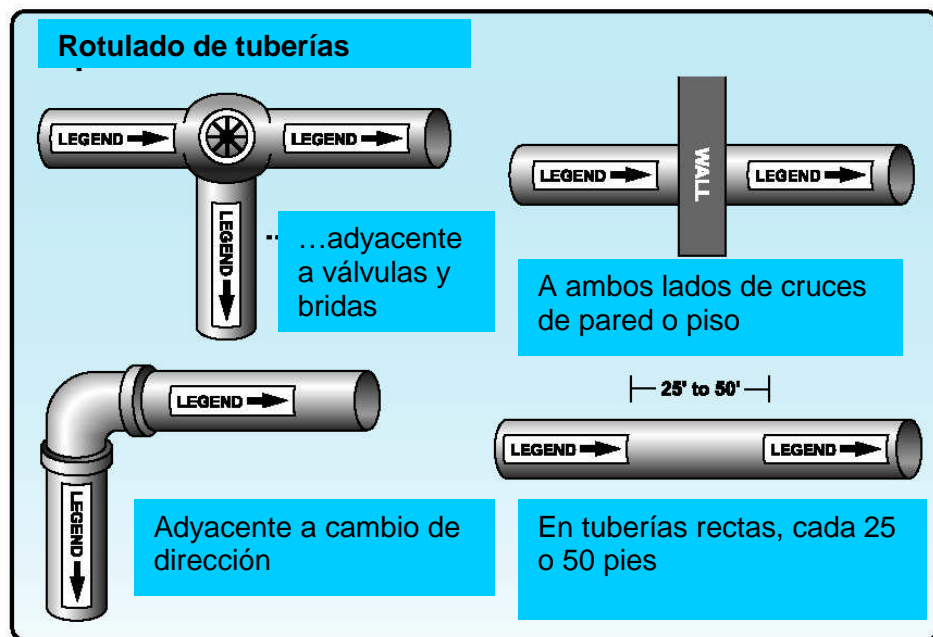


Figura 5.5 Colocación de rótulos en tuberías.

5.4.2 Rotulado en válvulas de corte de suministro.

- **Válvulas de corte de equipos.**

Las válvulas de corte de suministro que han sido consideradas en la alimentación de cada equipo o grupo de equipos deben llevar un rotulo que indique lo siguiente:

- Indicación: OPERAR SOLO EN CASO DE EMERGENCIA.
- Nombre del equipo o equipos a los que cortaría el suministro de gas natural.
- Indicación: GAS NATURAL - VALVULA DE CORTE DE SUMINISTRO.
- Presión del gas.

Las dimensiones y diseño de este rotulo atenderá a las disposiciones de señalización de la planta industrial donde se encuentren las instalaciones de gas sin embargo se sugiere el modelo de la figura 4. La ubicación de los rótulos debe ser tal que permita la identificación de la válvula a la cual hace mención el rotulo.



Figura 5.6 Rotulo sugerido para las válvulas de corte de suministro de cada equipo o grupo de equipos

- **Válvula de corte general de suministro.**

La válvula de corte general debe ser rotulada especialmente para indicar que el accionamiento accidental de esta válvula representa un peligro potencial para la planta. Como se indicó anteriormente se puede seguir los formatos de rotulación de la planta industrial. En la figura 5 se muestra un gráfico indicando el rotulo sugerido para esta aplicación. El rotulo de dicha válvula debe llevar las siguientes indicaciones:

- Indicación: OPERAR SOLO EN CASO DE EMERGENCIA.
- Indicación: LINEA DE GAS NATURAL
- Presión de trabajo de la línea de Gas Natural
- Indicación: VALVULA GENERAL DE CORTE DE SUMINISTRO.

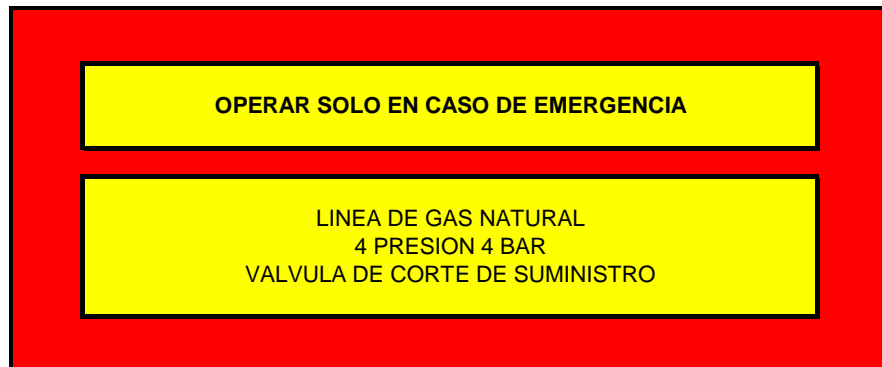


Figura 5.7 Rotulo sugerido para la válvula general de corte de suministro.

5.5 Documentación Post-Construcción

Una vez finalizada la Construcción y ensayos respectivos del Sistema de Tuberías, previo a la habilitación de gas natural se requiere la siguiente documentación:

- Procedimientos Operacionales para el uso del Gas Natural.
- Planta de Contingencias
- Programa de Mantenimiento Preventivo en las instalaciones involucradas con el Gas Natural.

Esta documentación será finalmente Certificada por una empresa certificadora y finalmente emitida a la empresa suministradora de Gas Natural.

5.5.1 Procedimientos Operacionales para el uso del Gas Natural

Los procedimientos operaciones indican los lineamientos Generales de operación del Sistema de tuberías de Gas Natural, excepto la Estación de Regulación y Medición Primaria, cuya operación y mantenimiento estará a cargo de la Empresa Distribuidora.

El Sistema de tuberías que se deberá operar y mantener estará constituido, de forma general, por los siguientes componentes:

- Tuberías, válvulas y accesorios

- Estaciones de regulación y medición secundaria
- Equipos de combustión

Válvula de bloqueo principal

La instalación cuenta con una válvula manual principal de bloqueo de suministro, a la salida del recinto de la ERM. La finalidad de esta válvula es la de cortar el suministro de gas a toda la instalación industrial.

Esta válvula es de tipo esférica y su accionamiento es a través de una palanca que lleva en su cuerpo metálico. Si la palanca esta alineada a la tubería esta abierta, si esta a noventa grados con respecto a la tubería, la válvula se encuentra cerrada.

Esta válvula debe accionarse solo en caso de emergencia.

Válvula de bloqueo de aislamiento de zonas

La instalación cuenta con una válvula de aislamiento de zona. Esta válvula se encuentra ubicada al ingreso de la zona de calderos.

Su finalidad de esta válvula es aislar el suministro de gas a las calderos de vapor y los calderos de aceite térmico.

Esta válvula debe accionarse solo en caso de emergencia que se produjera en la zona de calderos, de tal forma que dicho corte de suministro no afecte al resto de la instalación.

Válvulas de bloqueo de equipos de combustión

Toda la instalación cuenta con válvulas manuales de bloqueo de suministro para cada equipo individual, dichas válvulas se encuentran ubicadas de forma tal que se ha previsto la seguridad del operador al momento de accionarlas.

El accionamiento de estas válvulas será solo en caso de emergencia o de paradas programadas, dependiendo del criterio del personal que ejecute la operación y mantenimiento de la planta industrial.

Equipos de combustión

El procedimiento de operación de los equipos de combustión deberá ser de acuerdo a los Manuales de Operación y Mantenimiento (O&M) entregados por los proveedores de dichos equipos. En general el procedimiento de arranque y encendido será como sigue:

El arranque automático del(los) quemador(es) sólo debe permitirse cuando:

- Los dispositivos instalados proveedores de aire y gas combustible, como por ejemplo: caudal de aire, presión de gas, estanqueidad, etc. hayan sido comprobados para asegurar que funcionan correctamente en el arranque.
- Todas las sujeciones relevantes como por ejemplo: posición del (de los) quemador(es), posición de la(s) válvula(s), registros de chimenea(s), etc. Hayan sido probadas para estar en su correcta ubicación.

En caso de que estos sistemas no funcionen adecuadamente se deberá consultar los Manuales de Operación y Mantenimiento de los proveedores.

La energía liberada durante el comienzo del encendido de la llama de combustible para el arranque debe limitarse y el alcance de la presión máxima de un encendido retardado no debe causar ningún daño al equipo.

El proceso de encendido debe iniciarse inmediatamente después de terminar el proceso de purgado. Cuando el quemador principal es encendido por medio de un quemador piloto de encendido, el suministro de gas al quemador principal debe cortarse durante la pre-purga y el encendido del quemador piloto.

La(s) válvula(s) de parada de seguridad automática(s) del quemador principal se deben abrir sólo cuando la llama del quemador de encendido ha sido asegurada.

Los detalles correspondientes a cada uno de los equipos de combustión, deberán verificarse en los manuales de Operación y Mantenimiento proporcionados por los fabricantes de los equipos.

5.5.2 Programa de Mantenimiento Preventivo de las Instalaciones involucradas con el Gas Natural

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de servicios que hay que prever de manera periódica a fin de detectar con anticipación posibles interrupciones o fuertes depreciaciones del equipo y de esta manera realizar los ajustes necesarios. Esto puede ser desde una rutina de lubricación hasta la adaptación, después de un determinado tiempo, de piezas o componentes.

La reparación es una operación de carácter accidental y puede presentarse de imprevisto.

El mantenimiento preventivo en gran medida suprime la reparación.

Una buena práctica en el control y el mantenimiento de los calderos y demás equipos térmicos, consiste en asegurar que se cumplan las condiciones de operación que se establecieron para su funcionamiento, cuyos puntos principales son:

- Capacidad de producción
- Calidad de los productos
- Rendimiento térmico
- Seguridad de funcionamiento
- Higiene de las condiciones de trabajo.

La condición ideal de operación para cualquier equipo será aquella prevista en su diseño, el cual implica la precisión y regulación de la combustión; sin embargo, las causas de posibles desarreglos son múltiples:

- Las derivadas de las condiciones de marcha de los quemadores, mecanismos de regulación, sistemas de control, etc.
- La obstrucción de filtros, cámaras de combustión, conductos, galerías de humos, etc.
- Las corrosiones químicas, las contracciones térmicas, los desgastes mecánicos, etc.
- El envejecimiento de las membranas de los medidores de flujo, reguladores de presión, sensores, etc.

5.5.2.1 Alcances

El programa de mantenimiento preventivo de las Instalación abarca: las redes de tuberías, los accesorios, componentes y equipos de combustión relacionada con el gas natural. El programa de mantenimiento no incluye la Estación de regulación y medición primaria, dado que esta estará a cargo de la empresa distribuidora.

El Plan se ha desarrollado en base a las recomendaciones de los fabricantes.

El plan mínimo de mantenimiento comprende la inspección y acción que se debe realizar con los diferentes componentes del sistema.

Asimismo deberá proveerse en todo tiempo una provisión adecuada de repuestos para las reposiciones.

5.5.2.2 Programa de mantenimiento preventivo

Las tablas que se muestran a continuación, indican el mantenimiento preventivo previsto para los diferentes elementos de la instalación de gas natural.

Tabla 5.9 Redes internas de gas natural

ITEM	ELEMENTO	CONTROL	MEDIO	FRECUENCIA	FALLA	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO
1	TUBERIAS	Estanquidad	Puesta en presión manómetro Agua jabonosa Medidor de metano	1 año	Fuga	Localización de la fuga y reparación (elemento de calización, junta, soldadura, roscas, etc.)
2	VALVULAS	Estanquidad externa	Puesta en presión manómetro Agua jabonosa Medidor de metano	1 año	Fuga	Sustitución de juntas o prensa-estopa
		Estanquidad interna	Manómetro	1 año	Fuga	Sustitución de juntas y <<clapets>> internos o sustitución del elemento
		Libre funcionamiento de los órganos	Manual	1 año	Imposibilidad de maniobra	Desatamiento o sustitución del elemento.
3	FILTROS	Estanquidad externa	Puesta en presión manómetro Agua jabonosa Helio	1 año	Fuga	Sustitución de las juntas
		Obstrucción	Visual Manométrico	Filtro gas: 1 año Filtro aire: según situación	Pérdida de presión	Limpieza o sustitución
4	REGULADORES DE PRESION	Presión de salida	Manómetro	6 meses	Perturbación de la presión de salida	Regular
		Estanquidad interna	Manómetro	1 año	Fuga	Limpieza o sustitución del <<clapet>> y asiento
		Estanquidad externa	Agua jabonosa	1 año	Fuga	Sustitución de juntas
5	MEDIDORES	Presión diferencial	Manómetro	Según pureza de fluido	Obstrucción	Limpieza

Tabla 5.10 Quemadores

ITEM	ELEMENTO	CONTROL	MEDIO	FRECUENCIA	FALLA	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO
1	QUEMADOR	Aspecto de la llama	Visual	1 día	Desprendimiento de la llama, inestabilidad, propagación al interior, ruido, calor	Puesta en estado del sistema de mantenimiento de la llama (llama piloto, cono de combustión refractario, boca del quemador, etc.)
		Calidad de la combustión	Visual Analizador Caudalímetro	Según utilización	Pérdida de rendimiento, sobrecalentamiento, Emisión de hollín o inquemados	Regulación de la combustión por ajuste de los caudales de aire y de gas
2	PILOTO	Aspecto de la llama	Visual	1 día	Desprendimiento de la llama, llama demasiado larga, llama amarilla, etc.	Regulación de la combustión por ajuste de los caudales de aire y gas
3	VENTILADOR	Obstrucción del filtro o de la parrilla de aspiración	Visual Manómetro Caudalímetro	Según atmósfera ambiente	Disminución de la presión	Limpieza
		Estado de las palas	Manómetro Caudalímetro	1 año	Disminución de la presión	Limpieza en caso de obstrucción Sustitución si es necesaria
		Velocidad de rotación	Cuenta velocidades	1 año	Disminución de la presión	Comprobar la tensión de las conchas Comprobar la conexión eléctrica Comprobar los rodamientos
4	REGISTRO DE AIRE	Eficacia	Visual o análisis de humos o caudalímetro	Según atmósfera ambiente	Mala combustión o ausencia de llama	Limpieza del órgano de obturación (mariposa, opérculo, persiana, etc.)
		Libre funcionamiento	Visual	3 meses	Mala combustión Puesto en seguridad	Limpieza-desbloqueo de los registros
		Conexión órgano de mando-obturador	Visual	1 año	Mala combustión Puesto en seguridad	Reparación de la conexión

Tabla 5.11 Tren de válvulas de quemadores

ITEM	ELEMENTO	CONTROL	MEDIO	FRECUENCIA	FALLA	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO
1	SENSOR DE TEMPERATURA	Verificación-contraste del captador Estado de la funda de protección del captador	Visual Comparación con aparatos patrón	3 a 6 meses	Deterioro del captador Regulación defectuosa	Cambiar el elemento defectuoso
2	SENSOR DE PRESION	Paso libre d los Manómetros contuctos del captador	Manómetro	Según utilización	Regulación defectuosa	Limpieza de los conductos del captador
3	SERVOMOTORES DE ACTUADORES	Regulación de las bielas de accionamiento de las válvulas	Manómetro o Analizador	3 a 6 meses	Combustión defectuosa a ciertos regímenes	Regulación de las bielas
		Tiempo de respuesta	Visual Cronómetro	3 a 6 meses	Tiempo de respuesta demasiado largo o demasiado corto	Ajuste
4	VALVULAS	Libre funcionamiento y eficacia	Manómetro Manual	3 a 6 meses	Defecto de regulación y (o) de combustión	Desatascado, desbloqueado, limpieza, reparación
5	VALVULAS DE SOLENOIDE	Estanquidad interna	Manómetro	3 a 6 meses	Fuga	Limpieza o sustitución del elemento defectuoso
6	REGULADOR DE PRESION	Limpieza de las tomas de presión	Manómetro	3 a 6 meses	Regulación defectuosa	Limpieza (ver alimentación de fluidos)
7	SENSOR DE GASES DE COMBUSTION	Libre funcionamiento y eficacia	Visual Manual	3 a 6 meses	Sobrepresión o depresión anormal	Ajuste

Tabla 5.12 Sensores y Actuadores

ITEM	ELEMENTO	CONTROL	MEDIO	FRECUENCIA	FALLA	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO
1	ELECTRODO DE IONIZACION	Desgaste	Control de la corriente de ionización por un micro-amperímetro	1 mes	Señal de detección en ausencia de la llama Puesta en seguridad intempestiva	Sustitución
		Posición		1 mes	Idem.	Colocación en posición correcta
		Limpieza	Visual	1 mes	Idem.	Limpiarlo
2	SENSOR DE LLAMA	Desgaste	Control de la corriente por amperímetro o minivoltímetro	1 mes	Señal de detección en ausencia de la llama Puesta en seguridad intempestiva	Sustitución
3	PROGRAMACION DE TIEMPOS DE ENCENDIDO	Temporización	Visual Cronómetro	3 meses	Secuencias demasiado largas o demasiado cortas	Colocación en estado correcto Sustitución

Tabla 5.13 Equipos térmicos

ITEM	ELEMENTO	CONTROL	MEDIO	FRECUENCIA	FALLA	OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO
1	HOGAR DEL EQUIPO	Estado refractario	Examen visual completo	Según estado máx. 1 año	Piezas refractarias desplazadas o reformadas	Colocación en estado correcto Reparación
2	AISLAMIENTO	Estado y eficacia del aislamiento	Examen visual completo	Según estado máx. 1 año	Fugas anormales Pérdidas de calor Pérdidas de rendimiento	Reposición de la junta
3	DUCTOS PARA GASES	Paso libre de los humos	Visual manométrico	Según estado	Sobre presión	Reconstrucción de las paredes
		Estanquidad de las mirillas	Examen visual completo	6 meses	Entrada de aire, salida de humos	Colocación en estado correcto o sustitución de Iso pirómetros fijos
4	EQUIPO COMPLETO	Temperatura	Visual pirómetro de referencia	3 meses	Temperatura demasiado elevada debido a una medición fija defectuosa	Colocación en estado correcto o sustitución de los pirómetros fijos
5	SISTEMAS DE CIERRE O APERTURA DE AIRE Y GASES DE COMBUSTION	Estanquidad de los sistemas de aire	Visual	6 meses	Entrada de aire, salida de humos. Nivel de presiones del recinto fuera de los valores previstos	Puesta en estado de los órganos defectuosos

5.5.3 Plan de Contingencias de las instalaciones de Gas Natural

El objetivo del plan de contingencias es atender y controlar situaciones de emergencia, en caso de fuga de Gas natural en las instalaciones respectivas, ya sea con presencia o no de llama; cuya consecuencia pueda afectar al personal, materiales, equipo, maquinarias, procesos productivos, instalaciones o medio ambiente.

El Presente plan de contingencias se ha elaborado en trabajo conjunto con el personal de la Empresa contratista y personal de seguridad y mantenimiento de la Planta.

5.5.3.1 Alcances del Plan

El plan de contingencias contempla los siguientes aspectos:

1. Organización general de emergencias
2. Acciones de prevención y lucha en caso de fuga de gas natural con y sin llama.
3. Acciones de evacuación.

5.5.3.2 Objetivos

- Salvaguardar la salud y vida de los trabajadores, contratistas, proveedores y demás personal involucrado con las actividades de la empresa.
- Brindar los procedimientos y acciones de respuesta ante situaciones de fuga de gas natura con y sin llama.
- Restituir a la normalidad con la mayor rapidez posible y menor costo, la continuidad en las operaciones de la Planta.

5.5.3.3 Impacto posible del estado de emergencia

SOBRE EL PERSONAL

- Pérdida de trabajo
- Muerte
- Lesiones Graves

SOBRE LA PLANTA

- Pérdida temporal o permanente de las instalaciones y equipo especializado
- Pérdida de información vital y de propiedad intelectual
- Incapacidad de continuar operando en el área

5.5.3.4 Identificación de riesgos

La siguiente tabla muestra los riesgos potenciales para los diferentes puntos de las instalaciones relacionadas al Gas Natural.

Tabla 5.14 Identificación de riesgos en las instalaciones de gas natural

Item	Zona	Riesgo Asociado	Consecuencias	Medida de Control
1	Estación de regulación	Debilitamiento de tubería	Personales : Asfixia, quemaduras, muerte Instalaciones: Tubería rotas afectación zona de tránsito. Producción: Parada total de planta	Aplicar programa de mantenimiento
		Válvulas: Fuga de gas con y sin llama		Verificación de Mantenimiento de ERMP, por parte de empresa distribuidora.
		Filtros: Fuga de gas con y sin llama		
		Junta de Brida: fuga de gas con llama y sin llama		
2	Zona de Calderas	Rotura de tubería por colisión de objeto.	Personales : Quemaduras, muerte Instalaciones: Tubería y válvula rotas Producción: parada de zona de calderas, afecta máquinas ramas, que usa el aceite térmico, y todos los procesos que utilizan vapor.	Colocar baranda protectora a las subestaciones de regulación y medición.
		Colisión de objeto contra válvula de corte.		Señalización, protecciones procedimientos internos: Inspecciones, permisos de trabajo
		Tren de válvulas : Fuga de gas con y sin llama		Aplicar programa de mantenimiento
		Válvula: Fuga de gas con y sin llama		
3	Zona de Secadora	Colisión de objeto contra tubería	Personales : Quemaduras, muerte Instalaciones: Tubería rotas afectación zona planos Producción: parada de secadora.	Señalización, protecciones procedimientos internos: Inspecciones, permisos de trabajo
		Tren de válvulas : Fuga de gas con y sin llama		Colocar baranda protectora a las subestaciones de regulación y medición.
4	Zona de Comedor	Rotura de mangueras metálicas	Personales : Quemaduras, muerte Instalaciones: Manguera metálicas rotas. Producción: Parada del comedor.	Señalización, protecciones procedimientos internos: Inspecciones, permisos de trabajo

5.5.3.5 Organización frente a un estado de emergencia

Se deben determinar los miembros claves con que deben contar el equipo, según los recursos y necesidades para la aplicación del Plan de Control de Emergencias.

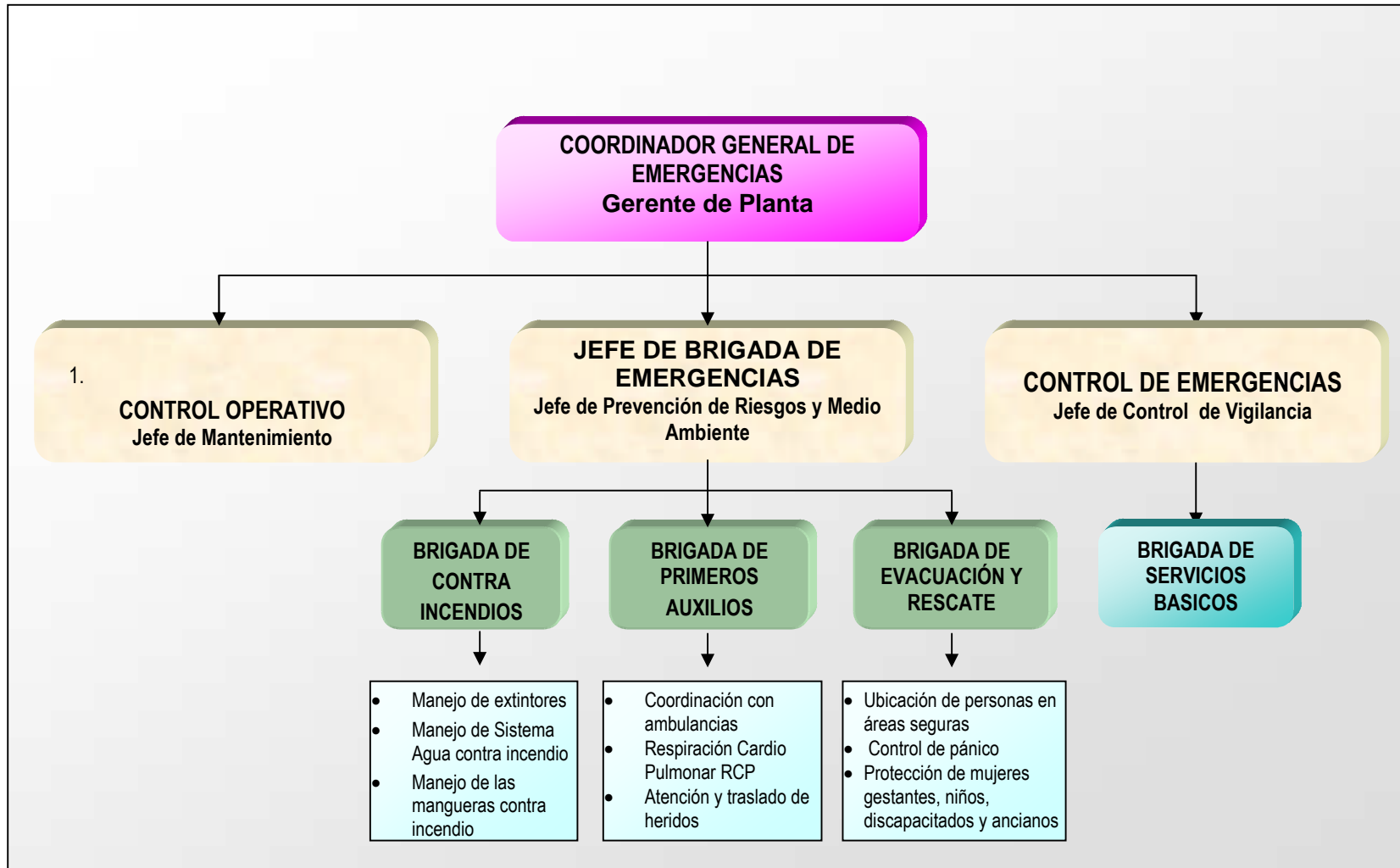
Los miembros a tenerse en cuenta para la organización de este equipo son:

Tabla 5.15 Funciones de los miembros de la organización

PUESTO	FUNCION
Coordinador General	<p>Jurisdicción: Gerente de Planta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ejercer la dirección directa de las operaciones de la fábrica fuera de la zona afectada. • Dirigir el cierre de planta y su evacuación. • Velar por que las victimas reciban una atención adecuada. • Coordinar el movimiento del tráfico dentro de los lugares de trabajo. • Establecer comunicación con los funcionarios principales de servicios: Calidda, bomberos y policía. • Emitir declaraciones autorizadas a los medios de información. • Supervisar la rehabilitación de las zonas afectadas después de la emergencia.
Control Operativo	<p>Jurisdicción: Jefe de Mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordina los apoyos logísticos y humanos para el control y la mitigación de la emergencia. • Iniciación de los procedimientos de urgencia para velar por la seguridad de los empleados y reducir al mínimo los daños de la fábrica, los bienes y las pérdidas de material. • Dirección de las operaciones de rescate y búsqueda de victimas, además de contrarrestar el incendio, de ser necesario hasta que lleguen los

	bomberos.
Control de Emergencias	<p>Jurisdicción: Jefe de control de Vigilancia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dar alerta de emergencia a todas las áreas de la planta. • Solicitar la ayuda externa apropiada para combatir la emergencia, de acuerdo a lo indicado por el jefe de planta. • Dar aviso a los altos funcionarios de la empresa.
Jefe de Brigada de Emergencias	<p>Jurisdicción: Jefe de prevención de riesgos y medio ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el adiestramiento correspondiente para su actuación en caso de fugas de gas con llama y sin llama. • Participar en los entrenamientos, simulacros y ejercicios de control de incendios o primeros auxiliaos. • Desarrollar las actividades establecidas durante la emergencia: <p>Tendrá a su cargo las siguientes Brigadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brigada contra incendio • Brigada de evacuación y rescate • Brigada de primeros auxilios.

Tabla 5.16 Comité Central de Emergencias



PLAN DE ACCIÓN EN CASO DE FUGA DE GAS SIN LLAMA

El objetivo es minimizar la expansión del gas natural en el área afectada, reduciendo así el impacto en el área de trabajo y la posibilidad del inicio de un incendio.

El presente plan será de aplicación en las áreas donde se transporta y/o consume gas natural.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de las acciones a realizarse frente a este evento:

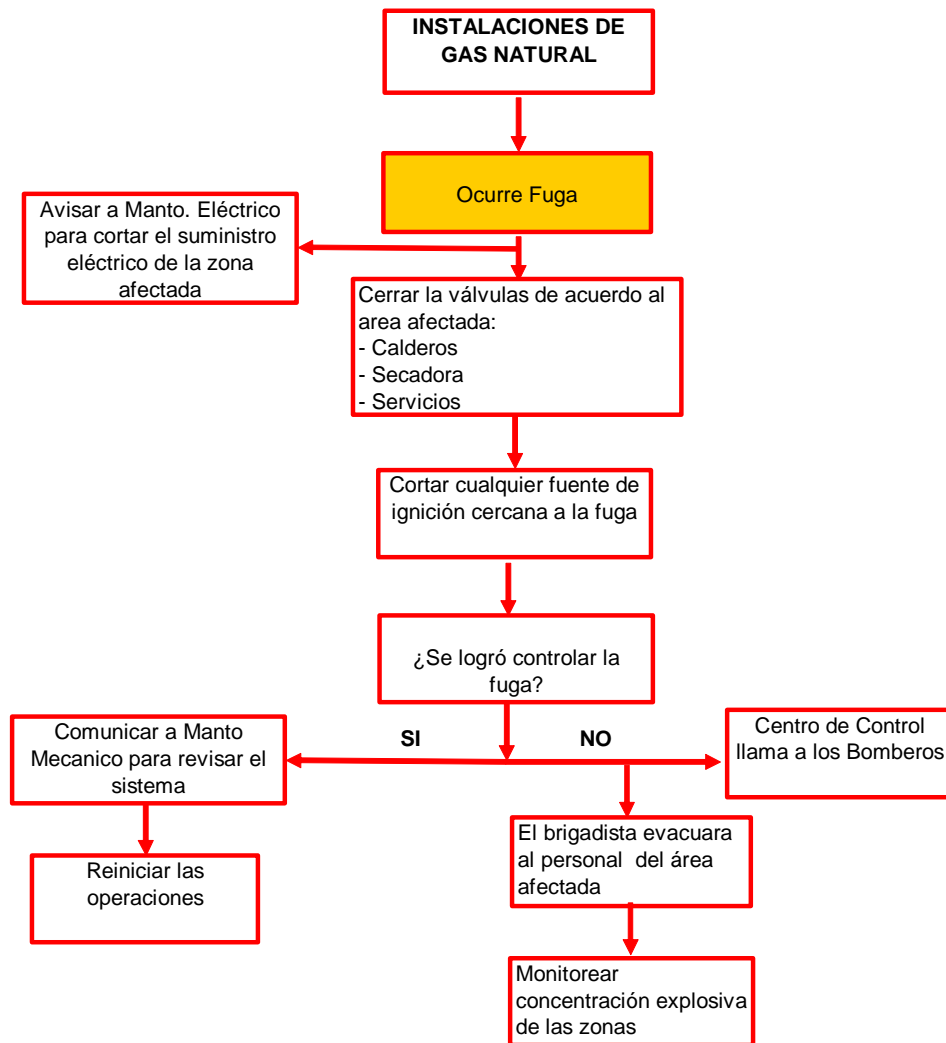


Figura 5.8 Diagrama de flujo en caso de fuga de gas sin llama

PLAN DE ACCIÓN EN CASO DE FUGA DE GAS CON LLAMA

El objetivo de este plan es controlar el avance del fuego y extinguirlo en su totalidad.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de las acciones a realizarse frente a este evento:

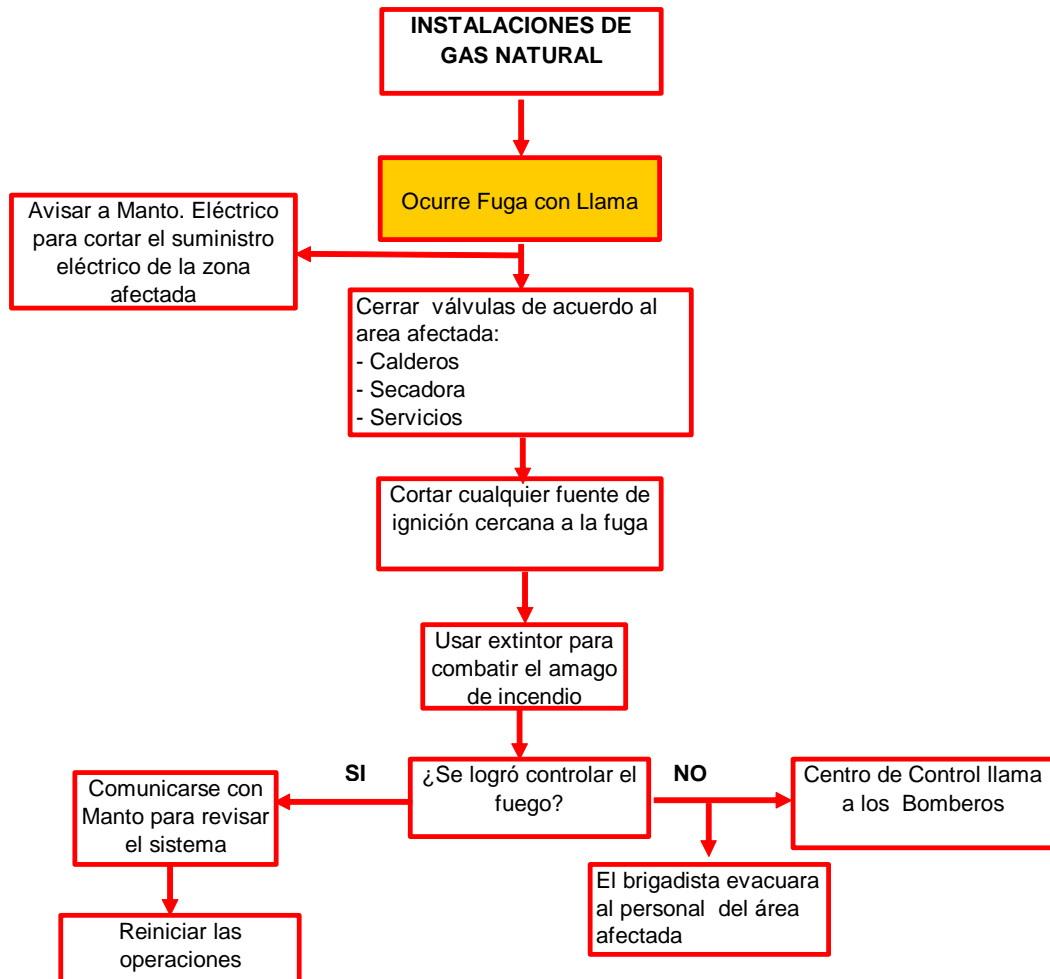


Figura 5.9 Diagrama de flujo en caso de fuga de gas con llama

5.6 Habilitación de las Instalaciones

Una vez presentada y aprobada la documentación post-construcción por parte de la empresa Distribuidora, esta conjuntamente con el ente fiscalizar realizar una visita para inspeccionar las instalaciones. De no haber ninguna observación al respecto se programa una fecha para la habilitación del gas natural.

Luego en la fecha prevista para la habilitación, se realizara primeramente una purga a la instalación hasta alcanzar el 100% de gas natural seco en el sistema de tuberías, luego se ira aumentando gradualmente la presión hasta alcanzar la presión regulada prevista para la instalación.

Finalmente se pone en marcha los equipos de consumos calibrando y ajustando sus parámetros particulares de cada uno de ellos.

Al finalizar la habilitación el usuario conjuntamente con el cliente firmarán un acta de habilitación del medidor de gas natural, en presencia de un notario.

6

ASPECTOS ECONOMICOS

6.1 Presupuesto de inversión

La inversión total para la realización del Proyecto de conversión a Gas Natural, el cual incluye ingeniería, materiales y equipos, y construcción se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.1 Presupuesto de inversión del Proyecto

Item	Designación	Cant.	Unid.	Precio Unit. US\$	Precio Tot. US\$
1	Estación de Regulación y Medición				
	Skid de regulación	1	pza	21,600.00	21,600.00
	Medidor G1000	1	pza	5,467.00	5,467.00
	Corrector Electrónico	1	pza	1,698.00	1,698.00
	Instalación	1		3,440.00	3,440.00
2	Aplicaciones				
	App1: Generador de vapor 600 BHP				
	Quemador y tren de Válvulas	1	pza	24,987.30	24,987.30
	Regulador de presión Cap. 700Sm3/h + Manómetros	1	pza	2,300.00	2,300.00
	Válvula de alivio	1	pza	133.50	133.50
	Medidor tipo Turbina G400	1	pza	3,581.00	3,581.00
	Corrector Electrónico	1	pza	1,952.00	1,952.00
	Filtro tipo cartucho 3"	1	pza	2,500.00	2,500.00
	Instalación	1		4,394.00	4,394.00
	App2: Generador de vapor de 800 BHP				
	Kit de conversión	1	pza	21,060.00	21,060.00
	Regulador de presión Cap. 930 Sm3/h + Manómetros	1	pza	5,372.90	5,372.90
	Válvula de alivio	1	pza	133.50	133.50
	Medidor tipo Turbina G650	1	pza	3,581.00	3,581.00
	Corrector Electrónico	1	pza	1,952.00	1,952.00
	Filtro tipo cartucho 3"	1	pza	2,500.00	2,500.00
	Instalación	1		2,350.00	2,350.00
	App3: Caldero Konus 930 kW				
	Quemador y tren de Válvulas	1	pza	11,619.93	11,619.93
	Regulador de presión Cap. 132Sm3/h + Manómetros	1	pza	660.00	660.00
	Medidor tipo Rotativo G65	1	pza	1,583.07	1,583.07
	Corrector Electrónico	1	pza	1,952.01	1,952.01
	Filtro tipo cartucho 2"	1	pza	1,500.00	1,500.00
	Instalación	1		1,991.54	1,991.54
	App4: Caldero Konus 1450 kW				
	Quemador y tren de Válvulas	1	pza	16,753.23	16,753.23
	Regulador de presión Cap. 200 Sm3/h + Manómetros	1	pza	660.00	660.00
	Medidor tipo Rotativo G100	1	pza	1,583.07	1,583.07
	Corrector Electrónico	1	pza	1,952.01	1,952.01
	Filtro tipo cartucho 2"	1	pza	1,500.00	1,500.00
	Instalación	1		2,787.40	2,787.40
	App5: Secadora Heliot				0.00
	Regulador de presión Cap. 175 Sm3/h + Manómetros	1	pza		
	Medidor tipo Rotativo G100	1	pza	1,050.00	1,050.00
	Corrector Electrónico	1	pza	1,952.01	1,952.01
	Filtro tipo cartucho 2"	1	pza	1,500.00	1,500.00
	Instalación	1		350.00	350.00
	App6: Grupo eléctrico 600 kW				
	Kit de conversión	1	pza	16,500.00	16,500.00
	Regulador de presión Cap. 120 Sm3/h + Manómetros	1	pza	1,050.00	1,050.00
	Medidor tipo Rotativo G100	1	pza	1,583.07	1,583.07

	Corrector Electrónico	1	pza	1,952.01	1,952.01
	Filtro tipo cartucho 2"	1	pza	1,500.00	1,500.00
	Instalación	1		250.00	250.00
	App7: Servicios-Cocina				
	Regulador de presión Cap. 10 Sm3/h + Manómetros	1	pza	115.00	115.00
	Medidor tipo Diafragma G6	2	pza	165.00	114.00
	Corrector Electrónico	1	pza	0.00	0.00
	Filtro tipo Strainer 1"	1	pza	50.00	50.00
	Instalación	1		180.00	180.00
	App8: Servicios-Termas				
	Termas a gas natural	3	pza	450.00	1,350.00
	Regulador de presión Cap.10 Sm3/h + Manómetros	1	pza	115.00	115.00
	Medidor tipo Diafragma G6	1	pza	165.00	114.00
	Corrector Electrónico	1	pza		0.00
	Filtro tipo Strainer 1"	1	pza	50.00	50.00
	Instalación	1		150.00	150.00
	Instalación de red de tuberías mas materiales				
3	Tubería aérea 6" mas instalación	110	m	96.70	10,637.00
	Tubería aérea 4" mas instalación	80	m	58.46	4,676.80
	Tubería aérea 3" mas instalación	76	m	47.24	3,590.24
	Tubería aérea 2" mas instalación	70	m	30.98	2,168.60
	Tubería aérea 1" mas instalación	45	m	24.70	1,111.50
	Válvulas esféricas de corte 6"	5	pza	675.20	3,376.00
	Válvulas esféricas de corte 4"	4	pza	474.20	1,896.80
	Válvulas esféricas de corte 3"	2	pza	314.60	629.20
	Válvulas esféricas de corte 2"	15	pza	153.00	2,295.00
	Válvulas esféricas de corte 1"	15	pza	24.00	360.00
4	Sistema Back-up				0.00
	Mezclador + Tanque	1	pza	23,000.00	23,000.00
	Vaporizador Algas 29.1 MMBTU/h	1	pza	5,885.76	5,885.76
	Bomba de GLP liquido	1	pza	10,441.00	10,441.00
	Instalación	1		700.00	700.00
5	Consultoria				
	Ingeniería	195	horas	20.00	3,900.00
	Procura	140	horas	15.00	2,100.00
	Diseñador	90	horas	18.00	1,620.00
	Asesor externo	20	horas	100.00	2,000.00
	Gastos Administrativos				6,000.00
6	Imprevistos				10,794.30
7	Margen de Utilidad				16,839.10

Total de Inversión **\$297,490.85**

6.2 Determinación de la tarifa del Gas Natural

El proyecto del gas de Camisea ha sido dividido en tres módulos: Producción, Transporte y Distribución. En cada módulo se genera un costo. En la Producción se genera el precio del gas en boca de pozo. En la etapa de Transporte y Distribución se forma la tarifa por transporte y la tarifa de distribución, respectivamente. Esta última comprende 2 componentes: uno que proviene de la alta presión y otro de la baja presión, denominada también “Las Otras Redes”.

La fijación de las Tarifas de Distribución en Baja Presión esta compuesta por los siguientes costos:

- Margen de Distribución
- Margen de Comercialización:
 - Fijo,
 - Variable
- Costo de Acometidas
 - Presupuesto de Acometida
 - Cargo por la Acometida
 - Cargo por Mantenimiento y Reposición de la Acometida

De conformidad con lo dispuesto por el Artículo 3° de la Ley N° 27332, Ley Marco de los Organismos Reguladores de la Inversión Privada en los Servicios Públicos y el inciso q) del Artículo 52° del Reglamento General de OSINERG, aprobado por Decreto Supremo N° 054-2001-PCM, el OSINERG tiene el

encargo de fijar, revisar y modificar las tarifas y compensaciones por el servicio de distribución de gas natural por red de ductos.

OSINERG identifica cuatro categorías de consumidores o niveles de consumo en baja presión. A cada categoría se ha asociado un consumo mínimo facturable por la red de distribución como se aprecia en el siguiente cuadro:

Tabla 6.2 Categoría de clientes

Categoría	Rango de Consumo Sm3/mes
A - Residencial	Hasta 300
B - Comercial	301 - 17 500
C - Industria mediana	17 501 - 300 000
D - Industria grande	Más de 300 000

De acuerdo a los cálculos evaluados por Osinerg, conjuntamente con los Concesionarios del Proyecto Camisea, se tiene los siguientes precios medios finales del Gas Natural para los diferentes tipos de categorías:

Tabla 6.3 Tarifas promedias de gas natural por categorías

Categoría	Pass-Through (US\$/MMBTU)			Tarifa Media "Otras Redes"	Precio Medio Final de GN
	Precio del gas	PTRPT 1/	PTRPD 1/		
A	1.80	1.08	0.17	US\$/MMBTU 6.85	US\$/MMBTU 9.90
B	1.80	1.08	0.17	US\$/MMBTU 5.33	US\$/MMBTU 8.38
C	1.80	1.08	0.17	US\$/MMBTU 1.68	US\$/MMBTU 4.73
D	1.80	1.08	0.17	US\$/MMBTU 0.60	US\$/MMBTU 3.65

Para el caso del Proyecto de Conversión de la Planta Textil, tiene un consumo mensual superior a 300 000 Sm³ mensuales de consumo, que de acuerdo a la Tabla 6.2 le corresponde la categoría D.

6.3 Ahorros esperados al operar con Gas Natural

Al operar la Planta con gas Natural, se generarán ahorros directos por cambio de combustible y ahorros indirectos debido a cuestiones operacionales con los petróleos residuales.

Los ahorros indirectos anuales al usar gas natural con respecto a los petróleos residuales, se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 6.4 Ahorros indirectos al usar gas natural respecto al uso de los petróleos residuales.

Ahorros Porcentuales				
1	Menos exceso de aire (6% exceso de aire para P. Resid. - 2% para GN)	1.20	%	
2	Inquemados (0,5% para P. Resd. y 0% for GN)	0.50	%	
3	Incremento de temperatura de gases de combustión por ensuciamiento (0.5% de pérdida de eficiencia por cada 10°C)	0.75	%	
4	Perdidas de calor en tanques de almacenamiento	1.35	%	
5	Perdidas de calor en el transporte hacia el punto de consumo almacenamiento	0.10	%	
Porcentaje de Ahorro		3.90	%	
Ahorro Total Porcentual		51,225.72	US\$	
Ahorros adicionales estimados				
6	Pre calentamiento del residual con vapor	743.00	US\$	
7	Limpieza	146.64	US\$	
8	Mantenimiento adicional	253.28	US\$	
9	Ahorro Salario Operador de Caldero	800.00	US\$	
10	Mantenimiento Preventivo	730.00	US\$	
11	Costo de Bombeo	1,276.80	US\$	
12	Aditivos	8,968.70	US\$	
Ahorro Total Adicional		12,918.42	US\$	
Ahorro Indirecto total		64,144.14	US\$	

Los ahorros anuales totales, directos e indirectos, generados al operar con gas natural, para cada aplicación, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.5 Ahorros directos e indirectos por cambio de combustible actual a gas natural

App.	Designacion	Comb. Usado	Consumo	Cons. Gas Natural	Energia GN	Combustible	Gas Natural	Ahorros	Ahorros	Total
			Anual Gal.	Sm3/h	MMBTU	Usado US\$	US\$	Directos US\$	Indirectos US\$	Ahorros US\$
1	Generador de Vapor 600 BHP	R-500	1,516,838.40	5,814,720.00	221,191.95	1,167,965.57	807,350.61	360,614.95	23,850.28	384,465.23
2	Generador de Vapor 800 BHP	R-500	2,001,542.40	7,706,880.00	293,169.72	1,541,187.65	1,070,069.46	471,118.19	31,611.36	502,729.55
3	Caldero de Aceite Termico 930 kW.	R-4	224,640.00	1,010,880.00	38,453.88	303,264.00	140,356.64	162,907.36	4,146.33	167,053.69
4	Caldero de Aceite termico 1450 KW	R-4	349,920.00	1,105,920.00	42,069.20	472,392.00	153,552.57	318,839.43	4,536.16	323,375.59
5	Secadora Heliot 150 BHP	GLP	168,000.00	898,560.00	34,181.22	188,160.00	124,761.46	63,398.54	0.00	63,398.54
6	Generador de Electricidad 600 kW.	D-2	168,000.00	984,960.00	37,467.88	258,720.00	136,757.76	121,962.24	0.00	121,962.24
7	Servicios - Termas	Elect.	-	8,640.00		2,799.36	1,199.63	1,599.73	0.00	1,599.73
8	Servicios - Comedor	GLP	-	86,400.00	3,286.66	38,167.24	11,996.29	26,170.94	0.00	26,170.94
TOTAL				17,616,960.00	669,820.49	3,972,655.81	2,446,044.43	1,526,611.39	64,144.14	1,590,755.52

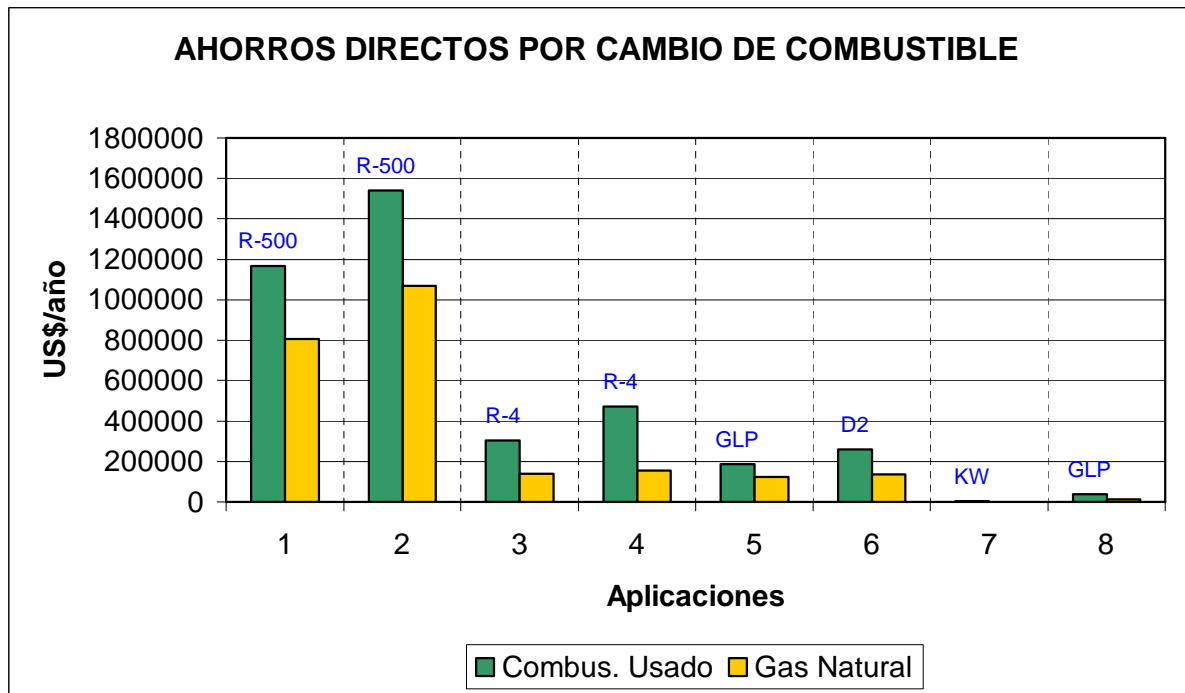


Figura 6.1 Ahorros directos por cambio de combustible a gas natural

6.4 Análisis de factibilidad del proyecto

El análisis de la factibilidad económica del Proyecto consiste, en la comparación de los INGRESOS que podría generar el Proyecto de conversión versus los COSTOS (Inversiones y costos de operación) que exige, durante su vida útil (numero de años que durara el proyecto).

Para la evaluación de un proyecto de inversión se evalúa teniendo en consideración los siguientes indicadores:

- Valor Actual neto (VAN)
- Taza interna de retorno (TIR)

- **Valor Actual Neto (VAN)**

El VAN se define como el método para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión que consiste en comparar el valor actual de todos los flujos de entrada de efectivo, con el valor actual de todos los flujo de salida de efectivo.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1 + r)^t} \quad \dots(6.1)$$

Donde:

Bt = Ingresos generados durante el periodo t.

Ct = Costos de operación exigidos durante el periodo t

Bt – Ct = Beneficio neto del proyecto.

r = tasa de rendimiento del periodo (2% mensual)

n = numero de periodos en meses.

De acuerdo al Artículo 4 de la Ley de Promoción del Desarrollo de la Industria del Gas Natural Ley N° 27133, el Productor garantiza un abastecimiento de Gas Natural al mercado nacional en un horizonte permanente de 20 años como mínimo o 240 meses.

- **Tasa interna de Retorno (TIR)**

Es la tasa de interés que hace que el valor presente de los beneficios (ingresos), iguale a al valor presente de los costos (egresos). Se define también como la tasa de descuento que hace al VAN igual a cero.

Luego aplicando la ecuación 6.1, se tiene el siguiente flujo de caja mensual.

Tabla 6.6 Análisis del VAN y TIR

Flujo de Caja	Inversión	Costos Operación Comb. UsadoUS\$	Costos Operación Gas Natural US\$	Beneficio Indirecto	Beneficio Neto	VAN (i=2%)
Mes 0	297,490.85	0.00	0.00		-297,490.85	
Mes 1		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	-167,527.17
Mes 2		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	-40,111.79
Mes 3		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	84,805.25
Mes 4		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	207,272.94
Mes 5		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	327,339.29
Mes 6		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	445,051.41
Mes 7		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	560,455.44
Mes 8		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	673,596.65
Mes 9		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	784,519.41
Mes 10		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	893,267.21
Mes 11		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	999,882.70
Mes 12		331,054.65	203,837.04	5,345.34	132,562.96	1,104,407.68

Luego para un periodo igual a 20 años (240 meses), que se estima que estará garantizado el suministro de gas natural para la industria, se tiene el siguiente valor del VAN:

$$\text{VAN} = 6,273,463.09.$$

$$\text{TIR} = 54\%$$

A partir de estos resultados observamos que el periodo de recuperación de la inversión es solamente 2 meses, y que partir del tercer mes se empiezan a generar ahorros sustanciales solamente por operar con gas natural.

CONCLUSIONES

1. El uso del gas natural permite a la planta ser mas competitivo y productivo no solo por el ahorro de combustible, que en este caso es alrededor del 40%, sino también por grandes beneficios que tiene este combustible como son: la disponibilidad y continuidad de suministro, la flexibilidad de su uso, la alta eficiencia en su combustión y su mejor comportamiento con el medio ambiente.
2. El mantenimiento de los generadores de vapor es mínimo, debido a la reducción considerable de la formación de cenizas (hollín) con el petróleo residual. Se estima un mantenimiento semestral con gas natural a lo que era quincenalmente con el petróleo residual.
3. El uso del gas natural para procesos de secado directo es una ventaja muy importante frente a los residuales que deben hacerlo con secado indirecto, debido a las contaminantes en sus productos de combustión. Para el caso de máquina rama se pudo reemplazar el

sistema de aceite térmico son quemadores a gas natural instalados directamente en la maquina, pero debido a que este cambio toma mayor tiempo se opto por mantener dicho sistema.

4. El uso del gas natural para la industria implica un impacto social desde el punto de vista del medio ambiente, debido a que el gas natural es un combustible más limpio y produce menos contaminación al medio ambiente. Comparado con los petróleos residuales que generan la lluvia acida, debido al contenido de azufre y de la contribución del efecto invernadero por la alta formación de anhídrido carbónico que producen los petróleos residuales.
5. Es importante ser conciente de que el gas natural es un combustible seguro, siempre en cuando se manipule adecuadamente. Por ello todo el personal involucrado debe regirse por el plan operacional para el uso del gas natural y se debe de realizarse revisiones periódicas en las instalaciones según el plan de mantenimiento preventivo del mismo.
6. A pesar de los grandes beneficios antes mencionados del gas natural, actualmente en Lima y Callao el numero de empresas industriales que se han convertido al gas natural aun son muy pocas, esto es debido a las siguientes razones: Por un lado la gente se mostró muy escéptica respecto a los grades benéficos del gas natural, pues esperaban ver que funcione satisfactoriamente en los clientes iniciales, y por otro lado la falta de asistencia técnica por parte del concesionario y la poca cultura del gas natural por parte de la empresas.

7. Es importante que todas las instituciones gubernamentales o no gubernamentales promuevan el consumo masivo del gas natural, pues esto permitirá dar un mayor desarrollo a las industrias y a la economía del país. Por otro lado también permitirá reducir la Garantía por la Red principal de transporte y de distribución del gas de camisea que el Estado otorga mensualmente a la Empresa Transportista y al Concesionario por el costo de su servicio. Asimismo esto permitirá a la Empresa Productora centrarse más en el mercado nacional que en la exportación.
8. Como visión a mediano plazo es importante la masificación del consumo de gas natural en el país a través de los ductos regionales, si bien es cierto no pueden ser económicamente viables pero si lo podrían ser desde el punto de vista de políticas de estado que generen desarrollo al país.

BIBLIOGRAFIA

- NESTOR PEDRO QUADRI
Instalaciones de gas
Editorial: Alsina
Año: 2001

- A.N. BOGTSTRA
Introduction to Industrial Combustión Technology
Año: 2000

- A.L. MIRANDA BARRERAS / R. OLIVER PUJOL
Cálculo y diseño de instalaciones
Editorial: Ceac
Año. 1994

- A.L. MIRANDA BARRERAS / R. OLIVER PUJOL
Instalaciones y equipos
Editorial: Ceac
Año: 1994

- GONZALO RODRÍGUEZ GUERRERO
Operación de Calderas Industriales
Editorial: Ecoe
Año: 2001

- GAS DEL ESTADO – ARGENTINA
Disposición, Normas y Recomendaciones para uso de Gas Natural en Instalaciones Industriales
Año: 1989

- INDECOPI
Norma Técnica Peruana: GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales
Año: 2003

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN
Norma Española: Quemadores automáticos de aire forzado que utilizan combustibles gaseosos.
Año: 1997

- NFPA INTERNACIONAL
National fuel gas code
Año: 2002

- ASME INTERNACIONAL
ASME B31.3: Process Piping
Año: 2001

Catálogos técnicos

- Catálogos de Reguladores de presión, válvulas de bloqueo, válvulas de alivio Sistema de envasado de líquidos
Fabricantes: Bryan Donkin RMG, Fisher, Brammertz, Dungs

- Catálogos de Quemadores de Gas Natural
Fabricantes: Maxon, Eclipse, Coen, Baltur, Weishaupt

- Catálogos de Medidores de Caudal de Gas
Fabricantes: American Meter, Instromet

- Catálogos de Vaporizadores de GLP, "Blender"
Fabricante: Algas, Venturi