

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE COSTOS  
ENFOCADA A LA REDUCCIÓN DE COSTOS ENERGÉTICOS PARA  
EL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA PLANTA TEXTIL DE  
FRANKY&RICKY”**

**Presentado por el Bachiller:  
ANTHONY JOSÉ DE ALARCÓN FLORES**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2016**

## Dedicatoria

A mis padres Elizabeth y Alexi por su constante motivación y apoyo incondicional en el desarrollo de mi carrera profesional.  
A Dios que siempre esta iluminando mi camino, por darme fortaleza y sabiduría cada día.



## Agradecimientos

A Dios por darme la vida y por estar siempre presente en todo momento ayudándome a cumplir mis metas.

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, por su constante impulso, comprensión y confianza.

A mi familia en general y a mi tía Yesicka por la presión y motivación a sacar mi título profesional.

A mis profesores y en especial a mis asesores por su paciencia, consejos y aportes los cuales contribuyeron a la realización de mi presente tesis.



## Resumen

El presente proyecto se ha estructurado convenientemente en cinco capítulos para su mejor entendimiento.

En el Capítulo I, se identifica, describe y se formula el problema del Proyecto, explicando los objetivos de la investigación con su respectiva justificación.

En el Capítulo II, se da a conocer los antecedentes de la investigación, las bases teóricas de un sistema de costeo; como tipos de costos y sistemas de costeo según la actividad productiva. En este capítulo también se da énfasis a las bases conceptuales del gas natural en la industria, la cadena del gas natural, las aplicaciones que tiene el gas natural en la industria, los beneficios que se obtiene al usar el gas natural y las instalaciones que se deben hacer para el gas natural en la industria.

En el Capítulo III, se realiza un diagnóstico situacional de la empresa, tanto externo como interno, se realiza un escenario corporativo de los procesos y las unidades estratégicas productivas incluyendo el mapa de procesos y por último se describe el proceso de tintorería.

En el Capítulo IV, en este capítulo se determina el sistema de costeo por órdenes de producción, describiendo la acumulación de costos, los elementos de costos por órdenes de producción; materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación. Asimismo en este

capítulo se realiza el resumen de costos de la orden y los beneficios del sistema de costeo por órdenes.

En el Capítulo V, Se desarrolla el caso aplicativo de reducción del costo energético por cambio de GLP (Gas licuado de petróleo) a gas natural, realizando un análisis de los actuales costos energéticos, describiendo el sistema de generación de vapor, la secadora industrial y el sistema de almacenamiento y suministro de GLP de la planta tal como está funcionando en la actualidad, posteriormente se hacen los cálculos de consumo energético con gas natural y el cálculo del tendido de tuberías, al mismo tiempo se da a conocer la propuesta de conversión detallado para cada equipo.

En el Capítulo VI finalmente se analiza los aspectos económicos del Proyecto de Conversión, resaltando el beneficio económico, la inversión requerida para el proyecto, 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 y recomendaciones del proyecto realizado.

## Abstract

This project has been conveniently divided into five chapters for better understanding.

In Chapter I, it identifies, describes and the problem is formulated Project, explaining the objectives of the research with its respective justification.

In Chapter II, it is given to know the background of the research, the theoretical basis of a costing system; as types of costs and costing systems as productive activity. This chapter also emphasizes the conceptual basis of natural gas in industry, natural gas chain, applications that have the natural gas industry, the benefits obtained by using natural gas and the facilities They should make for natural gas in the industry.

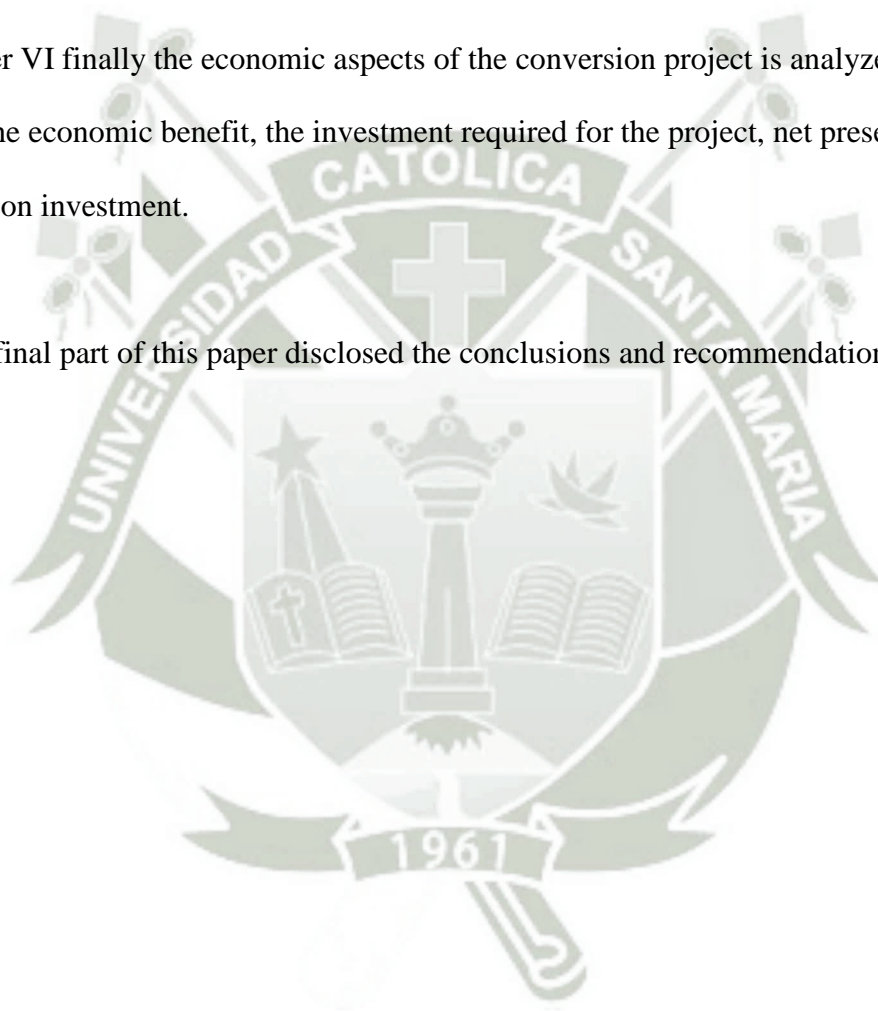
In Chapter III, a situational diagnosis of the company, both externally and internally is made, a corporate scenario productive processes and strategic units including process map is done and finally the dry cleaning process is described.

In Chapter IV, in this chapter the costing system is determined by production orders, describing the accumulation of costs, cost elements for production orders; materials, labor and manufacturing overhead costs. Also in this chapter the summary of the order costs and benefits of costing system orders is performed.

In Chapter V, the applicative case of reduced energy costs by changing LPG (Liquefied Petroleum Gas) natural gas, with an analysis of current energy costs, describing the system of steam generation, industrial dryer is developed and the storage system and supply of LPG plant as it is currently operating, then calculate energy consumption with natural gas and calculation of pipelaying are made, while the conversion proposal disclosed detailed for each team.

Chapter VI finally the economic aspects of the conversion project is analyzed, highlighting the economic benefit, the investment required for the project, net present value and time of return on investment.

In the final part of this paper disclosed the conclusions and recommendations of the project done.



## Tabla de Contenidos

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del Problema</b>	<b>2</b>
1.1. Identificación del problema	2
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Objetivos de investigación	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Justificación del problema	5
1.6. Hipótesis	5
1.7. Variables	6
<b>Capítulo II: Marco teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases teóricas: Sistema de costeo	8
2.2.1. Tipos de Costos	9
2.2.1.1. Clasificación según la función que cumple	9
2.2.1.2. Clasificación según su grado de variabilidad	12
2.2.1.3. Clasificación según su asignación	12
2.2.2. Sistema de Costeo según la actividad productiva	13
2.2.2.1. Ordenes de Producción o de Trabajo	13
2.2.2.3. Basado en actividades	15
2.3. Bases conceptuales: El Gas Natural en la industria	15
2.3.1. El Gas Natural	15
2.3.2. La Cadena del Gas Natural	16
2.3.3. Aplicaciones Industriales del Gas Natural	23
2.3.3.1. Gas natural para la Industria Textil	24
2.3.3.2. Gas natural para la Generación de electricidad	24
2.3.3.3. Gas natural para uso comercial y domestico	24
2.3.3.4. Gas natural para uso vehicular	24
2.3.4. Ventajas del Gas Natural en la industria	25
2.3.5. Instalaciones del Gas Natural en la industria	27
2.3.5.1. Combustión industrial	27
2.3.5.2. Quemadores industriales	35
2.3.5.3. Calderas industriales	38

2.3.5.4. Secadoras industriales	44
2.3.5.5. Estación de regulación de presión y medición primaria	52
2.3.5.6. Estación de regulación de presión y medición secundaria	53
2.3.5.7. Tuberías	53
<b>Capítulo III: Diagnostico situacional</b>	<b>55</b>
3.1. Diagnostico Externo	55
3.2. Diagnostico Interno	57
3.2.1. Escenario corporativo	59
3.2.2. Unidades estratégicas productivas	59
3.2.3. Proceso de Tintorería	61
<b>Capítulo IV: Determinación del sistema de costeo</b>	<b>65</b>
4.1. Sistema de Costeo por Órdenes de Producción	65
4.2. Acumulación de costos	66
4.3. Elementos de costos por Órdenes de Producción	66
4.3.1. Materiales o materia prima	66
4.3.2. Mano de Obra	68
4.3.3. Costos Indirectos de Fabricación o de Prestación del Servicio	68
4.4. Resumen de costos de la orden	77
4.5. Beneficios del sistema de costeo por órdenes	79
<b>Capítulo V: Caso aplicativo. Reducción del costo energético por cambio de GLP a Gas Natural</b>	<b>80</b>
5.1. Análisis de costos energéticos actuales	80
5.2. Descripción de los actuales sistemas térmicos de la planta	81
5.2.1. Sistema de generación de vapor	81
5.2.2. Secadora: Maquina Unitech	84
5.2.3. Sistema de almacenamiento y suministro de GLP	84
5.3. Equipos a aplicar la conversión a Gas Natural	85
5.3.1. Aplicación 1: Generador de Vapor 300 BHP	86
5.3.2. Aplicación 2: Secadora de Tela Unitech	88
5.4. Cálculos para la conversión a gas natural	90
5.4.1. Consumo Energético con gas natural de la Caldera y la secadora	90
5.4.2. Calculo del tendido de tuberías	93
Cargo: Gerente de Ingeniería	98
5.5. Propuesta de conversión para el Caldero Distral	100

5.6. Propuesta de conversión para la Secadora Unitech	101
<b>Capítulo VI: Aspectos económicos</b>	<b>103</b>
6.1. Determinación de la tarifa del Gas Natural	103
6.2. Beneficio económico	104
6.3. Análisis Económico	105
6.4. Gastos operativos	106
6.5. Análisis de factibilidad del proyecto	107
6.5.1. Valor Actual Neto (VAN)	107
6.5.2. Tasa interna de Retorno (TIR)	108
6.5.3. Análisis de sensibilidad	110
<b>Conclusiones</b>	<b>112</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>114</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>115</b>
<b>Anexos</b>	<b>117</b>
Anexo A. Plano Actual de Sistema de Almacenamiento y Distribución de GLP	118
Anexo B. Plano Propuesto de Sistema de Almacenamiento y Distribución de GN.	119
Anexo C. Diagrama de Flujo del Proceso de Franky y Ricky S.A.	120
Anexo D. Norma Técnica Peruana NTP 111.010	121

## Lista de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Definición de variables. ....	6
<i>Tabla 2.</i> Composición del gas natural. ....	15
<i>Tabla 3.</i> Temperatura de inflamación de algunas sustancias. ....	31
<i>Tabla 4.</i> Límites de inflamabilidad. ....	32
<i>Tabla 5.</i> Calderas Industriales. ....	38
<i>Tabla 6.</i> Ventajas y desventajas de las tuberías. ....	54
<i>Tabla 7.</i> Costo Mensual de Recursos Energéticos. ....	80
<i>Tabla 8.</i> Características principales de la Caldera de Vapor.....	82
<i>Tabla 9.</i> Usuarios de vapor de la Planta Textil .....	83
<i>Tabla 10.</i> Planilla de cálculo de tuberías.....	99
<i>Tabla 11.</i> Diámetros de tuberías de polietileno SDR17.6 serie métrica. ....	99
<i>Tabla 12.</i> Categoría de clientes. ....	103
<i>Tabla 13.</i> Precios del Gas Natural.....	103
<i>Tabla 14.</i> Tarifas promedias de gas natural por categorías. ....	104
<i>Tabla 15.</i> Presupuesto de inversión del Proyecto.....	106
<i>Tabla 16.</i> Análisis del VAN y TIR.....	108
<i>Tabla 17.</i> Tabla de análisis de sensibilidad.....	110
<i>Tabla 18.</i> VAN Según el precio del Gas Natural .....	111

## Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Porcentaje de participación energética del área de Tintorería con respecto al total de la planta textil..	3
<i>Figura 2.</i> Esquema de gasoducto virtual del GNC..	18
<i>Figura 3.</i> Tecnologías de transporte de gas natural..	19
<i>Figura 4.</i> Esquema prototipo del proceso de la cadena del GNC.....	23
<i>Figura 5.</i> Principales usos del gas natural por sector productivo. ....	23
<i>Figura 6.</i> Segmentación del mercado del gas natural. ....	25
<i>Figura 7.</i> Esquema básico de la combustión industrial.....	30
<i>Figura 8.</i> Componentes de una caldera.....	40
<i>Figura 9.</i> Detalle caldera acuotubular. ....	40
<i>Figura 10.</i> Caldera pirotubular horizontal.....	42
<i>Figura 11.</i> Caldera pirotubular vertical. ....	42
<i>Figura 12.</i> Caldera Pirotubular de dos pasos.....	43
<i>Figura 13.</i> Caldera Pirotubular de tres pasos.....	44
<i>Figura 14.</i> Partes de un secador industrial. ....	45
<i>Figura 15.</i> Proceso de secado.....	46
<i>Figura 16.</i> Secadero por conducción.....	47
<i>Figura 17.</i> Secadero por convección tipo tambor giratorio. ....	48
<i>Figura 18.</i> Secadero por convección de lecho fluidizado.....	48
<i>Figura 19.</i> Secadero por convección de tipo flash. ....	49
<i>Figura 20.</i> Secadero por radiación.....	50
<i>Figura 21.</i> Secadero de alta frecuencia, por dielectricidad.....	51
<i>Figura 22.</i> Componentes de una ERMP. ....	52
<i>Figura 23.</i> Comparativo de las exportaciones periodo Enero- Noviembre (Miles US\$ FOB).....	55
<i>Figura 24.</i> Principales destinos de las prendas de vestir entre Enero- Noviembre 2015.	56
<i>Figura 25.</i> Organigrama Franky y Ricky S.A.....	58
<i>Figura 26.</i> Diagrama Procesos Productivos..	59
<i>Figura 27.</i> Mapa de procesos..	60
<i>Figura 28.</i> Diagrama de análisis del Proceso de Tintorería. ....	63
<i>Figura 29.</i> Formato Orden de Producción.....	67
<i>Figura 30.</i> Formato de orden de compra.....	70
<i>Figura 31.</i> Formato Registro de Tiempo Mano de Obra Utilizada..	72
<i>Figura 32.</i> Formato prototipo para el resumen de costos de fabricación. ....	78
<i>Figura 33.</i> Porcentaje de participación de costos energéticos en la planta textil..	81
<i>Figura 34.</i> Sistema de vaporizadores actual de la Planta. ....	85
<i>Figura 35.</i> Generador de Vapor 300 BHP.....	86

<i>Figura 36.</i> Secadora de tela Unitech.. .....	88
<i>Figura 37.</i> Uso de combustible.....	92
<i>Figura 38.</i> Esquema simplificado de cálculo.....	93
<i>Figura 39.</i> Quemador Dual Gas Natural / GLP. ....	101
<i>Figura 40.</i> Tren de válvulas existente del Quemador.. ..	102
<i>Figura 41.</i> Análisis de sensibilidad – VAN.....	111



## Abreviaturas

ADEX	Asociación de Exportadores
BHP	Potencia al freno
ComexPerú	Sociedad de Comercio Exterior del Perú
°C	Celsius
CIF	Costos Indirectos de Fabricación
D	Díametro
ERMP	Estación de Regulación y Medición Primaria
ERMS	Estación de Regulación y Medición Secundaria
GE	Generador Eléctrico
GN	Gas Natural
GNC	Gas Natural Comprimido
GNL	Gas Natural Licuefactado
GNV	Gas Natural Vehicular
GTL	Gas a líquidos
GTW	Gas al hilo
GTC	Gas a los productos básicos
GLP	Gas Licuado de Petróleo
hr	Hora
HGN	Hidratos de gas natural
INPROTER	Ingeniería de Proyectos Térmicos
kcal	kilocaloría

kg	kilogramo
NTP	Norma Técnica Peruana
m <sup>3</sup>	metro cúbico
mbar	milibar
min	minuto
mm	milímetro
MBTU	Un millar de unidades térmicas británicas
MMBTU	Un millón de unidades térmicas británicas
MDPE	Polietileno de Media Densidad
Minem	Ministerio de Energía y Minas
pza.	pieza
PSI	Libras de presión por pulgada cuadrada
PCS	Poder Calorífico Superior
pulg.	pulgada
Q	Caudal
RCU	Unidad de Reducción y Control de Presión
s	segundo
SDR	Relación de dimensiones estándar
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
V.I	Variable Indirecta
V.D	Variable Directa
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería

## Introducción

El presente trabajo se realiza con el fin de proponer un sistema de costeo, como herramienta de apoyo en la toma de decisiones que giran en torno al control de costos operativos y a su vez proponer una alternativa para reducir los costos energéticos de la planta textil.

Para ello, se llevó a cabo una investigación durante varios meses, en la cual se recopiló la información necesaria para determinar el mejor sistema de costeo.

En cuanto a la reducción de costos energéticos se analizó los aspectos técnicos, económicos y de ingeniería en el cual se propone realizar el cambio de combustible a gas natural debido a que es una energía más económica, segura limpia y eficaz que el GLP (Gas licuado de petróleo) combustible actual utilizado por la planta textil.

Igualmente en el trabajo, se encontrará las ventajas del sistema de costeo y los beneficios económicos del cambio de combustible, así como también su inversión y el plano propuesto de sistema de almacenamiento y distribución de gas natural.

El presente trabajo de tesis servirá como referencia para motivar a las empresas industriales a proponer un sistema de costeo, el cual les permita controlar los costos productivos y energéticos permitiendo de esta forma ser más productivos y competitivos en el mercado.

## Capítulo I: Planteamiento del Problema

### 1.1. Identificación del problema

Actualmente el área de Tintorería de la empresa no cuenta con un sistema de gestión de costos energéticos, para lo cual el presente estudio aporta una propuesta de reducción de costos energéticos a través del cambio de combustible de GLP (Gas licuado de petróleo) a gas natural.

### 1.2. Descripción del problema

Hoy en día el incremento en los precios de la energía en los últimos años ha llevado a considerar a los costes energéticos como uno de los responsables del empeoramiento de la competitividad de las empresas. (Arocena & Díaz, 2012)

Para poder competir en el ambiente de los negocios de hoy, las empresas requieren un sistema de costeo que les permita contar con información oportuna y precisa sobre los costos y la rentabilidad total del negocio, que les permita tomar decisiones estratégicas y operativas en forma acertada. Este tipo de información sirve de base a la alta dirección y a la gerencia de una empresa para buscar maximizar el rendimiento del negocio. (Holguín, 2010)

La gestión de un sistema de costeo ofrece herramientas que se adaptan a procesos industriales y además ofrece información útil para ayudar a los ejecutivos a tomar decisiones y así lograr los objetivos propuestos por la empresa.

La empresa fabrica prendas de vestir efectuando todo el proceso productivo verticalmente integrado con plantas de Tejeduría, Tintorería, Corte, Confección, Bordados y Estampados. Además cuenta con maquinaria moderna de última tecnología y procedimientos eficaces que le permiten un excelente control de los productos y una alta calidad asegurada. (Franky&Ricky, 2009)

El área de Tintorería consta de una serie de procesos las cuales abarcan más de la mitad de los costos de la planta textil, dichos procesos productivos de lotes carecen de control energético.

Con respecto a la energía total de la planta, un promedio de los últimos cuatro años (2012-2015) Tintorería ha tenido un 69.42 % de participación en energía eléctrica, un 88.92% en agua y un 100% en GLP (Gas licuado Petróleo) ya que solo es usado por Tintorería. Este último (GLP) es el recurso energético más caro y en donde más invierte la empresa.

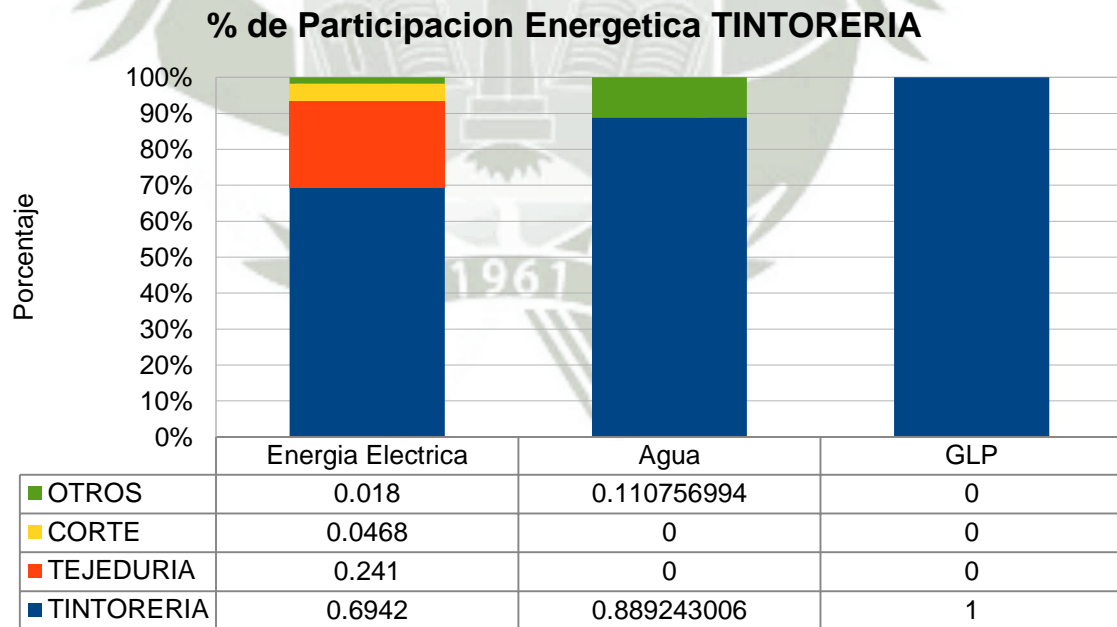


Figura 1. Porcentaje de participación energética del área de Tintorería con respecto al total de la planta textil. Fuente: Franky y Ricky S.A. 2012-2015, Elaboración propia.

En razón a lo anterior vemos que el área de Tintorería es el que utiliza más recursos y lo que se quiere es proponer una alternativa de reducción de costos energéticos mediante un sistema de costeo que se adecue a los procesos de esta área.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Ayudará un sistema de gestión de costos a reducir los costos energéticos para el área de Tintorería de la planta textil de Franky&Ricky?

### **1.4. Objetivos de investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Proponer un sistema de gestión de costos enfocada a la reducción de costos energéticos para el área de Tintorería de la planta textil de Franky&Ricky.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico situacional de la empresa
- Determinar el sistema de costeo más adecuado en el área de tintorería
- Analizar los aspectos técnicos, económicos cambiando el uso de GLP(Gas licuado de petróleo) a gas natural
- Evaluar económicamente la propuesta de reducción de costos energéticos

### 1.5. Justificación del problema

Las posibilidades de obtener utilidades con incrementos de precios es cada vez más difícil debido a que en los últimos años la competitividad ha ido aumentando con nuevos sistemas modernos que se han adaptado a su perfil productivo. Por tal motivo la disminución de los costos se ha convertido en la forma más clara para generar mayores utilidades, uno de ellos y de vital importancia son los costes energéticos de producción los cuales se quieren minimizar. Pero no por esto vamos afectar la calidad del producto ya que esto limitaría en gran parte la capacidad competitiva y estaríamos destinados a desaparecer.

En este orden de ideas, manejar y controlar eficazmente los costos es una tarea delicada, pero que hecha de una forma organizada y sistemática, proporciona a los directivos una valiosa fuente de información para analizar su estructura operativa y financiera y así poder tomar decisiones precisas y oportunas, las cuales vayan siempre de la mano con un equilibrio en la relación costo-calidad. (Martinez, 2009)

Por esta razón, la propuesta de un sistema de costeo ayudara a controlar la alternativa de reducir los costos energéticos y de esta forma generar más utilidades a la empresa, además de servir de apoyo en la planificación de la producción.

### 1.6. Hipótesis

Dado que el recurso energético de GLP (Gas licuado de petróleo) es el más costoso de la planta textil, es posible que con la conversión industrial a gas natural se logre una reducción de dicho costo.

## 1.7. Variables

Tabla 1. Definición de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento
V.I: Conversión Industrial a gas natural comprimido	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El gas natural es una mezcla de distintos</li> <li>✓ Hidrocarburos, generalmente gaseosos, que se produce en el subsuelo de manera natural.</li> <li>✓ Es una energía eficaz, rentable y limpia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El Gas Natural Comprimido (GNC) es esencialmente gas natural almacenado a altas presiones, habitualmente entre 200 y 250 bar, según la normativa de cada país. Este gas natural es principalmente metano.</li> </ul>	Módulos contenedores de GNC	Atm.  Bar	Ahorro Energético
V.D.: Costos Energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es el valor monetario de los recursos que se entregan o prometen entregar, a cambio de energía para el funcionamiento de un dispositivo, componente, equipo o instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Están dados por el consumo de combustibles líquidos y gaseosos en hornos y calderas, la utilización de energía eléctrica para la operación de bombas, aerofriadores, trancing eléctrico y consumos industriales.</li> </ul>	Consumo de GNC	m <sup>3</sup>	Estudio de Equipos

Nota: Atm. = Atmósfera, GNC = Gas natural comprimido.

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo II: Marco teórico

### 2.1. Antecedentes de la investigación

➤ En primer lugar se tiene que, en 2009 fue presentado en la facultad de ingeniería Industrial-Escuela de Posgrado de la Universidad Tecnológica de Pereira el trabajo de grado **“Diseño e implementación de un sistema de costos por órdenes de producción”** por Luis Alfredo Martínez Hernández, como requisito para optar el título de Magister en Administración Económica y financiera

La investigación se realizó con el fin de satisfacer una necesidad a la empresa en su área financiera, dicha necesidad radico en el diseño e implementación de un sistema de costos por órdenes de producción, como herramienta de apoyo en la toma de decisiones que giraban en torno al control de sus costos operativos. Llegando a la conclusión que en la actual competencia es absolutamente necesario poseer un buen sistema de costos ya que la rentabilidad disminuye cada vez más y estamos expuestos a salir del mercado si no respondemos con rapidez.

Este trabajo se relaciona con la investigación en curso, ya que propone un sistema de costos por órdenes de producción, a través de sus elementos que permite caracterizar separadamente, el costo de la materia prima y de la mano de obra directa así como los costos indirectos de fabricación.

➤ En segundo lugar se tiene que, en 2005 fue presentado en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería el trabajo de grado **“Proyecto de conversión industrial al consumo de gas natural en una planta textil”** por Angel Chavez Ñahuinripa, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Este estudio demostró que mediante la conversión industrial al consumo de gas natural en una planta textil se pudo tener ahorros del 40%, permitiendo a la empresa a mediano plazo impulsar sus productos a nuevos mercados internacionales. El estudio concluyó que el uso de gas natural permite a la planta ser más competitivo y productivo no solo por el ahorro de combustible, sino también por otros 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.

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada, ya que muestra el análisis de los aspectos técnicos y económicos para la conversión de sus equipos térmicos a gas natural en una planta textil, permitiendo de esta forma generar ahorros sustanciales solamente por operar con gas natural.

## 2.2. Bases teóricas: Sistema de costeo

Concepto de costo es el sacrificio, o esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo.

Los objetivos son aquellos de tipo operativos, como por ejemplo; pagar sueldos al personal de producción, comprar materiales, fabricar un producto, venderlo, prestar un servicio, obtener fondos para financiarnos, administrar la empresa, etc.

Si no se logra el objetivo deseado, decimos que tenemos una pérdida

También es necesario precisar algunos conceptos que se utilizan para definir y caracterizar aspectos relacionados con el tema que está analizando. Por ejemplo: desembolso, amortizaciones e inversión.

El costo es fundamentalmente un concepto económico, que influyen en el resultado de la empresa.

El desembolso es un concepto de tipo financiero, que forma parte del manejo de dinero. Su incidencia está relacionada con los movimientos (ingresos u egresos) de caja o tesorería.

Uno puede comprar un insumo mediante un pago de dinero (erogación), pero hasta que ese insumo no sea incorporado al producto que se elabora y luego se vende, no constituye un costo. Es un desembolso.

La inversión es el costo que se cuenta a la espera de la actividad empresarial que permitirá con el transcurso del tiempo, conseguir el objetivo deseado. (Baker, 1992)

## **2.2.1. Tipos de Costos**

### **2.2.1.1. Clasificación según la función que cumple**

Para (Baker, 1992) se clasifican así:

**a. Costo de Inversión**

Constituye el conjunto de esfuerzos y recursos invertidos con el fin de producir algo útil; la inversión está representada en: tiempo, esfuerzo y recursos o capitales. Estos factores pueden ser físicos o de otra naturaleza, pero su denominador común es la moneda como unidad de medida. El costo de inversión representa los factores técnicos medibles en dinero, que intervienen en la producción.

**b. Costo de desplazamiento o de sustitución**

El costo de una cosa es el de aquella otra que fue escogida en su lugar. Si se eligió algo, su costo estará representado por lo que ha sido sacrificado o desplazado para obtenerlo.

**c. Costo incurrido**

Se conoce con este nombre a la inversión del costo de producción puramente habida en un periodo determinado. Es decir, que solo refleja valores de inversión efectuados exclusivamente en un lapso.

**d. Costos fabriles y no fabriles**

El costo de fabricación o fabril está formado por tres elementos básicos: materia prima, mano de obra y otros gastos de fabricación o producción. El costo de fabricación sirve para determinar el valor de elaboración de los productos terminados, de los que están en proceso de transformación y de los vendidos.

El costo no fabril se aplica a todas las inversiones que no corresponden a la producción de algún artículo, lo cual indica que no se realizan actividades manufactureras. (Gaona Campos, 2013)

**e. Costo total**

Representada toda la inversión necesaria para producir y vender un artículo. Este costo está integrado por el costo de producción, el costo de comercialización, el costo de administración y de financiación.

**Costo de producción.** Son los que permiten obtener determinados bienes a partir de otros, mediante el empleo de un proceso de transformación. Por ejemplo:

- Costo de la materia prima y materiales que intervienen en el proceso productivo
- Sueldos y cargas sociales del personal de producción.

**Costo de Comercialización.** Es el costo que posibilita el proceso de venta de los bienes o servicios a los clientes

**Costo de Administración.** Son aquellos costos necesarios para la gestión del negocio.

**Costo de Financiación.** Es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio.

### **2.2.1.2. Clasificación según su grado de variabilidad**

Para (Baker, 1992) Esta clasificación es importante para la realización de estudios de planificación y control de operaciones. Está vinculado con las variaciones o no de los costos, según los niveles de actividad.

#### **a. Costos Fijos**

Son aquellos costos cuyo importe permanece constante, independiente del nivel de actividad de la empresa. Se pueden identificar y llamar como costos de “mantener la empresa abierta”, de manera tal que se realice o no la producción, se venda o no la mercadería o servicio, dichos costos igual deben ser solventados por la empresa.

#### **b. Costos Variables**

Son aquellos costos que varían en forma proporcional, de acuerdo al nivel de producción o actividades de la empresa. Son los costos por “producir” o “vender”.

### **2.2.1.3. Clasificación según su asignación**

#### **a. Costos Directos**

Son aquellos costos que se asigna directamente a una unidad de producción. Por lo general se asimilan a los costos variables.

#### **b. Costos Indirectos**

Son aquellos que no se pueden asignar directamente a un producto o servicio, sino que se distribuyen entre las diversas unidades productivas mediante algún criterio de reparto. En la mayoría de los casos los costos indirectos son costos fijos.

## 2.2.2. Sistema de Costeo según la actividad productiva

### 2.2.2.1. Ordenes de Producción o de Trabajo

Es aquel procedimiento de control de las operaciones productivas que se aplica, generalmente, a las industrias que producen por lotes, con variación de unidades producidas; por ejemplo: mueblería, ensambladoras, jugueterías, etc.

El costo unitario de producción se obtiene dividiendo el costo de cada orden, entre las unidades elaboradas para cada una de ellas.

Las ventajas de este sistema son:

- Da a conocer con todo detalle el costo de producción de cada artículo
- Pueden hacerse estimaciones futuras con base en los costos anteriores
- Puede saberse que ordenes han dejado utilidad y cuales perdida
- Se conoce la producción en proceso sin necesidad de estimarla en cantidad en costo.

Las desventajas de este sistema son:

- Su costo de operación es muy alto debido a la gran labor que se requiere para obtener todos los datos en forma detallada, mismo que deben aplicarse a cada orden de producción.
- En virtud de que esta labor es muy grande se requiere mayor tiempo para obtener los costos, razón por la cual los daros que se proporcionan, casi siempre resultan extemporáneos.
- Existen serias dificultades en cuanto al costo de entregas parciales de productos terminados, ya que el costo total se obtiene hasta la terminación de la orden.

### 2.2.2.2. **Procesos productivos: unidades equivalente y capas de costos**

Este procedimiento es el que se emplea en aquellas industrias cuya producción es continua, en masa, uniforme, existiendo uno o varios procesos para la transformación del material. Se cargan los elementos del costo al proceso respectivo, correspondiendo a un periodo determinado de la elaboración, y en caso de que toda la producción se termine en dicho lapso, el costo unitario se obtendrá dividiendo el costo total de producción acumulado, entre las unidades fabricadas; y así por cada tipo de unidades similares o iguales.

En caso de que quede producción en proceso, es necesario determinar la fase en que se encuentra, para poder valorizar la totalidad de la misma.

En las empresas que trabajan a base de procesos, las unidades que producen se miden en kilos, litros, etc. Característica especial de este tipo de industrias que precisamente se diferencian de las que operan por órdenes de producción, en que no resulta posible identificar en cada unidad fabricada, o en proceso de transformación, los elementos del costo directo (material directo y obra de mano directa).

Como ventaja del procedimiento de costos por procesos, en contraposición con el de órdenes de producción, es que resulta más económico y poco laborioso; pero el costo unitario es menos exacto, aunque deberá ocuparse el procedimiento de acuerdo a la forma de fabricación de la industria en cuestión.

### 2.2.2.3. Basado en actividades

Este es una derivación del procedimiento por procesos, solo que más analítico; es aplicable en aquellas industrias en las que el proceso productivo puede ser susceptible de dividirse, y entonces se le denomina procedimiento por actividades. Por lo tanto para obtener el costo unitario, se suman los costos de las diferentes actividades y se divide ese monto entre el número de unidades producidas. (Gaona Campos, 2013)

## 2.3. Bases conceptuales: El Gas Natural en la industria

### 2.3.1. El Gas Natural

El gas natural es un combustible compuesto por un conjunto de hidrocarburos livianos, el principal componente es el metano (CH<sub>4</sub>). (Minem)

La composición del gas natural varía según su yacimiento:

**Tabla 2.** Composición del gas natural.

Componente	Nomenclatura	Composición (%)	Estado Natural
Metano	CH <sub>4</sub>	95,08	Gas
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,14	Gas
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,29	Gas licuable (GLP)
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,11	Gas licuable (GLP)
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,04	Líquido
Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,01	Líquido
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	1,94	Gas
Gas Carbónico	CO <sub>2</sub>	0,39	Gas

Nota. Impurezas como son, helio, oxígeno, vapor de agua.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-Archivos-Gas natural (p. 02). Perú: Minem

Las propiedades fundamentales del Gas Natural son los siguientes:

- ✓ Densidad Relativa: 0,65
- ✓ Poder Calorífico: 9.032 kcal/m<sup>3</sup>
- ✓ Cp (presión Cte): 8.57 cal/mol.°C
- ✓ Cv (volumen Cte): 6.56 cal/mol.°C

### ***Gas natural comprimido (GNC)***

El GNC es esencialmente gas natural almacenado a altas presiones, habitualmente entre 200 y 250 bar, según la normativa de cada país. Este gas natural es principalmente metano.

El GNC se utiliza cuando hay poblaciones retiradas de los gasoductos y la demanda de gas no justifica económicamente la construcción del gasoducto, se puede utilizar el sistema de gas natural comprimido. También se ha utilizado en algunos países cuando se quiere ir creando la cultura del gas o polos de desarrollo, mientras se construye la red nacional de gasoductos.

### **2.3.2. La Cadena del Gas Natural**

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

- Extracción
- Procesamiento
- Compresión
- Transporte
- Descompresión (Regulación/Medición)

➤ Puntos de consumo

➤ **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.

➤ **Procesamiento**

El primer paso del procesamiento consiste en la eliminación de las impurezas como son: azufre, agua, CO<sub>2</sub> 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 más pesados que se transportan por poliductos hasta la planta de fraccionamiento. En la Planta de fraccionamiento se separa los líquidos de gas natural en:

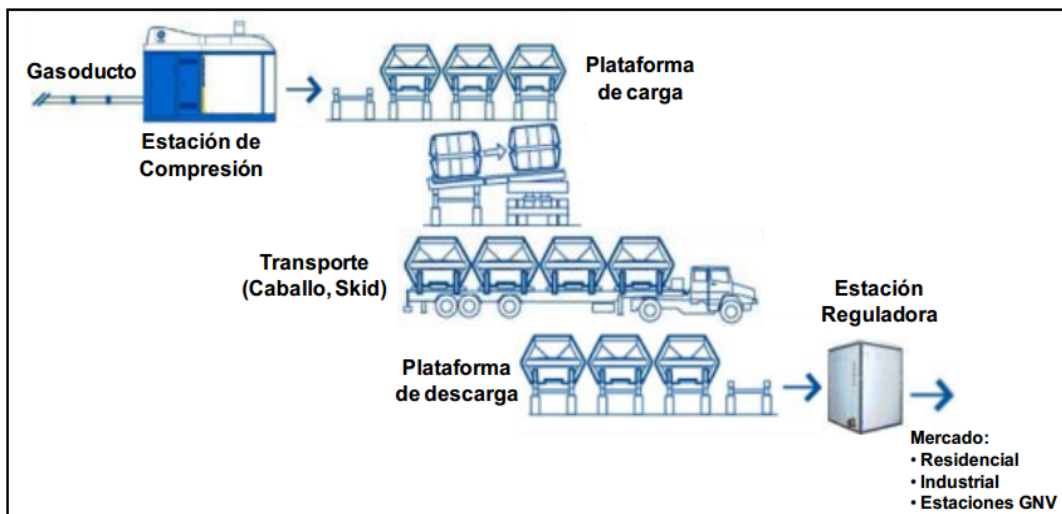
- Propano/ butano (GLP)
- Gasolina natural (pentanos e hidrocarburos más pesados)

➤ **Compresión**

**Estación de Compresión:**

Establecimiento que cuenta con los equipos necesarios para realizar el proceso de compresión y almacenamiento a una presión máxima de trabajo de 25 MPa (250 bar), para su posterior transporte y comercialización de GNC. Incluye los Módulos Contenedores o de Almacenamiento de GNC (Lazo, 2013)

La tecnología de Neo Gas de Brasil usa cilindros de GNC descargadas a través de fluido hidráulico por la parte inferior de dichos cilindros o de manera horizontal en caso de recipientes, dicho fluido actúa como un pistón no miscible con el GNC. Los cilindros de NEOGAS almacenan el Gas Natural a presiones de 220 bar aprox. y con un peso aprox. de 150 kg por cilindro. (NEOGás, 2015)



*Figura 2.* Esquema de gasoducto virtual del GNC. Fuente: Gordillo, A. C. (2014). Alternativas Tecnológicas de Transporte de Gas Natural. Arequipa: Ingeniería de Proyectos Térmicos-INPROTER.SAC.

➤ **Transporte**

Actualmente, existen cuatro alternativas tecnológicas para el transporte de gas natural desde la fuente (del campo de producción, gasoducto o red de distribución) hasta el mercado (los consumidores de los sectores residencial, comercial, industrial, eléctrico y transporte). (Gordillo Andia, 2014)

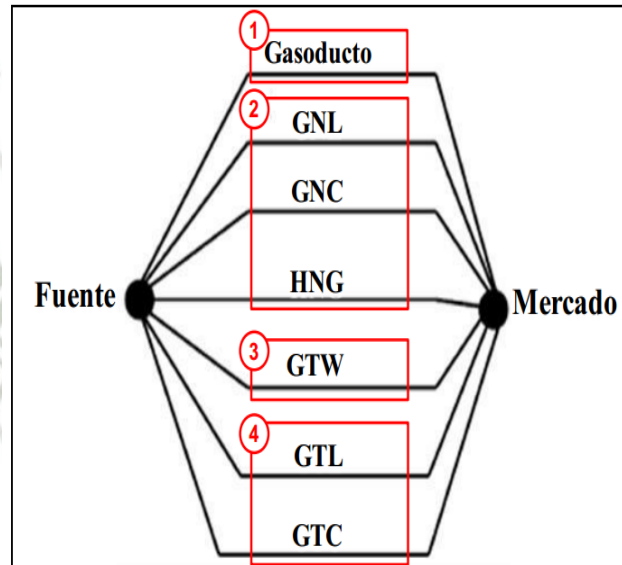


Figura 3. Tecnologías de transporte de gas natural. Fuente: Gordillo, A. C. (2014). Alternativas Tecnológicas de Transporte de Gas Natural. Arequipa: Ingeniería de Proyectos Térmicos-INPROTER.SAC.

- (a) Gasoductos
- (b) Transporte con reducción de volumen como (Gas natural comprimido) GNC, (Gas natural licuefactado)GNL, y (Hidratos de gas natural)HGN
- (c) Conversión en otros productos (GTL)
- (d) Conversión para otra forma de energía, como energía eléctrica y transmisión por cabo submarino para la costa terrestre (GTW), y el transporte del gas como commodity (GTC).

*\* Para nuestro estudio evaluaremos el transporte terrestre de gas natural comprimido (GNC).*

### **Gasoducto Virtual**

Se define como el transporte de gas comprimido o licuefactado por medio de transporte automotriz (camiones).

### **Justificación de un Gasoducto Virtual**

Las ventajas del uso del gasoducto virtual son las siguientes:

- ❖ Creación del mercado de gas en lugares sin infraestructura y/o distribución. Permiten suministrar gas natural a las poblaciones sin escasez de los gasoductos.
- ❖ Anticipación de los ingresos con la venta del gas natural. Consolidando el consumo y preparando la región para el futuro recibimiento del gasoducto convencional, después de comprobada su viabilidad.
- ❖ Reducción del riesgo del mercado en la expansión del transporte y/o distribución. La expansión es proporcional al crecimiento del mercado.
- ❖ El equipamiento puede ser re-utilizado en otras regiones. Puede ser desplazado hacia una nueva región a ser desarrollada.
- ❖ Diversificación de la matriz energética. Su flexibilidad para aprovechar el gas natural en su totalidad, en la industria, en el comercio y en el sector domiciliario.
- ❖ Desplazamiento de otros combustibles líquidos. El uso del gas tendría un fuerte impacto sobre los costos industriales, logísticos y ambientales en la sustitución del diésel, gasolina y GLP por una fuente primaria de más bajo costo y menores niveles de emisiones.

➤ **Descompresión**

**Estación de Descompresión de GNC:**

Conjunto de instalaciones de recepción y descompresión de GNC, que permiten efectuar la Descarga a las instalaciones fijas de Consumidores Directos o Usuarios de GNC (industrias, redes residenciales y otros). También es llamada Centro de Descompresión. (Lazo, 2013)

El módulo es conectado a una estación de regulación y medición, la cual reducirá la presión de 220 bar a 4, 7 o 10 bar de presión mediante la unidad de reducción y control de presión (RCU). Cuenta con un sistema de medición, calentamiento, y se ajustan al caudal necesario.

**Unidad de Reducción y Control de Presión - RCU.**

Para atender las industrias que se encuentran fuera del gasoducto, NEOgás desarrolló la Unidad de Reducción y Control de Presión - RCU.

La RCU ofrece seguridad y eficiencia en las aplicaciones y asegura optimización de espacios, monitoreo remoto y bajo costo de instalación y manutención.

El proceso de reducción de presión es realizado en dos etapas y tiene redundancia en todo el curso, proporcionando, individualmente, la demanda total del flujo.

El sistema monitorea los transmisores a lo largo del proceso, realizando ajustes y controles que estabilizan el suministro de gas natural.

El sistema de calentamiento está compuesto por una caldera a gas natural y cambiadores de calor modulares, permitiendo la manutención preventiva y correctiva en plena operación.

El flujo de la RCU es fabricado de acuerdo con el tamaño del proyecto. Los modelos pueden ser de 50m<sup>3</sup>/h a 8.000m<sup>3</sup>/h. (NEOgás, 2015)

#### **Unidad de Trasvase de GNC:**

Conjunto de instalaciones de recepción, almacenamiento y Trasvase del GNC, que permiten efectuar la Descarga a instalaciones fijas de los Consumidores Directos de GNC.

#### ➤ **Puntos de consumo**

#### **Consumidor Directo de GNC:**

Persona natural, persona jurídica, consorcio, asociación en participación u otra modalidad contractual, inscrito en el Registro de Hidrocarburos, que adquiere GNC a un Agente Habilitado en GNC, para uso propio y exclusivo en sus actividades y que cuenta con instalaciones autorizadas por OSINERGMIN, tales como Estación de Descompresión, Unidad de Trasvase de GNC. El Consumidor Directo de GNC no está autorizado a Comercializar GNC. (Lazo, 2013)

*\*En nuestro estudio los puntos de consumo solo serían: la caldera y una secadora industrial*

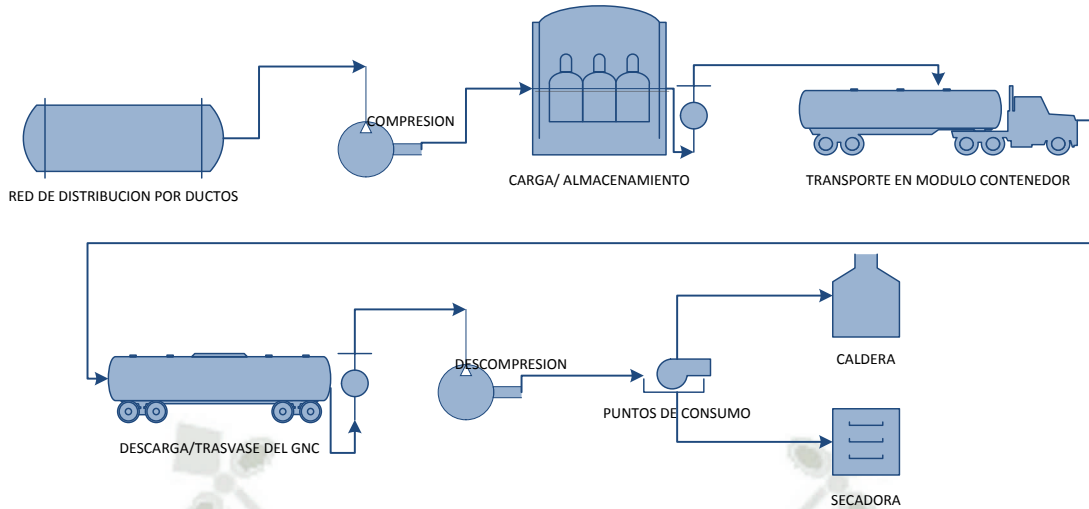


Figura 4. Esquema prototipo del proceso de la cadena del GNC. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3. Aplicaciones Industriales del Gas Natural

Se usa para la generación eléctrica, como combustible en las industrias, comercios, residencias y también en el transporte.

SECTOR	COMBUSTIBLE QUE PUEDE SUSTITUIR	APLICACIÓN / PROCESO
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• fuel Oil</li> <li>• Gas Licuado</li> <li>• Kerosene</li> <li>• Leña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>? Fundición de metales</li> <li>? Hornos de Fusión</li> <li>? Secado</li> <li>? Industria del cemento</li> <li>? Industria de alimentos</li> <li>? Generación de vapor</li> <li>? Tratamientos térmicos</li> <li>? Temple y recocido de metales</li> <li>? Cogeneración</li> <li>? Cámaras de combustión</li> <li>? Producción Petroquímicos</li> <li>? Sistema de Calefacción</li> </ul>
Generación Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• fuel Oil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>? Centrales térmicas</li> <li>? Cogeneración eléctrica</li> </ul>
Comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón</li> <li>• Gas ciudad</li> <li>• Gas licuado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>? Aire acondicionado</li> <li>? Cocción/preparación alimentos</li> <li>? Agua caliente</li> <li>? Calefacción central</li> </ul>
Residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas Ciudad</li> <li>• Gas licuado</li> <li>• Kerosene</li> <li>• Leña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>? Cocina</li> <li>? Calefacción</li> <li>? Agua Caliente</li> <li>? Aire Acondicionado</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasolina</li> <li>• Diesel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>? Taxis</li> <li>? Buses</li> </ul>

Figura 5. Principales usos del gas natural por sector productivo.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas-Archivos-Gas natural (p. 08).Perú: Minem

### **2.3.3.1. Gas natural para la Industria Textil**

Reemplaza ventajosamente a otros combustibles. Ideal para procesos industriales, como la industria de la cerámica, del cemento y la fabricación de vidrio. En la fabricación del acero puede ser usado como reductor siderúrgico en lugar del coque (Hierro esponja). Es también utilizado como materia prima en la industria petroquímica y para la producción de amoníaco, urea en la industria del fertilizante.

### **2.3.3.2. Gas natural para la Generación de electricidad**

El gas natural se ha constituido en el combustible más económico para la generación de electricidad, ofrece las mejores oportunidades en términos de economía, aumento de rendimiento y reducción del impacto ambiental. Estas ventajas pueden conseguirse tanto en las grandes centrales termoeléctricas así como en las pequeñas.

### **2.3.3.3. Gas natural para uso comercial y domestico**

- A. En el Sector Comercial:** Se utiliza como combustible en restaurantes, panaderías, lavanderías, hospitales y demás usuarios colectivos para cocción de alimentos, servicio de agua caliente, y calefacción.
- B. En el Sector Doméstico:** Se utiliza en los hogares, para la cocina, servicio de agua caliente y calefacción.

### **2.3.3.4. Gas natural para uso vehicular**

Se utiliza el gas natural comprimido (GNC) que generalmente es solo metano y se usa como combustible en vehículos con motores de combustión interna en reemplazo de las gasolinas, tiene bajo costo y menor incidencia en la contaminación ambiental.

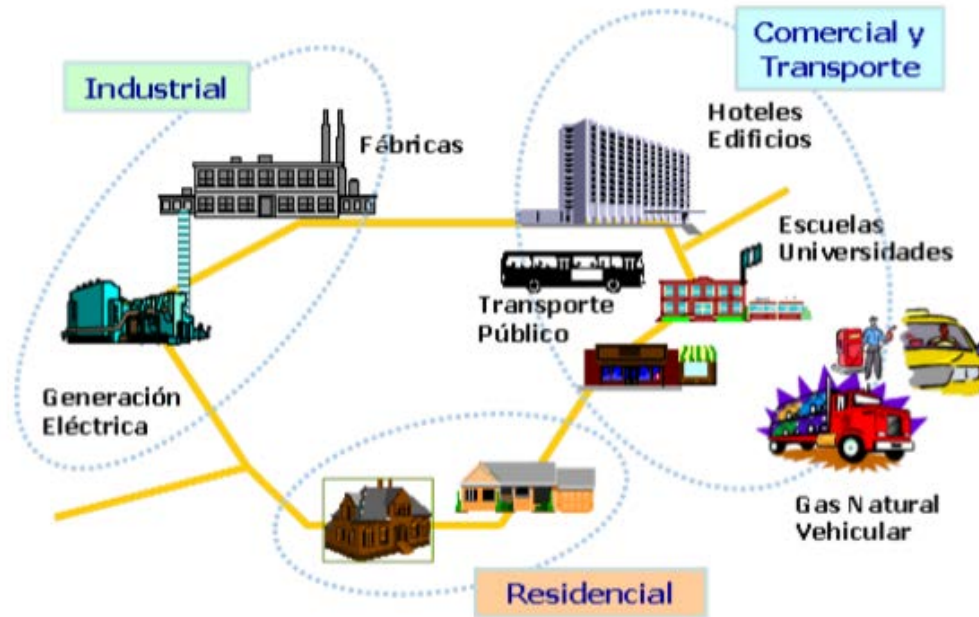


Figura 6. Segmentación del mercado del gas natural. Fuente: Ministerio de Energía y Minas-Archivos- Gas natural (p. 09-18).Perú: Minem

### 2.3.4. Ventajas del Gas Natural en la industria

#### Ventajas Económicas:

- Es la energía de suministro continuo más barata
- Ahorros entre el 20 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 está 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 de seguridad:**

- El gas natural, a diferencia de otros gases combustibles, es más ligero que el aire, por lo que, de producirse alguna fuga, se disipa rápidamente en la atmosfera.

Únicamente, se requiere tener buena ventilación. (Melendez Gomez, 2006)

### **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.

### 2.3.5. Instalaciones del Gas Natural en la industria

Las instalaciones del gas natural incluyen equipos y dispositivos de combustión los cuales se generan calor mediante el principio teórico de la combustión de los combustibles.

#### 2.3.5.1. Combustión industrial

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

En toda combustión existe un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de  $O_2$  gaseoso. Los explosivos tienen oxígeno ligado químicamente. (Perez, 2012)

Para que se produzca una combustión deben cumplirse 3 condiciones:

Combinación Química – Violenta – Desprendimiento de calor

**Objetivos de la combustión** (Galvis, 2004):

- Generar calor a un proceso determinado, fundición.
- Incrementar la temperatura para facilitar la ocurrencia de un proceso, generación de vapor.
- Crear una atmósfera con los productos de combustión, secado.

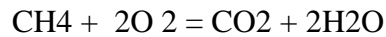
### 2.3.5.1.1. Química de Combustión

#### *La reacción de combustión*

Reactivos: componentes antes de la reacción

Productos: componentes después de la reacción

Ejemplo:



Los cálculos estequiométricos como:

- ✓ Volumen de oxígeno y aire teórico para la combustión
- ✓ Exceso de aire
- ✓ Productos de combustión
- ✓ La relación aire-combustible
- ✓ Composición del gas son puntos para el diseño de hornos, calderos, etc.

### 2.3.5.1.2. Termodinámica de la combustión

Se refiere al fenómeno físico-químico, relación aire-combustible, contenido calorífico, composición de los gases de combustión, y la cinética de la combustión (mezcla, geometría de la llama, ignición, propagación, estabilidad).

### 2.3.5.1.3. Tipos de la combustión

La relación aire-gas combustible (R)

$$R = Q_a / Q_g$$

Dónde:

$Q_a$  = flujo de aire en  $\text{m}^3/\text{h}$

$Q_g$  = flujo de gas en  $\text{m}^3/\text{h}$

### **Combustión estequiometrica**

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 está 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: (Chavez, 2005)

- ✓ 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**

Reacción donde los elementos que conforman el combustible no son completamente oxidados en el proceso de combustión. Los componentes que identifican una combustión completa en los gases de combustión son C, CO, H<sub>2</sub>, OH. (Galvis, 2004)

Las causas de una combustión incompleta:

- ✓ Cantidad insuficiente de oxígeno
- ✓ Mezcla combustible - aire deficiente
- ✓ Tiempo de residencia inadecuado

### Combustión real

Es la práctica común de combustión donde un exceso de aire garantiza la reacción con todo el combustible liberando la energía total contenido en dicho combustible. Exceso de aire superior al exigido en la combustión real causa ineficiencia en el proceso. (Galvis, 2004)

### Combustión adiabática

Proceso donde todo el calor liberado en la combustión se usa exclusivamente a elevar la temperatura de los gases de combustión. No existe intercambio de calor con los alrededores. (Galvis, 2004)

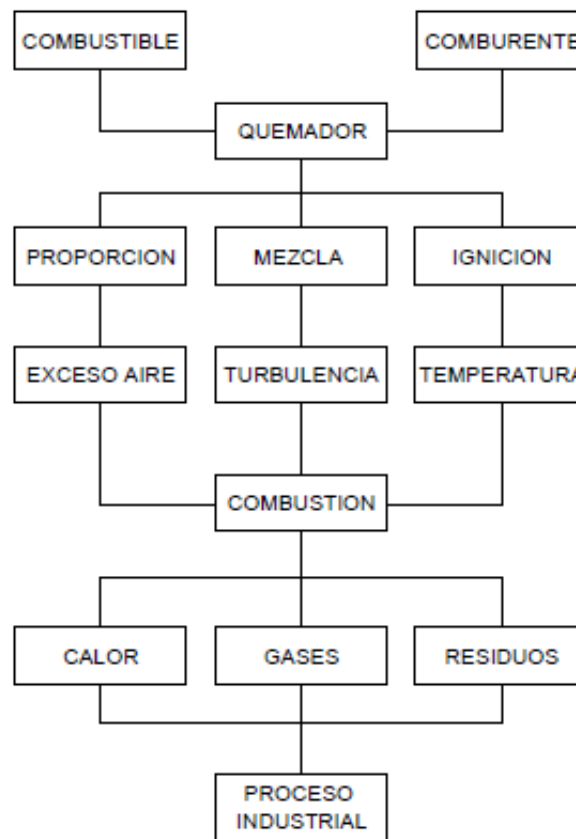


Figura 7. Esquema básico de la combustión industrial. Fuente: Galvis, H. (2004). Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias. *Curso Internacional Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias.*

#### 2.3.5.1.4. Condiciones para la combustión

Para que un combustible arda con una llama auto sostenida se necesitan ciertas condiciones termodinámicas y cinéticas las cuales depende del combustible y de la atmosfera donde se realiza la combustión. . (Galvis, 2004)

Estas condiciones son:

✓ **Temperatura de inflamabilidad**

Temperatura a la cual los vapores de combustible en presencia de aire y una fuente de calor reaccionan y se propaga poco a poco a toda la masa de combustible.

Tabla 3. 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

Fuente: Galvis, H. (2004). Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias. *Curso Internacional Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias.*

✓ **Límite de inflamabilidad**

Límites de concentración aire - combustible inferior y superior para que ocurra la reacción de combustión auto - sostenida en presencia de una fuente de calor. Los límites de concentración varían de acuerdo al tipo de combustible. (Galvis, 2004)

Tabla 4. Límites de inflamabilidad.

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

Fuente: Galvis, H. (2004). Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias. *Curso Internacional Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias.*

✓ **Temperatura de ignición**

Es la temperatura más baja a la cual la reacción de combustión se auto - sostiene.

La temperatura de ignición depende de las condiciones cinéticas de la reacción del combustible y los equipos de combustión. (Galvis, 2004)

✓ **Fenómeno de inestabilidad de la llama**

**Llama:** La manifestación visible y calórica de la reacción de combustión.

**Tipos de llama en función de la mezcla aire - combustible**

- Sin mezcla previa: Baja temperatura, gran longitud, color amarillo (gas)
- Con mezcla previa: Alta temperatura, longitud corta, color azul (gas)

**Velocidad de propagación** de la llama propiedad característica de cada combustible bajo una condición ideal de la mezcla.

**Velocidad de salida** del combustible: Condición de presión de suministro de la mezcla aire - combustible o combustible (caso llama sin mezcla previa).

**Estabilidad de la llama:** Equilibrio entre las velocidades de propagación y salida del combustible. (Galvis, 2004)

### 2.3.5.1.5. Mecanismos del proceso de combustión

#### Etapas en el proceso de combustión

Según (Galvis, 2004):

##### **Etapa de pre-combustión.**

Actividades de manejo y suministro del combustible hasta los quemadores del equipo de combustión.

La problemática de la pre-combustión está referida al tipo de combustible y a las facilidades que se dispongan.

##### **Etapa de combustión propiamente dicha**

Etapa donde se realizan el conjunto de reacciones químicas de oxidación que desprenden energía química en forma de calor asociado a la formación de llama

Existencia de combustible-comburente-energía de activación

El quemador es el equipo principal en esta etapa de combustión:

- ✓ Facilita la mezcla aire-combustible
- ✓ Garantiza estabilidad del proceso
- ✓ Facilita la atomización de combustibles líquidos
- ✓ Facilita la continua ignición de la mezcla
- ✓ Disminuye los efectos negativos de contaminación atmosférica

### **Etapa de post-combustión**

Manejo que se da a los gases de combustión para cumplir los objetivos de transferencia de calor.

La etapa de post-combustión incluye:

- ✓ Cámara de combustión: Acomodar llama y mantener temperatura y tiempo de residencia
- ✓ Sección de convección: Área de intercambio de calor entre los gases de combustión y el proceso.
- ✓ Chimenea: Salida a la atmósfera de los gases de combustión
- ✓ Equipo de manejo de aire: Suministro e aire para la mezcla con el combustible
- ✓ Sistema de control: Instrumentación requerida para regular y controlar el proceso de combustión.
- ✓ Corrosión y limpieza interna

### **Descripción de los mecanismos del proceso de combustión**

Según (Galvis, 2004):

- ✓ **Atomización.** La atomización busca romper la masa de líquido en pequeñas gotas para facilitar el modelo de la combustión
- ✓ **Vaporización.** Es donde se la mezcla aire-combustible se realiza en estado gaseoso
- ✓ **Secado de combustibles.** Eliminación de la humedad contenida en el combustible lo que ocasiona una menor temperatura de cámara de combustión, pérdida de eficiencia y baja velocidad de reacción de combustión.

- ✓ **Etapa de ignición e inflamabilidad.** Para llegar al punto de ignición e inflamabilidad los vapores del combustible se someten a un post-calentamiento y mezcla con aire.
- ✓ **Zona de reacción y llama.** Serie de reacciones en cadena para obtener CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, NO<sub>x</sub>, etc. Las características de la llama depende del tipo de combustible, de las especificaciones del equipo de combustión.

#### 2.3.5.1.6. Eficiencia del proceso de combustión

- ✓ Todo el calor entregado por la reacción de combustión no es aprovechado por el proceso lo que significa que parte de este calor se pierde al medio externo, de igual manera no siempre ocurre combustión completa.
- ✓ *Eficiencia del proceso:* Relaciona el calor absorbido por el proceso con el calor total entregado por el combustible.

$$\eta = \frac{\text{Calor entregado proceso}}{\text{Calor Total}} * 100$$

#### 2.3.5.2. Quemadores industriales

Los quemadores son los 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. (Chavez, 2005)

Los dispositivos fundamentales que intervienen en la combustión son:

- ✓ Quemador
- ✓ Tren de Válvulas

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

- i. Aportar combustible en las condiciones adecuadas para su adecuado encendido y combustión.
- ii. Aportar parcial o totalmente el aire con el oxígeno necesario para la combustión.
- iii. Mezclar el aire y combustible en las proporciones adecuadas y en el momento necesario.
- iv. Encender y quemar la mezcla.
- v. 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.

### 2.3.5.2.1. 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. (Chavez, 2005)

#### ✓ 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 más lejos del inyector del quemador antes de que pueda se calentada a su temperatura de ignición y de esta forma alargar la llama. (Chavez, 2005)

✓ **Volumen de combustión**

El espacio ocupado por el combustible y los productos intermedios de la combustión mientras se queman, varía considerablemente con el diseño del quemador, las presiones y las velocidades de las corrientes de flujo y la aplicación en sí. (Chavez, 2005)

**2.3.5.3. Calderas industriales**

Una caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado.

Éste vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado a vapor.

*Tabla 5. Calderas Industriales.*

<b>Calderas Industriales</b>	
<b>Definición</b>	Una caldera es un recipiente cerrado en el cual se calienta agua, se genera vapor, se sobrecalienta bajo presión o vacío mediante la aplicación de calor de combustibles.
<b>Objetivo</b>	Generación de vapor o producción de agua caliente.
<b>Usos</b>	Residencial, Comercial, Industrial y Generación Eléctrica
<b>Consideraciones de Diseño</b>	Tipo de combustible – Capacidad de Generación mínima, normal y máxima

Fuente: Galvis, H. (2004). Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias. *Curso Internacional Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias.*

### 2.3.5.3.1. Componentes de una caldera

Para entender la operación de una caldera es necesario observar lo que sucede con las corrientes que intervienen en el proceso

Ciclo de calor: combustible y gases de combustión

Ciclo de agua: Circulación y alimentación al sistema

Ciclo de vapor: Generación y sobrecalentamiento

Ciclo de condensado: Agua formada del vapor producido después de realizar su trabajo

A continuación se mencionan los componentes más importantes de una caldera:

- **Hogar:** Liberación de calor por reacción de combustión. Su diseño se basa en tiempo – turbulencia – temperatura
- **Quemador:** equipo que genera la llama, mediante la combustión de la mezcla del combustible con el aire.
- **Sección de la Caldera o Convención:** Área de intercambio de calor con los gases de combustión calientes
- **Sobrecalentador:** Área de intercambio de calor con los gases de combustión para incrementar la temperatura del vapor.
- **Chimenea:** Punto de salida de los gases de combustión.

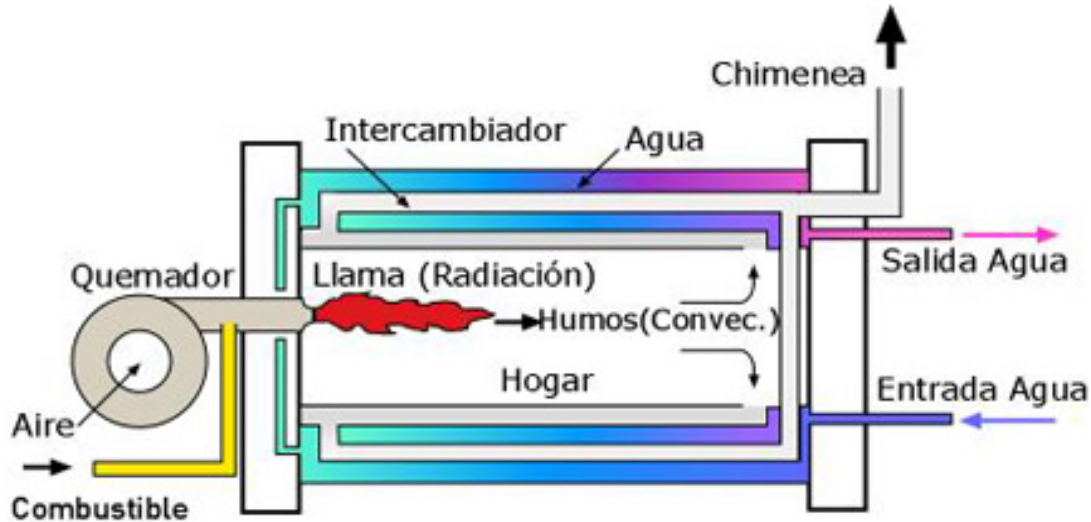


Figura 8. Componentes de una caldera. Fuente: Fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Sistemas de Calefacción: Calderas y Equipos Terminales.

### 2.3.5.3.2. Clasificación de calderas según disposición de los fluidos

Según (fenercom, 2013)

#### a. Calderas acuotubulares (Tubos de agua)

Son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por el interior de tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. Se encuentran en tamaños sobre los 10000 lb/h de vapor y cuando se requiere una presión de trabajo por encima de los 22 bar.

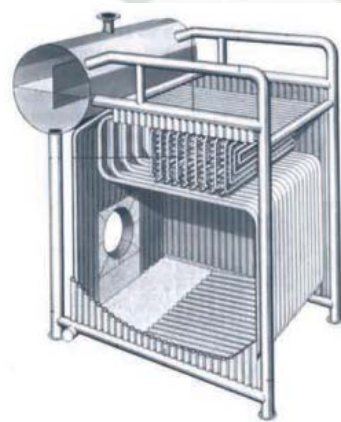


Figura 9. Detalle caldera acuotubular. Fuente: fenercom. (2013). *Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes* (p. 72). En *Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*

### b. Calderas Piro tubulares (Tubos de humo)

Son aquellas calderas en las que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos. Son de aplicación principalmente cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 bar.

#### Características de las calderas piro tubulares:

- ✓ Productos de combustión fluyen por el interior de los tubos.
- ✓ Su costo es bajo comparado con una caldera acu tubular
- ✓ La capacidad de las calderas piro tubulares es limitada. Máximo 30.000 libras por hora de vapor
- ✓ La fluctuación de demanda de vapor ocasiona pequeños cambios operacionales por su capacidad de almacenamiento de agua.
- ✓ Requieren mayor tiempo para su estabilización.
- ✓ Capacidad de sobrecarga es limitada.
- ✓ Requiere limpieza interna de los tubos, su frecuencia depende del tipo de combustible utilizado y la limpieza con que se realiza la combustión.

Las calderas piro tubulares se clasifican en función de la disposición del haz tubular en:

**Calderas horizontales:** el haz tubular está dispuesto de la parte delantera a la posterior de la caldera.

**Calderas verticales:** el haz tubular está dispuesta de la parte inferior a la parte superior de la caldera.



Figura 10. Caldera pirotubular horizontal.



Figura 11. Caldera pirotubular vertical.

Fuente: fenercom. (2013). Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes (p. 73,74). En *Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*

Las calderas pirotubulares se clasifican en función del número de haces tubulares en:

### **Calderas de dos (2) pasos de gases.**

En el diseño de dos pasos de humos, se distinguen claramente dos vías de paso autónomas de circulación de los productos de combustión. Se puede diferenciar una cámara cilíndrica de combustión denominada hogar, localizada en la parte inferior de la caldera y rodeada por una pared posterior totalmente refrigerada por agua (cámara húmeda).

Los gases de combustión producidos por el quemador en la parte posterior de la cámara de combustión (hogar) fluyen en sentido inverso a tres del hogar volviendo hacia el núcleo de la llama por la zona exterior de la misma hasta la zona delantera de la caldera para introducirse en los tubos del segundo paso de humos.

Seguidamente, los gases de combustión de la caldera son dirigidos hacia la caja de gases trasera y evacuados a la exterior.

Las calderas que se basan en este principio se caracterizan por su bajo rendimiento, así como por el alto contenido de sustancias contaminantes en sus gases de combustión.

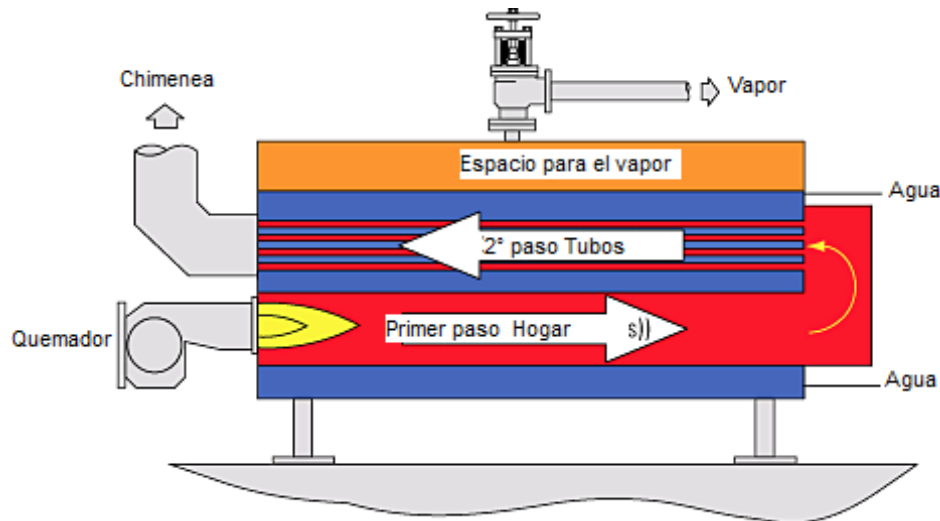


Figura 12. Caldera Pirotubular de dos pasos. Fuente: fenercom. (2013). Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes (p. 74). En Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

### Caldera de tres (3) pasos de gases

En el diseño de tres pasos de humos, ver Fig.13, se distinguen claramente tres vías de paso autónomas de sentido único de circulación de los productos de combustión. Se puede diferenciar una cámara cilíndrica de combustión denominada hogar, localizada en la parte interior de la caldera rodeada por una pared posterior totalmente refrigerada por agua (cámara húmeda).

Los gases de combustión producidos por el quemador en la parte posterior de la cámara de combustión (hogar) fluyen a través de los tubos de humos en el segundo paso de humos.

Seguidamente, los gases de combustión de la caldera cambian de dirección en la parte frontal de la caldera, pasando a través de los tubos de humos en el tercer paso de humos, hacia el conducto de expulsión de gases (chimenea), por el que se evacuan al exterior.

Las calderas que se basan en este principio se caracterizan por su alto rendimiento, así como por el bajo contenido de sustancias contaminantes en sus gases de combustión. Estas calderas pueden ser instaladas cumpliendo las exigencias medioambientales más rigurosas.

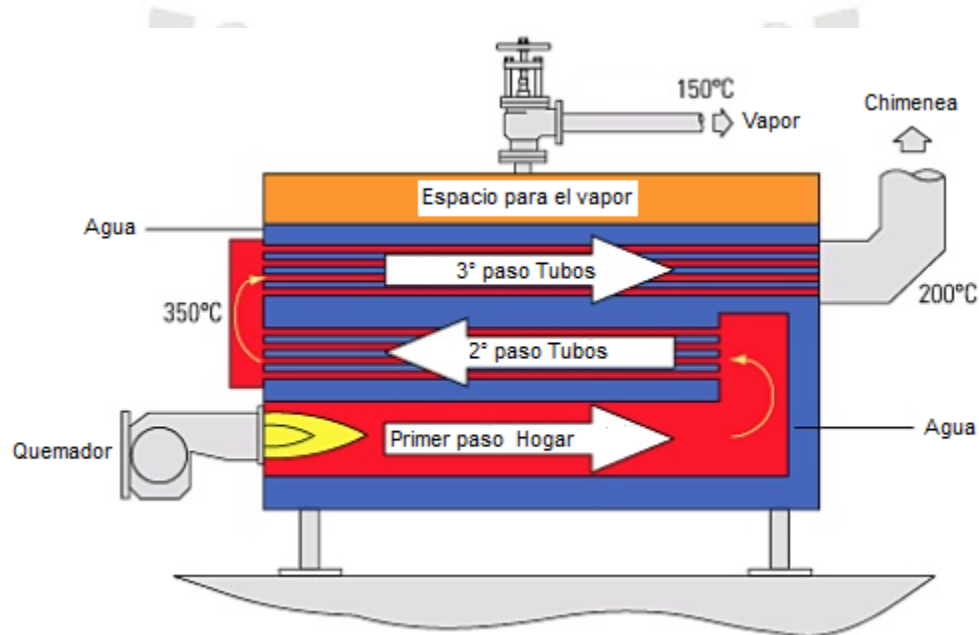


Figura 13. Caldera Pirotubular de tres pasos. Fuente: fenercom. (2013). Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes (p. 75). En Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

#### 2.3.5.4. Secadoras industriales

Se denominan secaderos a los equipos que eliminan o reducen el agua (humedad) de un producto utilizando energía calorífica. (Fenosa)

Las partes básicas de un secadero son:

- Hogar: donde se generan los gases calientes que aportarán el calor necesario para la operación de secado. Si el secadero es eléctrico, esta parte no existe.
- Cámara de secado: es el secadero propiamente dicho.
- Ventiladores: que impulsan el aire caliente a través del secadero.

1. Quemador
2. Llama
3. Cámara de combustión
4. Corredera
5. Circuito de gases de combustión
6. Ventilador extractor
7. Chimenea de evacuación
8. Entrada de aire ambiente
9. Circuito de aire
10. Salida de aire caliente
11. Ventilador

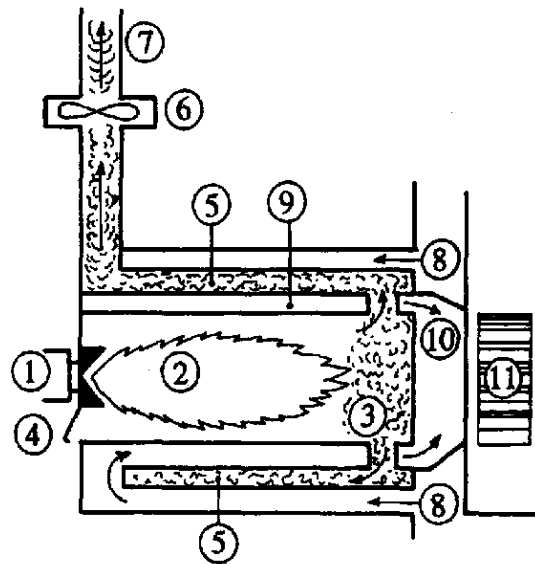


Figura 14. Partes de un secadero industrial. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Secaderos Industriales.

Los procesos industriales de secado tienen una fuerte incidencia en el consumo energético de la industria, alcanzando un 11 % del consumo total de ésta.

#### 2.3.5.4.1. Proceso de secado

En el proceso de secado deben distinguirse tres tiempos:

- Periodo **AB**. Es el periodo de calentamiento inicial del producto en el cual la velocidad de secado aumenta.

- Periodo **BC**. La velocidad de secado permanece constante y es independiente del sólido.
- Periodo **CD**. La humedad superficial ya ha sido eliminada y ahora es preciso evaporar la humedad interna, que ha de emigrar a la superficie. La velocidad de secado decrece.

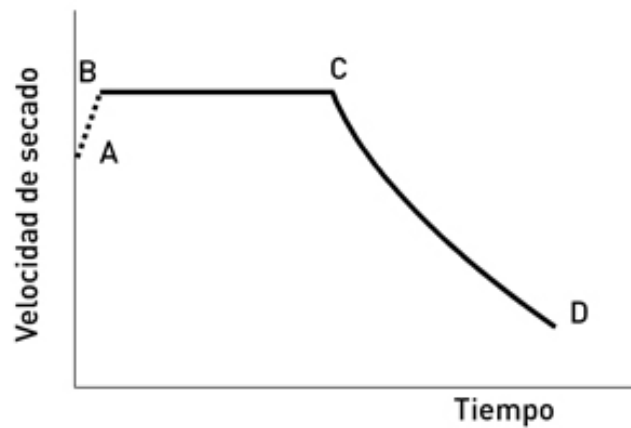
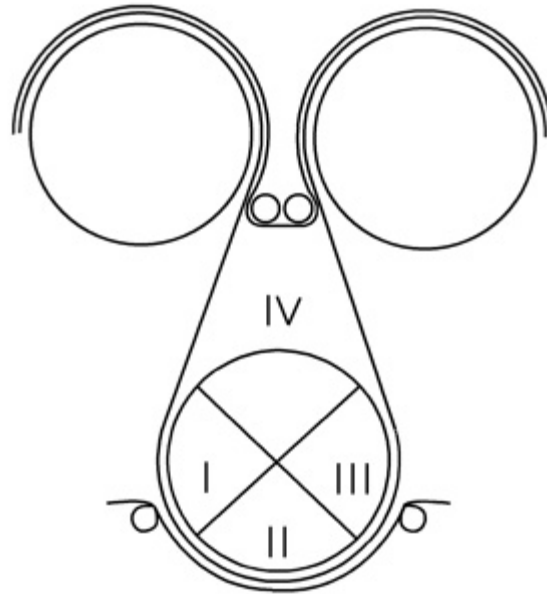


Figura 15. Proceso de secado. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Secaderos Industriales.

#### 2.3.5.4.2. Componentes de un secador

Los secaderos son equipos extremadamente variables en forma y componentes, dependiendo de la aplicación industrial, del estado que presente el producto a secar, y de la forma de transmisión de calor que se emplee. Por eso, para definir los componentes de esta tecnología, describiremos los distintos tipos de secaderos.

- Secaderos por conducción.** Son típicos de la industria papelera, donde la banda de papel húmedo se seca por contacto con la superficie exterior de un cilindro hueco en cuyo interior se condensa vapor de agua.



*Figura 16. Secadero por conducción. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). Gas Natural Fenosa. Obtenido de Secaderos Industriales.*

- b. Secaderos por convección.** Pueden ser de convección natural al aire, pero son mucho más frecuentes los secaderos de convección forzada utilizándose como fluido caliente los humos procedentes de una combustión o aire calentado eléctricamente o por otros medios.

**De gases calientes:** pueden ser de varios tipos, entre los que destacan:

**Tipo tambor giratorio.** Está constituido por un cilindro tubular más o menos inclinado que puede girar a distintas velocidades. El producto a secar entra por la parte más alta del tambor, y debido a la lenta rotación del secadero, avanza por el mismo y se mezcla íntimamente, gracias a unos dispositivos interiores adecuados, siendo secado por los gases que se introducen en el tambor.

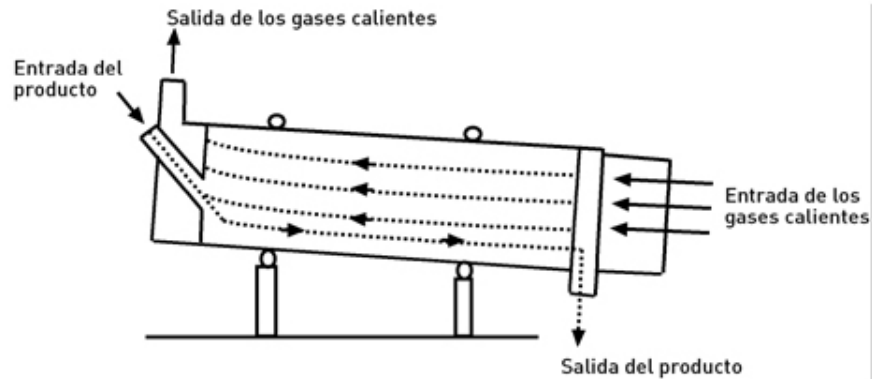


Figura 17. Secadero por convección tipo tambor giratorio. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de *Secaderos Industriales*.

**De lecho fluidizado.** Los gases se introducen en el lecho a contracorriente a través de una mufla (horno) que los calienta, y fluidiza las partículas sólidas a secar, que se introducen por arriba desde una tolva y son descargadas por la parte inferior.

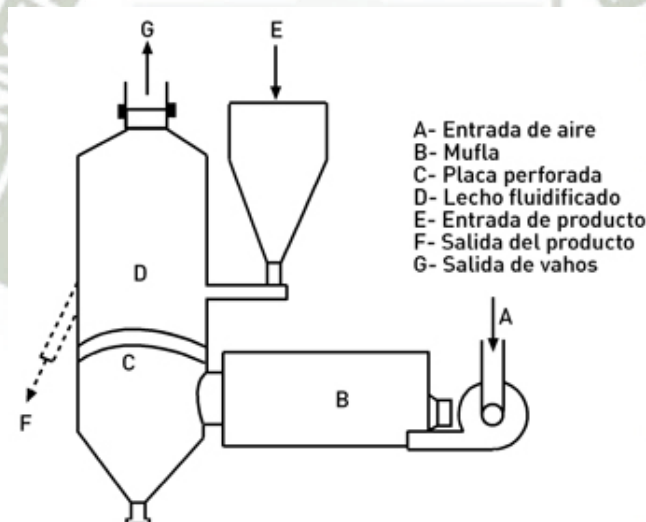


Figura 18. Secadero por convección de lecho fluidizado. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de *Secaderos Industriales*.

**De aire caliente.** Pueden adoptar multitud de formas entre las que destacan:

**Secaderos a presión atmosférica:**

- Estufas de secado.

- Armarios de secado.
- Secaderos de toberas.
- Canales de secado.
- Secaderos de bandejas anulares.

**Tipo flash:** en los que el producto es transportado neumáticamente por un fluido que actúa simultáneamente como transportador y como agente de secado. Están constituidos por un tubo elevador vertical en el que la corriente de aire caliente va de abajo a arriba, arrastrando el producto a secar en forma de grano fino, que se separa luego con uno o varios ciclones.

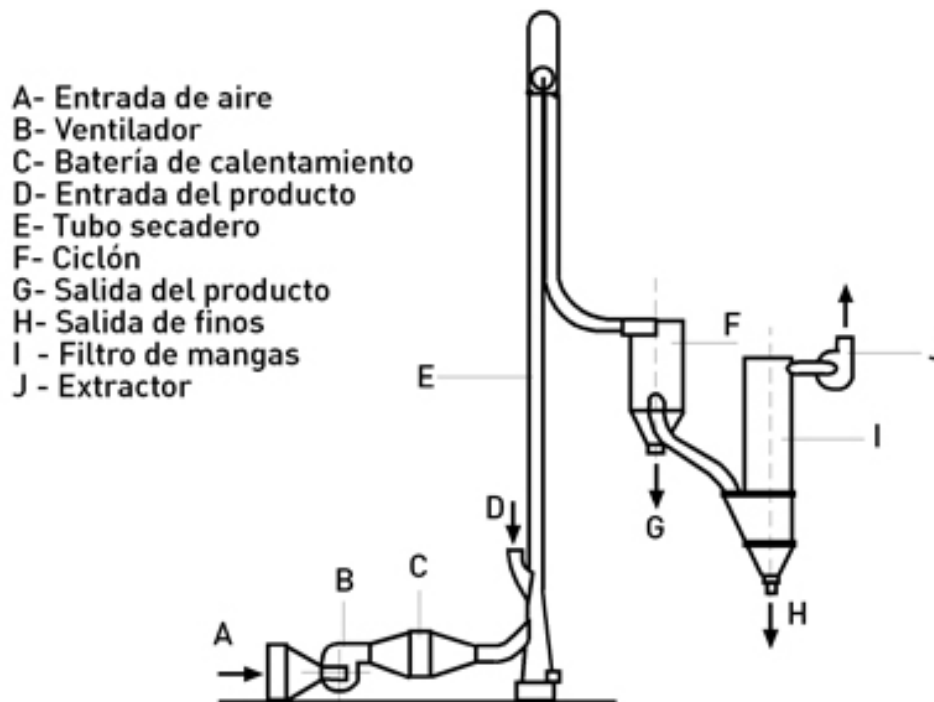


Figura 19. Secadero por convección de tipo flash. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Secaderos Industriales.

c. **Secaderos por radiación.** El producto es sometido a radiación, operando normalmente en continuo y con radiación infrarroja.

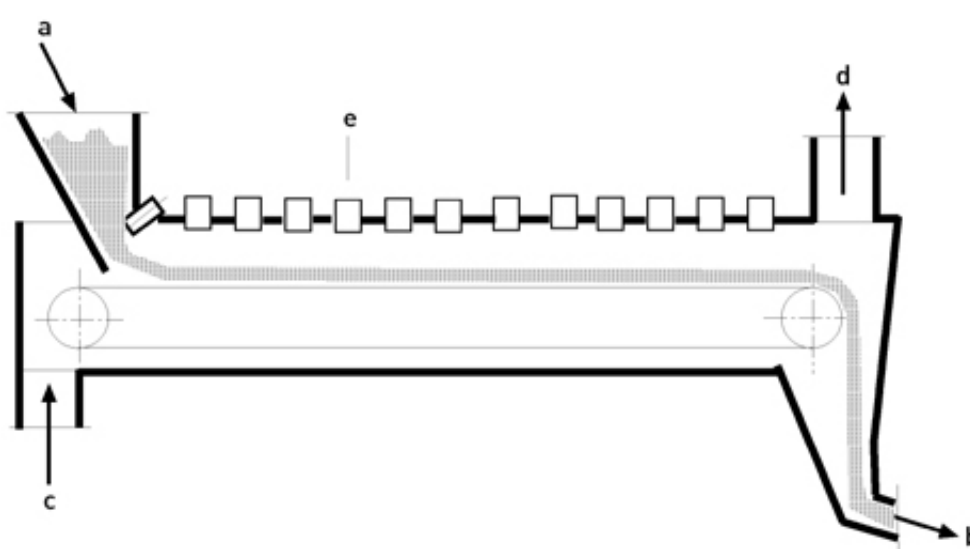


Figura 20. Secadero por radiación. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Secaderos Industriales.

d. **Secaderos combinados.** En ellos, el secado se realiza por dos o más de las formas de transferencia de calor antes citadas.

e. **Secaderos de vacío.** Reducen la temperatura de evaporación del agua mediante la operación a presión reducida (vacío). Son especialmente indicados para operaciones de liofilización. Su uso es necesario cuando:

- El producto a secar no admite prácticamente calentamiento y se requiere rapidez en el proceso. Se opera a la presión de vapor correspondiente a la máxima temperatura que admita el producto.
- Se intenta recuperar el líquido que eliminamos del producto por su valor u otra circunstancia, condensándolo a la salida.

- La sustancia a desecar se descompone en presencia del aire.

f. **Secaderos de alta frecuencia, por dielectricidad.** El calentamiento y desecación se produce al someter al cuerpo a una corriente eléctrica que genera calor por efecto Joule.

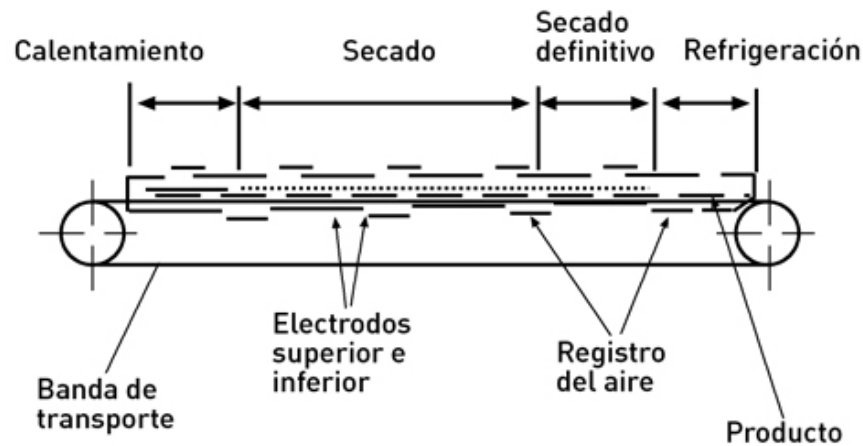


Figura 21. Secadero de alta frecuencia, por dielectricidad. Fuente: fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Secaderos Industriales.

### Ventajas e inconvenientes de un secador

El secado de productos, como ya se ha visto, se puede realizar con secaderos (energía térmica) o con otros medios, mecánicos o químicos.

La principal ventaja del uso de secaderos térmicos es que el grado de eliminación de la humedad puede llegar a ser muy alto, frente a, por ejemplo, el secado mecánico por compresión, que frecuentemente necesita de un posterior secado térmico.

El principal inconveniente de estos secaderos es su alto consumo energético, debido en gran parte al gran calor latente de vaporización del agua, lo que requiere de un alto aporte térmico en el secadero.

También podemos señalar que en el caso de secado de gases húmedos, los mejores resultados se obtienen con métodos de absorción química y no con secaderos. (Fenosa)

### 2.3.5.5. 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). (Chavez, 2005)

**Componentes de una ERMP:**

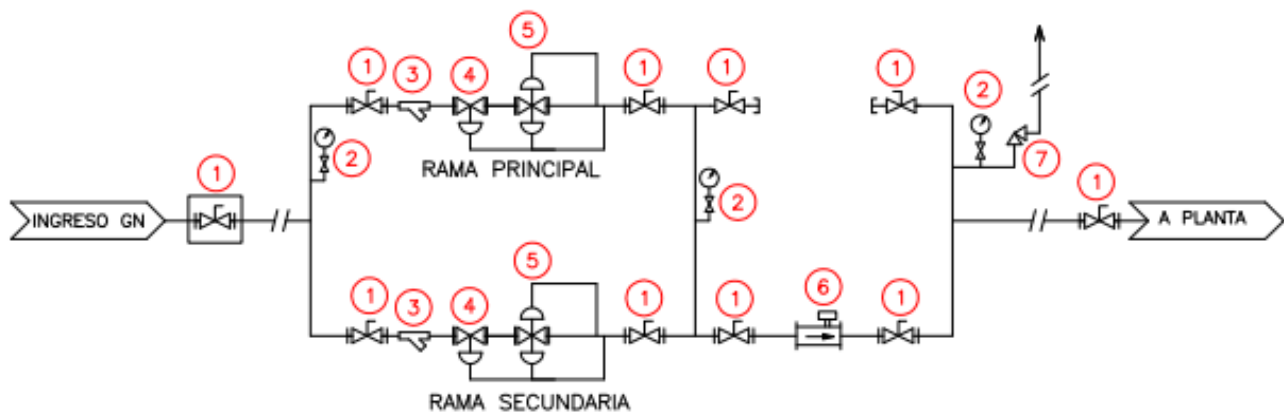


Figura 22. Componentes de una ERMP. Fuente: Chavez, A. (2005). *Proyecto de Conversión Industrial al consumo de Gas Natural en una planta textil*. Lima: UNI

- 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 por alta presión
- 6: Medidor de flujo
- 7: Válvula de alivio de presión

### 2.3.5.6. Estación de regulación de presión y medición secundaria

Conjunto de aparatos y elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido del gas con el fin de proteger los equipos que se encuentran directamente a estas estaciones secundarias, los cuales son diseñados para una menor presión de operación.

Se utilizan cuando la presión de utilización difiere de la presión regulada, es necesaria la instalación de una Estación de Regulación y Medición Secundaria (ERMS) o Subestaciones.

Las subestaciones deben estar ubicadas en lugares accesibles y estar adecuadamente protegidas. (Ñiquen, 2012)

### 2.3.5.7. Tuberías

Para la instalación de gas natural a la industria se utilizan tuberías de polietileno, acero y cobre. (Ñiquen, 2012)

#### *Tuberías de polietileno*

Normalmente se usa polietileno en las tuberías instaladas hasta la estación de reducción de presión de la industria.

#### *Tuberías de acero*

Las tuberías de acero se pueden instalar en toda la red de distribución e instalaciones dentro de la industria. No obstante, por su costo normalmente se utilizan en las instalaciones que van de la estación de regulación hasta el aparato de consumo.

#### *Tuberías de cobre*

Las tuberías de cobre también se usan en las instalaciones industriales, normalmente cuando las presiones son inferiores a 1 bar.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de las tuberías.

TUBERIAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Polietileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es económico.</li> <li>- Fácil de soldar.</li> <li>- Menores costos en instalación, mantenimiento y operación.</li> <li>- Facilidad de instalación y manipuleo.</li> <li>- No es atacada en ninguna forma por la corrosión.</li> <li>- Resistente a movimientos sísmicos.</li> <li>- Vida útil, mínimo 50 años a 20°C.</li> <li>- Es seguro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo se usa para presiones inferiores a 7 Bar.</li> <li>- Es recomendable para lugares en donde la temperatura es menor a 50°C.</li> <li>- No puede estar al aire libre, debe ser enterrado.</li> </ul>
Acero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede usar para presiones medias y altas.</li> <li>- Fácil de soldar.</li> <li>- Puede estar al aire libre.</li> <li>- Facilidad de instalación y manipuleo.</li> <li>- Larga vida útil.</li> <li>- Resistentes a altas temperaturas.</li> <li>- Es seguro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo</li> <li>- Mayores costos de construcción y mantenimiento.</li> <li>- Requiere de revestimiento y protección catódica.</li> </ul>
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil de soldar.</li> <li>- Requieren de menor mantenimiento.</li> <li>- Larga vida útil.</li> <li>- Son compactas y de menor peso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo se puede usar para presiones inferiores a 7 Bar.</li> <li>- Mayor costo.</li> </ul>

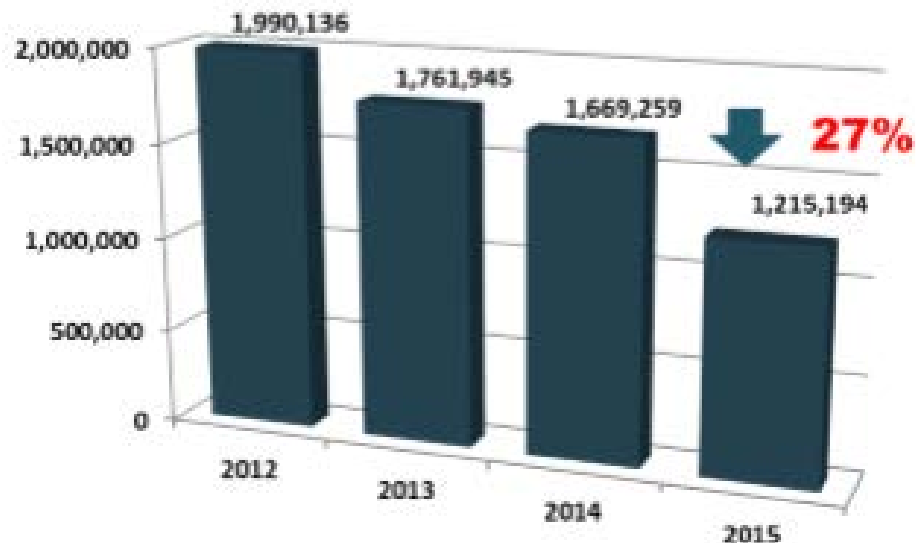
Fuente: Ñiquen, N. (2012). Diseño y Calculo en Instalaciones de Gas Natural en Industrias. *Centro de Extensión y Proyección Universitaria Conferencias Viernes Científico Culturales*, (pág.84). Callao.

## Capítulo III: Diagnostico situacional

### 3.1. Diagnostico Externo

Luego de un importante periodo de crecimiento constante de casi 15% en promedio anual, las exportaciones peruanas de prendas de vestir se vieron fuertemente afectadas desde el año 2009 por la turbulencia económica que afectó a casi todas las exportaciones.

Comparativo de las exportaciones periodo Enero - Noviembre (Miles US\$ FOB)



*Figura 23.* Comparativo de las exportaciones periodo Enero- Noviembre (Miles US\$ FOB). Fuente: Adex Data Trade

Las exportaciones totales del sector han mantenido una tendencia decreciente durante once meses del año, los productos que más se exportaron fueron las prendas de tejido de punto, los hilados y las telas. Es preciso resaltar que en el 2012 (Enero-Julio) llegamos a exportar, \$1,990 millones versus los \$1,215 millones exportados en el 2015; podemos observar que la tasa de decrecimiento fue de 27%, es muy importante para el sector recuperar la rienda del crecimiento en dichos sectores. (Adex Data Trade , 2016)



Figura 24. Principales destinos de las prendas de vestir entre Enero- Noviembre 2015.  
Fuente: Adex Data Trade

De enero a noviembre del 2015, EEUU sigue siendo el principal mercado destino de nuestras exportaciones de prendas de vestir con 63% de participación. Venezuela continúa su proceso de retracción con un decrecimiento de 89% en comparación con el mismo periodo del año pasado y representando el 2% de participación ubicándose en el séptimo destino de nuestras exportaciones. Brasil ha logrado convertirse en el segundo destino teniendo una participación del 7%; sin embargo, sus compras decrecieron 27%. (Adex Data Trade , 2016)

Si la industria peruana de textil y confecciones no se somete a una reingeniería, que apunte a mejorar su competitividad, estará condenada incluso a desaparecer, advirtió la Sociedad de Comercio Exterior del Perú (ComexPerú).

“Las empresas deben innovar y ampliar su oferta exportable, posicionándose en nichos con productos de alta gama, por ejemplo. De igual forma, el Estado debe continuar y profundizar la política de apertura comercial”, indicó. (ComexPerú, 2016)

Por otro lado se puede mejorar competitividad siendo más eficiente con los costos energéticos. En el Perú, la problemática del acceso a energía ha empezado a discutirse con mayor fuerza debido a:

- El bajo grado de electrificación en áreas rurales
- La percepción del alto costo de los combustibles líquidos y,
- La disponibilidad del gas natural y su poco nivel de uso interno.

Ello ha generado una serie de políticas de Estado para fomentar su uso.

Una nueva forma de ver la electricidad y los hidrocarburos: Una visión integral. (Salvador, 2013)

En conclusión la competitividad en el mercado textil ha bajado considerablemente debido a la falta de innovación e ineficiencia de los costos de producción como son los costos energéticos que ahora es un punto importante a optimizar. Franky y Ricky puede mejorar su competitividad en el mercado internacional optimizando sus costos energéticos, cambiando su actual combustible líquido GLP por el gas natural.

### **3.2. Diagnostico Interno**

La planta textil de Franky&Ricky se encuentra dentro del rango de una empresa mediana, la cual cuenta con diferentes áreas de producción y administrativas.

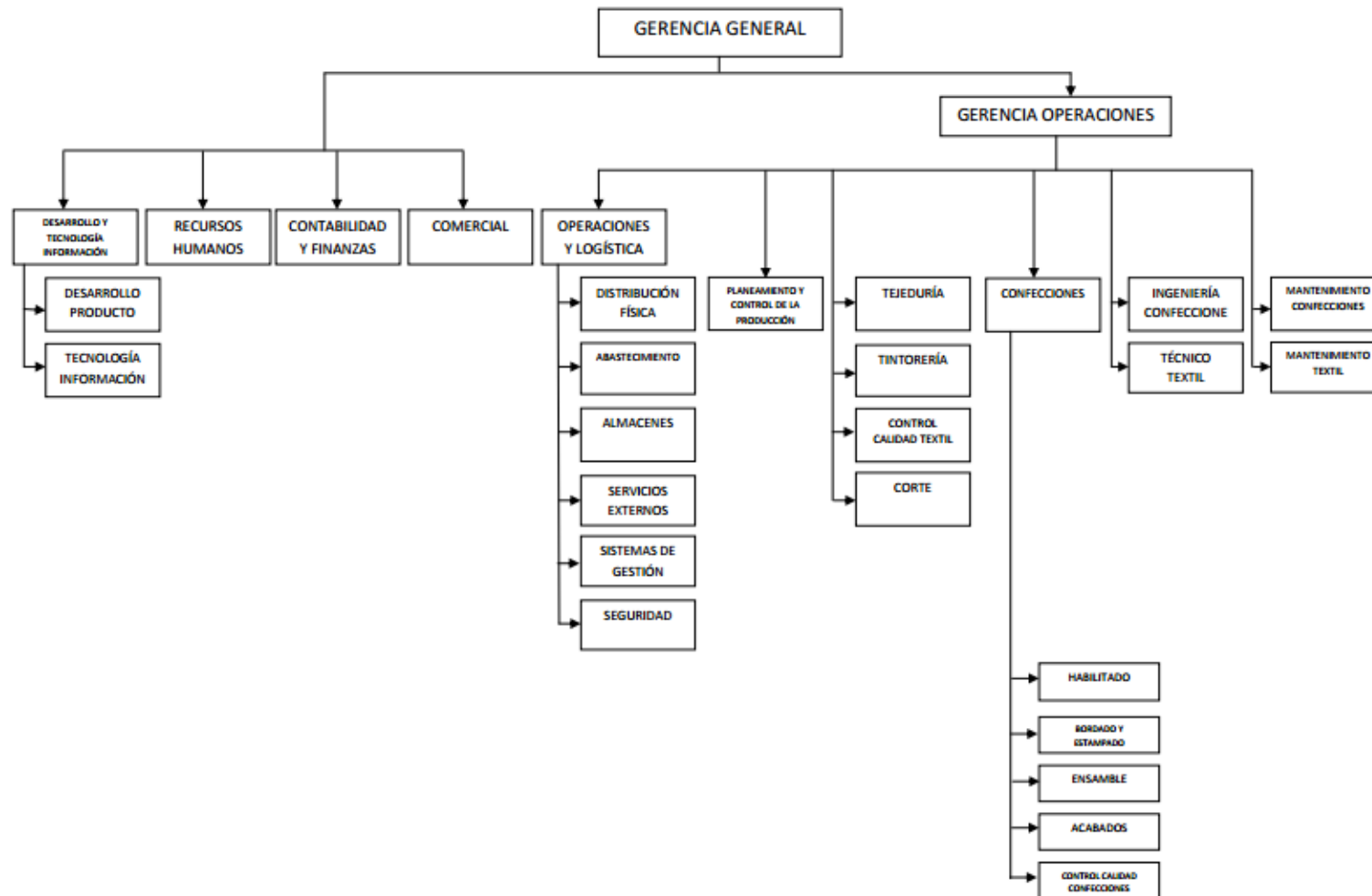


Figura 25. Organigrama Franky y Ricky S.A. Fuente: Franky & Ricky S.A.

### 3.2.1. Escenario corporativo

La empresa se dedica a la producción y comercialización de prendas de vestir de tejido de punto elaborados en algodón, tanto el mercado nacional pero en particular en el extranjero; para este efecto cuenta con dos Unidades Estratégicas de Negocios, la unidad Estratégica TEXTIL y la unidad Estratégica CONFECCIONES.

En la actualidad la compañía fábrica prendas en algodón peinado Orgánico, Tanguis o Pima, su producto tiene un alto valor agregado apreciado en el exigente mercado de la moda europea y americana, con alta calidad en la costura y con acabados sofisticados.

### 3.2.2. Unidades estratégicas productivas

Con la finalidad de obtener una mejor administración de los procesos productivos, se ha reorganizado los procesos en dos grandes Unidades Estratégicas Productivas según lo indicado en el diagrama:

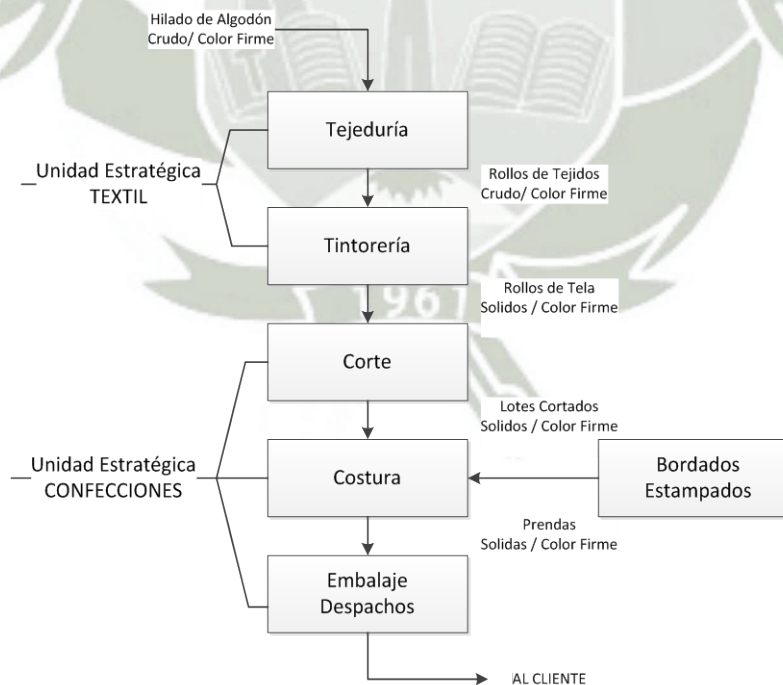


Figura 26. Diagrama Procesos Productivos. Fuente: Elaboración propia.

En la planta las ordenes de producción se detallan en el “sistema integral” este sistema se encuentra en todas las computadoras de la planta, la cual sirve para que los operarios puedan ingresar la cantidad de hilos, rollos y lotes que trabajan por turno, es así como se contabiliza las cantidades mas no los costos de producción.

A continuación se muestra el mapa de procesos de la empresa:

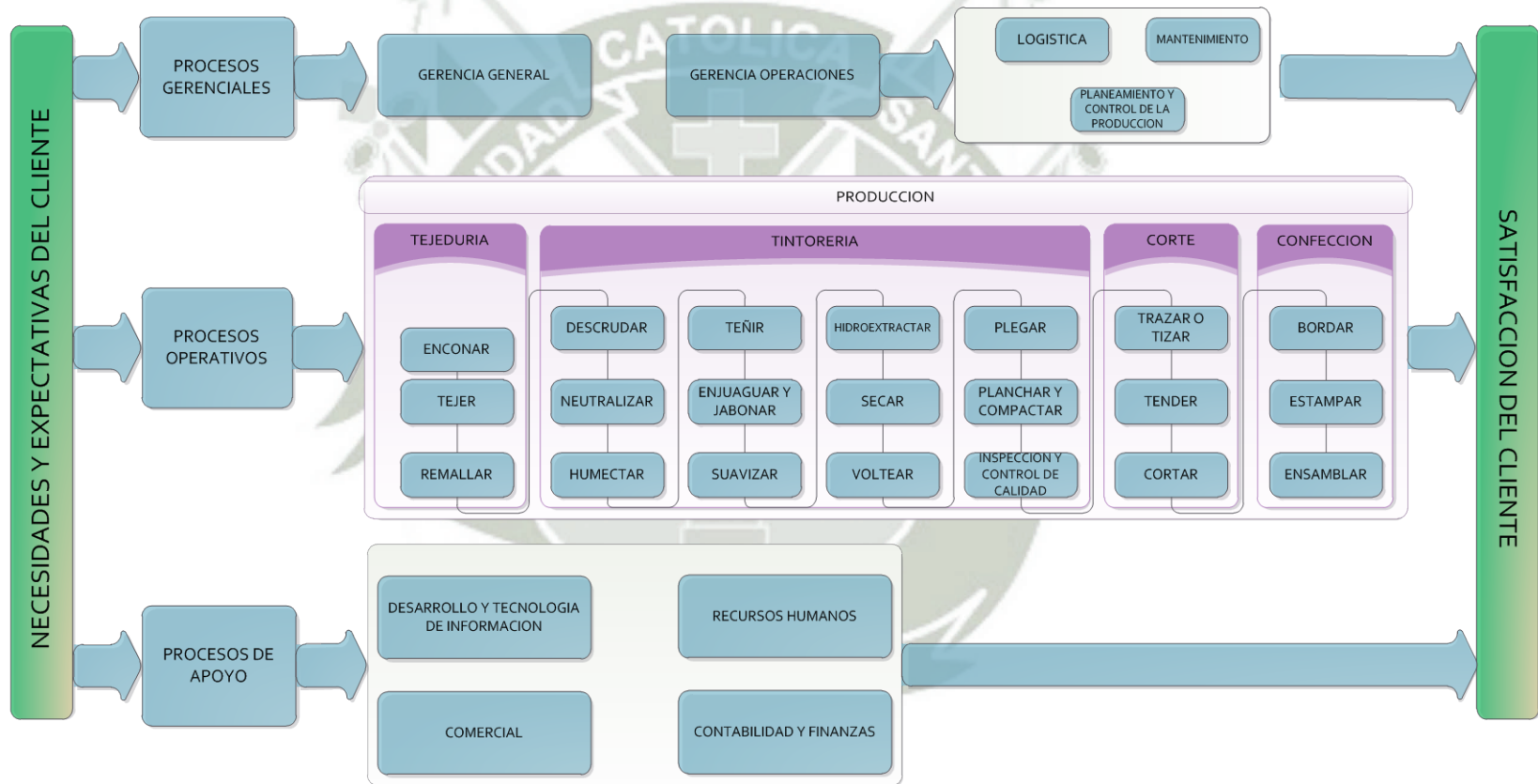


Figura 27. Mapa de procesos. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. Proceso de Tintorería

El proceso de tintorería se da en dos etapas, el proceso de húmedo y el proceso seco, esto depende justamente de su estado mojado o seco:

- a) **Proceso húmedo.-** Este proceso puede ser de tres tipos:
- Proceso de teñido, para obtener mediante el proceso cualquier color en las telas tejidas con hilado crudo.
  - Proceso de blanqueo, para obtener una tela blanca a partir de una tela tejida con hilado crudo.
  - Proceso de suavizado, para obtener un tela lista para confeccionar a partir de una tela tejida con hilado color firme (previamente teñido).
- b) **Proceso seco.-** Consta de las siguiente etapas:
- **Hidroextractado:** Lo realiza la maquina hidroextractora que se encarga de separar el agua de la tela teñida mediante la hidroextraccion a través de un sistema de 2 rodillos de determinada dureza, en condiciones que permiten que la tela solo arrastre una determinada cantidad de gua predeterminando al mismo tiempo el estiramiento y ancho de la tela.

La presión de trabajo que los rodillos ejercen sobre el tejido o tela varía de acuerdo al tipo de tejido, generalmente se trabaja con una presión de 1 bar a 3 bar.

- **Secado:** Lo realiza la maquina secadora, se encarga de separar el agua superficial del tejido por evaporación a una temperatura promedio de  $130^{\circ}\text{C}$  y a una velocidad que varía de 2 – 4 metros por minuto dependiendo del tipo de tejido y el grosor del mismo.

La humedad residual al final del proceso de secado es aproximadamente 5 - 8% que es lo que se requiere para el siguiente proceso.

- **Volteado:** Para el acabado final de la tela, esta tiene que estar por el lado derecho, entonces se voltea la tela, además en este proceso se eliminan los residuos sólidos de algodón.
- **Revisión:** en este proceso se califica la calidad del teñido, consiste en la observación de la tela por parte del inspector a través de una maquina en la cual se puede observar la tela por sus 2 lados y detectar defectos.
- **Planchado y compactado:** Es el último proceso cuyo objetivo es darle uniformidad y compactación a la tela, en este proceso se fija el ancho final de la tela y también sus encogimientos residuales, todo esto a través de valores y condiciones determinados en una tabla de estándares.



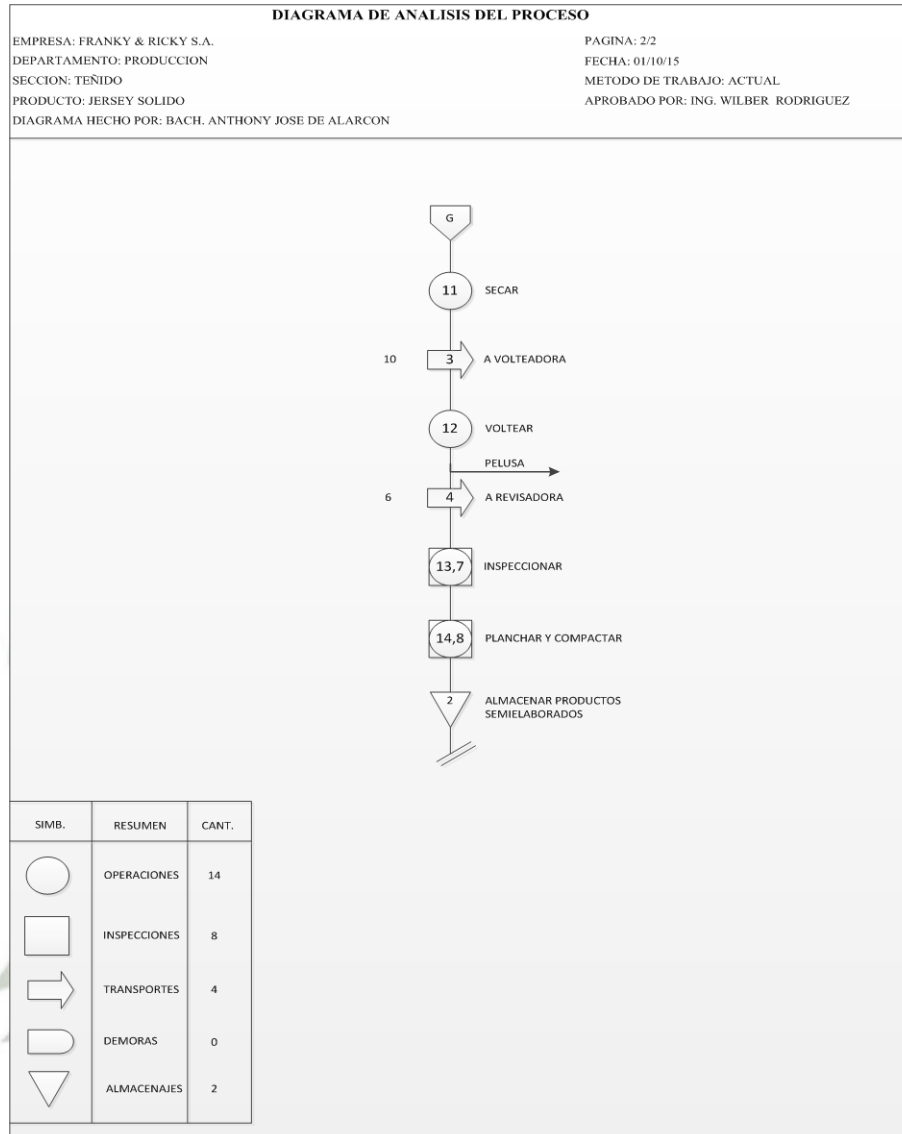


Figura 28. Diagrama de análisis del Proceso de Tintorería. Fuente: Elaboración propia

Del diagnóstico interno podemos concluir que los procesos productivos carecen de un control de costos, ya que no se cuenta con un sistema de costos en el área de tintorería que es la que demanda más consumo energético. Es decir la planta textil cuenta con un sistema integral el cual uno de sus usos es para contabilizar el manejo de los inventarios de materias primas y productos en proceso, registrando solo el costo de materias primas más no los de productos en proceso ya que se desconoce el costo que se incurre en dichos procesos.

## Capítulo IV: Determinación del sistema de costeo

De acuerdo a los procesos productivos vistos en el capítulo anterior se determina optar por un sistema de costos por órdenes de producción por las siguientes características:

- La producción se hace generalmente sobre pedidos formulado por los clientes.
- Para iniciar la producción, se emite una orden de fabricación, donde se detalla el número de productos a laborarse, y se prepara un documento contable distinto (por lo general una tarjeta u hoja de orden de trabajo), para cada tarea.
- Se reúne separadamente cada uno de los elementos del costo para cada orden de producción, ya sea terminada o en proceso de transformación.
- Se lotifica y subdivide la producción, de acuerdo al proceso productivo. (Todo Ingeniería Industrial, 2013)

### 4.1. Sistema de Costeo por Órdenes de Producción

El sistema de costeo por Órdenes de Producción, Lotes de Trabajo o Pedidos, se caracteriza por identificar la Unidad de Costeo, entendida como el objeto de acumulación de costos para obtener el costo unitario de un producto. La unidad de costeo será entonces la Orden de Producción, Orden de pedido, Orden de Servicios, Lotes de trabajo, etc. a través del cual se acumula los costos incurridos para producir el bien y/o prestar el servicio.

## 4.2. Acumulación de costos

Los costos incurridos en la Orden de producción y/o prestación de servicios se acumulan en un formato identificado como Hoja de Costos en la que se detalla la orden de producción, los costos incurridos con relación a materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos. Los costos son registrados a medida que se realiza la producción y una vez culminado el proceso productivo se totalizan los costos acumulados en cada hoja obteniendo el costo total de producción y se distribuye entre las unidades producidas para obtener el costo unitario.

## 4.3. Elementos de costos por Órdenes de Producción

De los tres elementos que participan en la determinación del costo es necesario aclarar algunos conceptos que se presentan con respecto al sistema de costeo por órdenes o pedidos.

### 4.3.1. Materiales o materia prima

El primer elemento del costo, se puede definir como los elementos básicos adquiridos a nivel nacional o internacional para uso en el proceso de producción de un bien o prestación de un servicio y que requieren procesamiento adicional.

Se clasifican en materiales o materia prima directa o indirecta según se puedan asociar con razonable exactitud dentro del producto elaborado o servicio prestado.

Los materiales directos forman parte sustantiva de los productos, determinan la calidad y presentación de los mismos en el mercado, tienen un valor económico significativo, son de fácil

medición y control dentro del proceso productivo, se pueden asignar con razonable exactitud a una Orden de Producción.

Los *materiales indirectos* por el contrario, aunque hacen parte del producto y son indispensables para su elaboración, no son fácilmente identificables por su naturaleza dentro del producto o la orden de producción o tienen poco valor económico, por lo que resulta más conveniente considerarlos como costo indirecto. (Martínez, 2009)

A continuación se muestra el formato de orden de producción utilizada por el área de tintorería:

ORDEN DE TINTORERIA						
Color:	Descripción:				Hoja	
Volumen:	Peso Total:				Fecha	
					Lote N°	
					Tinte	
Código	Rollo	Rmaq	Talla	Nro Piezas	Peso rollo	Descripción
Proceso:						
Código	Cantidad	Unidad	Prod. Químico			

Figura 29. Formato Orden de Producción. Fuente: Franky y Ricky S.A.

#### 4.3.2. Mano de Obra

Considerada como el costo total del recurso humano involucrado en la producción del bien o prestación del servicio. Si el personal se involucra de manera directa con la producción del bien o prestación del servicio es considerada *Mano de Obra Directa*, y en su costo se tienen en cuenta la totalidad de las erogaciones que se relacionen directamente con el bien o servicio. Si el personal apoya el departamento de producción, ayudan a la elaboración del producto pero no de manera directa se considera *Mano de Obra indirecta* y de igual forma en su costo se tienen en cuenta la totalidad de las erogaciones por este concepto.

#### 4.3.3. Costos Indirectos de Fabricación o de Prestación del Servicio

Son aquellos costos que por su naturaleza no son fácilmente identificables con la Unidad de Costeo u Orden de Producción, pero que son indispensables para la elaboración del producto y/o prestación del servicio. Dentro de los costos indirectos encontramos materiales indirectos, mano de obra indirecta y otros costos indirectos como depreciaciones (fábrica, maquinaria etc.), servicios públicos, repuestos de maquinaria, mantenimiento de maquinaria, elementos de aseo, envases y empaques, impuesto a la propiedad raíz, entre otros.

Cuando se aplica el Sistema de costeo por órdenes de producción o servicios, el proceso productivo inicia con el Pedido o la Orden de servicio, la cual identifica la cantidad de producto o servicio requerido con el cliente, esta orden da la pauta para determinar los elementos del costo de producción. Con respecto a los materiales, es necesario, seguir un proceso bien estructurado de compra y uso de los mismos.

El procedimiento para la gestión de materiales, registro de materia prima, registro de mano de obra directa y registro de costos generales de fabricación se describen así (Martinez, 2009):

### **Gestión de Materiales**

El proceso de compra de materiales debe contar con documentos soportes que garanticen un buen control interno, por lo menos se deben tener en cuenta los siguientes formatos:

*Orden de compra* con numeración consecutiva pre-impresa, donde se detallan los materiales o materia prima solicitados al proveedor, se especifican los precios de venta pactados en la negociación y se dan las instrucciones de despacho.

*Entrada a Almacén*, documento en el que se detalla los materiales recibidos, fecha, cantidades, estado en que se encuentran los mismos.

*Factura de Venta*, documento que envía el proveedor como comprobante de la transferencia de dominio de los bienes objeto de compra.

*Nota débito*, para registrar devolución de las mercancías a los proveedores. Con estos documentos debidamente diligenciados y autorizados la sección de contabilidad puede cargar al inventario la materia prima o materiales disponibles para la producción y hacer los pagos correspondientes a los proveedores.

A continuación mostramos el formato de orden de compra que actualmente usa empresa:



ORDEN DE COMPRA  
N°

Para:	Enviar a:
Nombre:	Nombre:
Compañía:	Compañía:
Dirección:	Dirección:
RUC:	RUC:
Teléfono:	Teléfono:

Fecha de O/C:  
Solicitante:  
Enviado mediante:  
Punto F.O.B:

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL

SUBTOTAL  
TASA DE IMPUESTO  
IMPUESTO SOBRE LAS  
VENTAS  
ENVIO Y GESTION  
TOTAL

AUTORIZACION
AUTORIZADO POR
FECHA

Figura 30. Formato de orden de compra. Fuente: Franky y Ricky S.A.

**Descripción:** En este formato se hace referencia a:

- Nombre de la empresa.
- Numeración del formato.
- Fecha de la elaboración de la orden.
- Código de material.
- Descripción del material.
- Cantidad del material en unidades.
- Precio unitario.
- Columna del total.
- Firma de quien lo autorizó.

### **Registro de Materia prima**

La elaboración de los productos empieza con la transferencia de materiales o materia prima a la línea de producción, para ello se debe utilizar un formato de *Requisición de materiales*, elaborado por el departamento de producción, donde se especifica la orden de trabajo, clase de trabajo desarrollado, cantidad del material solicitado, lugar de destino, etc. este documento sirve de soporte para descargar la mercancía del inventario y cargarla al proceso productivo. Así mismo si el departamento de producción devuelve mercancía a la bodega se debe realizar un formato de *Devolución de materias primas al almacén* y con el soportar de nuevo la entrada de los materiales al inventario. El uso de los materiales debe registrarse en la Hoja de costos para acumular el costo de materiales directos.

### Registro de Mano de obra directa

El segundo elemento del costo es la mano de obra, *La Nómina* comprende todos los pagos laborales y beneficios que recibe el trabajador del área de producción.

A partir de esta y con el formato de *Tarjeta de tiempo* donde el trabajador describe las actividades ejecutadas por él cada día, se identifica la Mano de Obra Directa e Indirecta. El costo de la Mano de Obra directa se registra en la Hoja de costos para acumular los costos correspondientes a la orden de producción.

A continuación se muestra el formato de orden de producción utilizada por el área de tintorería:

#### REGISTRO DE TIEMPO MANO DE OBRA UTILIZADA

NOMBRE DEL DEPARTAMENTO:

NOMBRE DEL TRABAJADOR:

CODIGO DEL TRABAJADOR:

DEL \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ AL \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

FECHA	HORA ENTRADA	HORA SALIDA	TOTAL HORAS
-------	--------------	-------------	-------------

*Figura 31.* Formato Registro de Tiempo Mano de Obra Utilizada. Fuente: Franky y Ricky S.A.

### Registro de Costos generales de fabricación

A diferencia de los costos directos que se asocian fácilmente con los productos los costos indirectos son de difícil asignación, una forma sencilla para asignar los costos indirectos consiste

en acumular los costos incurridos en el periodo, esperar la terminación de los productos y distribuirlos entre las unidades producidas, pero esta práctica no es apropiada por el tema de oportunidad, no es prudente esperar hasta que todas las órdenes de producción se terminen para fijar precios de venta, controlar costos entre otras situaciones. Por lo tanto un procedimiento más acertado consiste en hacer uso de indicadores de comportamiento de los costos indirectos en periodos anteriores, realizar un presupuesto de los mismos para el periodo y seleccionar una base para hacer la distribución de los mismos, a esto se le denomina *Tasa presupuestada*. La tasa presupuestada relaciona una variable de producción con la variable de costos indirectos para el periodo que se va a utilizar. La tasa presupuestada es un cociente que se obtiene de dos valores presupuestados, por lo tanto no será exacta, se espera que sea muy cercana al costo real. Lo importante es que permite hacer una aplicación de los costos indirectos a la producción en la medida que esta se realiza. La tasa se halla así:

$$\text{Tasa presupuestada} = \frac{\text{Costos indirectos presupuestados}}{\text{Nivel de operación presupuestado}}$$

El nivel de operación presupuestado puede estar dado en diferentes variables como son costo de mano de obra directa, horas de mano de obra directa, horas máquina, unidades producidas y otras que la administración considere apropiadas para el caso particular. A medida que el proceso productivo transcurre, los costos indirectos se aplican al producto usando la siguiente fórmula:

$$\text{Costos indirectos aplicados} = \text{Tasa presupuestada} \times \text{Nivel operación real}$$

En otras palabras los costos indirectos que se aplican a una orden de producción provienen de multiplicar la tasa presupuestada por el nivel de operación real de dicha orden.

*En el caso del área de Tintorería de la empresa Franky y Ricky los costos indirectos de fabricación serían los costos energéticos y su participación con respecto a la planta es 69.42 % en energía eléctrica, un 88.92% en agua y un 100% en GLP (Gas licuado Petróleo) ya que solo es usado por Tintorería.*

El área de Tintorería de la empresa Franky y Ricky, S.A. utilizó los siguientes costos de producción para el promedio de los meses del año 2015:

Costos Indirectos de Fabricación Reales:

Suministros de seguridad industrial	S/.	2.187,8
Gastos de Combustible	S/.	70.482
Gastos de electricidad	S/.	11.343,28
Servicio de agua	S/.	17.062,63
Sueldos mano de obra indirecta	S/.	6.816,05
<b>Total Costo Ind. Fabricación Reales:</b>	<b>S/.</b>	<b>107.891,76</b>
Material Directo	S/.	43.905,76
Sueldos mano de obra directa	S/.	73.884,83

Costos Indirectos Fabricación Presupuestados:

Suministros de seguridad industrial	S/.	2.187,8
Gastos de Combustible	S/.	50.941,00
Gastos de electricidad	S/.	11.343,28

Servicio de agua	S/. 17.062,63
Sueldo mano de obra indirecta	S/. 6.816,05
Total Costo Ind. Fab. Estimados:	S/. 88.350,76

Material directo S/. 43.905,76

Sueldos mano de obra directa S/. 73.884,83

Tasa de aplicación = 88.350,76 soles.

25.408,57 kg Teñidos mensuales

= 3,477 S/. / Kg Teñidos mensuales

Variación y distribución de los CIF reales y CIF estimados tomando en cuenta el costos de ventas.

CIF estimado = Unidades reales producidas x tasa

= 25.408,57 kg Teñidos mensuales x 3,477 S/. / Kg Teñidos mensuales =

= S/. 88.350,76

CIF reales	S/. 107.891,76
Menos: CIF estimados	S/. 88.350,76
Variación:	S/. 19.541

Costo de Venta Estimado:

Mano de Obra Directa S/. 73.884,83

Material Directo	S/. 43,905.76
Costo Ind. Fab.	S/. 88.350,76
Costo de Venta Total	S/. 206.141,35

La variación en este caso se va a distribuir entre el Costo de venta:

Costos Ind. Fab. Estimados	S/. 19.541
Costos de Venta	S/. 19.541

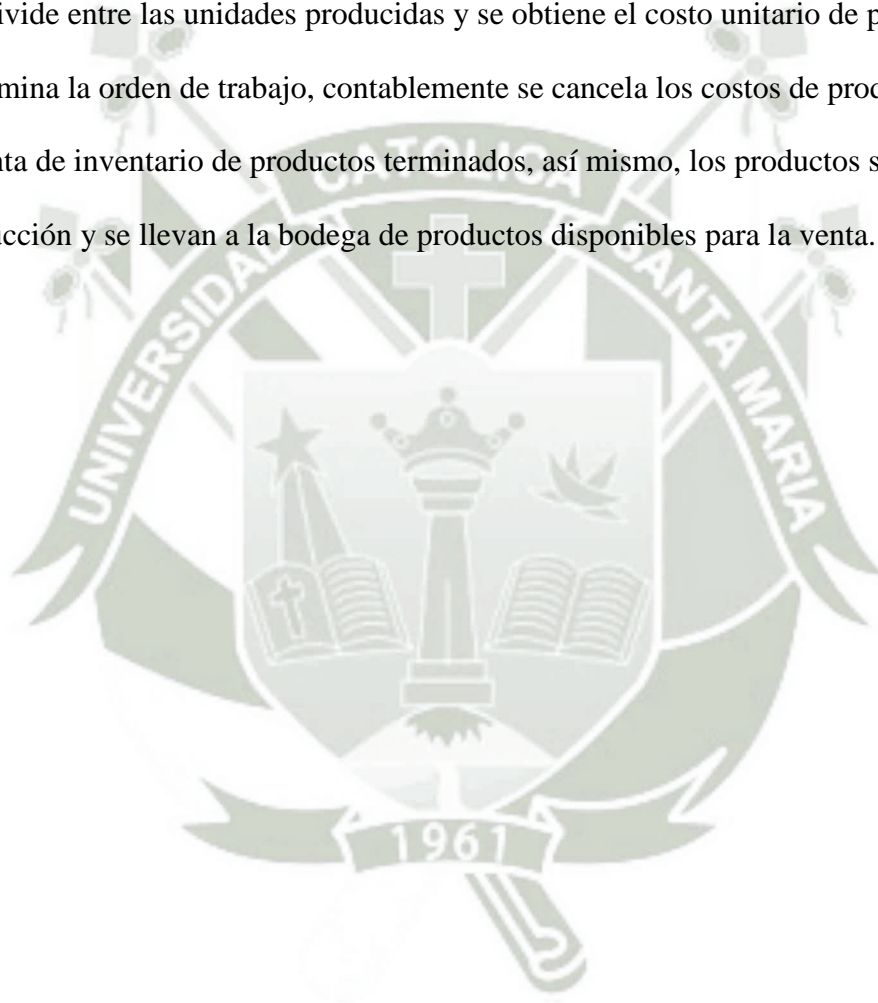
<b>COSTO DE VENTA ESTIMADO</b>			
<b>S/.</b>	<b>206.141,35</b>	<b>S/.</b>	<b>19.541</b>
<b>S/.</b>	<b>186.600,35</b>		

Al comparar los costos indirectos de fabricación estimados del área de Tintorería de la planta textil, con los costos reales, se obtiene una variación la cual en este caso es desfavorable debido a que los CIF estimados son menores que los CIF reales, por tal razón debe hacerse el respectivo asiento de ajuste al final de cada mes para así obtener el costo de venta real.

#### 4.4. Resumen de costos de la orden

La hoja de costos recibe el valor correspondiente a los tres elementos del costo:

Materiales Directos a partir de las requisiciones de material; Mano de Obra Directa a través de las tarjetas de tiempo; Costos indirectos aplicados a través de la tasa presupuestada. Una vez determinado el costo total de cada elemento se suman para obtener el costo total de la Orden, el resultado se divide entre las unidades producidas y se obtiene el costo unitario de producción. Cuando se termina la orden de trabajo, contablemente se cancela los costos de producción y se cargan la cuenta de inventario de productos terminados, así mismo, los productos se retiran de la línea de producción y se llevan a la bodega de productos disponibles para la venta. (Martinez, 2009).



Para el área de Tintorería el formato resumen de costos por orden sería así:

**RESUMEN DE COSTOS DE FABRICACION PARA EL AREA DE TINTORERIA DE LA EMPRESA FRANKY Y RICKY S.A.**

ORDEN DE PRODUCCION	MATERIA PRIMA DIRECTA	MANO DE OBRA DIRECTA	COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACION			COSTOS TOTALES (S./.)	PRODUCCION (Kg)	COSTO UNITARIO (S./ / Kg)
			ELECTRICIDAD	AGUA	COMBUSTIBLE			
TOTAL								

Figura 32. Formato prototipo para el resumen de costos de fabricación. Fuente: Elaboración propia

**Descripción:** Este formato hace referencia a:

- La orden de producción
- Mano de obra directa
- Mano de obra indirecta
- Los costos indirectos de fabricación: en este caso los servicios públicos de suministro (agua, electricidad, gas).
- Los kilogramos de producción

#### 4.5. Beneficios del sistema de costeo por órdenes

- Da a conocer con todo detalle el costo de cada artículo.
- Pueden hacerse estimaciones futuras con base en los costos históricos.
- Saber de qué orden se obtiene utilidad y de cual pérdida.
- Se conoce la producción en proceso sin necesidad de estimarla, en cantidad y costo y se puede lograr un control eficiente operativo que va desde la planeación al control de costos.
- La rentabilidad es uno de los conceptos más importantes en la industria moderna y más utilizada en el sector textil, que va de la mano del sistema de costos a ser utilizado, permitiendo medir el nivel de rendimiento que se ha obtenido de un capital invertido y la gestión de ese capital.

## Capítulo V: Caso aplicativo. Reducción del costo energético por cambio de GLP a Gas Natural

### 5.1. Análisis de costos energéticos actuales

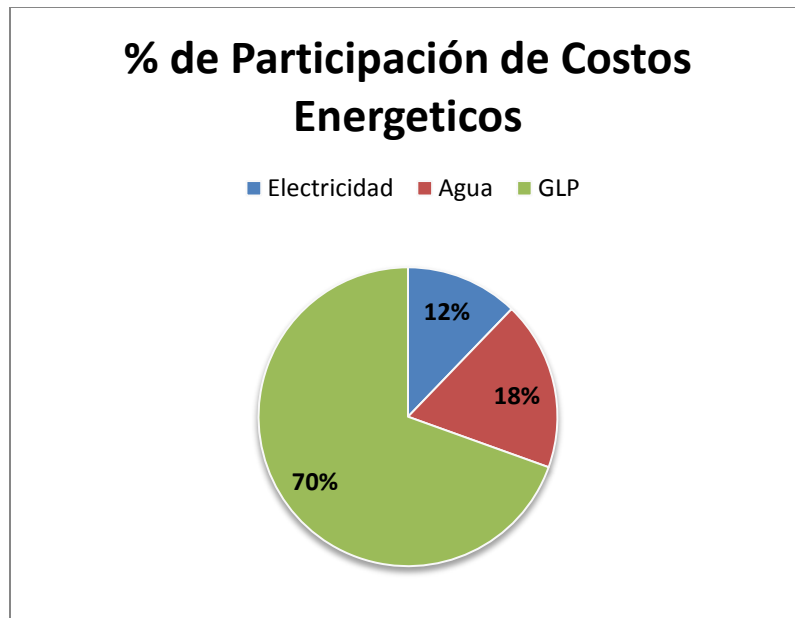
Actualmente la Planta textil tiene la siguiente estructura energética en sus Equipos:

Tabla 7. Costo Mensual de Recursos Energéticos.

Tipo Energía	Costo mensual [S/.]	% Participación
Eléctrica	10,000	12%
Agua	15,000	18%
GLP	57,000	70%
Total	<b>82,000</b>	<b>100%</b>

Nota: Datos obtenidos de Franky&Ricky S.A. 2012-2015. Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de los costos energéticos se realizó un promedio de los últimos cuatros años (2012-2015) y se obtuvo: un 12 % de participación en energía eléctrica, un 18% en agua y un 70% en GLP (Gas licuado Petróleo). Este último (GLP) es el recurso energético más costoso y en donde más invierte la empresa.



*Figura 33.* Porcentaje de participación de costos energéticos en la planta textil. Fuente: Elaboración propia.

En razón a lo anterior vemos que el recurso con mayor participación de costos energéticos es el GLP (Gas licuado Petróleo) el cual se quiere reducir por cambio a gas natural con el que se espera obtener ahorros alrededor del 20%, permitiendo de esta forma ser más productivo y competitivo en el mercado.

## 5.2. Descripción de los actuales sistemas térmicos de la planta

### 5.2.1. Sistema de generación de vapor

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

- 01 Caldera de Vapor
- Tuberías de Distribución de vapor

- Tuberías de retorno de condensado

### *Calderas de Vapor*

La caldera con que cuenta la Planta textil es del tipo pirotubular de 3 pasos. Actualmente la caldera utiliza el GLP como combustible, el cual es suministrado por un tanque subterráneo de almacenamiento de GLP a través de una red de tuberías.

*Tabla 8. Características principales de la Caldera de Vapor*

<b>Característica</b>	<b>Caldera</b>
Marca	Distral
Modelo	D3B 300-150
Capacidad (BHP)	300
Superficie de Calentamiento (pie <sup>2</sup> )	1539
Presión de trabajo máximo (PSI)	150
Año de fabricación	1995

Nota: Datos obtenidos de Franky&Ricky S.A. 2012-2015. Fuente: Elaboración propia.

### *Distribución de Vapor y Retorno de Condensado*

Las tuberías de distribución de vapor y retorno de condensado de la planta fueron cambiados totalmente en 2009, 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)

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 máquinas 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 8, se incluye la lista de todos los usuarios de vapor de la planta, además de información complementaria como su consumo de vapor.

*Tabla 9. Usuarios de vapor de la Planta Textil*

Item	Área	Maquinas	Calentamiento	Presión de trabajo (PSI)	Retorno de Condensado
1	Tintorería Húmeda	Scholl 1 - 350 kg	Vapor indirecto	110	Si
2	Tintorería Húmeda	Scholl 2 - 215 kg	Vapor indirecto	110	Si
3	Tintorería Húmeda	Barca 1 - 60 kg	Vapor indirecto	110	Si
4	Tintorería Húmeda	Barca 2 - 60 kg	Vapor indirecto	110	Si
5	Tintorería Húmeda	Barca 3 - 60 kg	Vapor indirecto	110	Si
6	Tintorería Húmeda	FONGS - 35 kg	Vapor indirecto	110	Si
7	Tintorería Húmeda	Barca 6 - 60 kg	Vapor indirecto	110	Si
8	Tintorería Húmeda	Barca 7 - 6 kg	Vapor indirecto	110	Si
9	Tintorería Húmeda	Barca 8 - 6 kg	Vapor indirecto	110	Si
10	Tintorería Húmeda	CTEX - 6 kg	Vapor indirecto	110	Si
11	Tintorería Húmeda	MCS 1 - 150 kg	Vapor indirecto	110	Si
12	Tintorería Húmeda	MCS 2 - 500 kg	Vapor indirecto	110	Si
13	Tintorería Seca	Compactadora FAB-CON	Vapor Directo	110	No

Nota: Datos obtenidos de Franky&Ricky S.A. 2012-2015. Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2. Secadora: Maquina Unitech

La máquina Unitech 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 Unitech 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.

La secadora Unitech cuenta con 3 quemadores y 6 ventiladores, seca la tela a una temperatura promedio de 130°C y a una velocidad que varía de 2 a 4 metros por minuto, pero puede alcanzar velocidades de 2 a 35 m/min que por motivo de calidad no se aplican.

A la salida de la cámara de secado hay una zona de enfriamiento para enfriar el tejido de aire ambiente antes del proceso de plegado, al final del proceso la humedad residual es aproximadamente 5-8% que es lo que se requiere para el siguiente proceso que es el planchado o compactado de la tela.

### 5.2.3. Sistema de almacenamiento y suministro de GLP

El sistema de GLP cuenta básicamente con los siguientes componentes:

- Tanque Subterráneo de almacenamiento
- Vaporizadores de GLP
- Redes de Tuberías

El tanque Subterráneo de almacenamiento de GLP tiene una capacidad de 10 000 Galones, cuyo propietario es la empresa Repsol/Solgas.

Los vaporizadores cuentan con sistemas de tipo fuego directo y de la marca Ransome, modelo RH-200 y de capacidad de 227,97 MBTU/h. La presión de suministro a la salida de cada vaporizador es de 0.28 bar.



Figura 34. Sistema de vaporizadores actual de la Planta. Fuente: Franky y Ricky S.A.

Los usuarios de GLP son los siguientes:

- El sistema piloto del quemador de la caldera de vapor.
- Los quemadores de la Máquina secadora Unitech.

### 5.3. Equipos a aplicar la conversión a Gas Natural

- Aplicación 1: Generador de Vapor 300 BHP
- Aplicación 2: Secadora de tela Unitech

### 5.3.1. Aplicación 1: Generador de Vapor 300 BHP



Figura 35. Generador de Vapor 300 BHP. Fuente: Franky y Ricky S.A.

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

- **Características Generales**

Fabricante: Distral

Modelo: D3B 300-150

Diseño: Piro tubular

Año de Fabricación: 1995

- **Características de Diseño**

Caballos de Vapor: 300 BHP

Producción de vapor: 20600 Lb/h.

Presión máxima de trabajo: 150 PSI

Superficie de calentamiento: 1539 pies<sup>2</sup>

Numero de pasos: 3

Eficiencia térmica: 84%

- **Quemador**

Numero de quemadores: 1

Tipo: Tiro forzado

Fabricante:

Modelo: A- 3041

Capacidad:

Sistema de control: Modulante

- **Combustible**

Combustible usado: GLP

Consumo de combustible:

- **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

### 5.3.2. Aplicación 2: Secadora de Tela Unitech



Figura 36. Secadora de tela Unitech. Fuente: Franky y Ricky S.A.

## ESPECIFICACIONES TECNICAS

- **Características Generales**

Fabricante: Unitech

Modelo: GOLD

Año de Fabricación: 2005

- **Características de Diseño**

Tipo de Fluido: Aire caliente

Numero de cámaras: 3

Capacidad de evaporación: 200 kg/h

(Por cámara)

Temperatura máxima: 210 °C

Velocidad: 2 – 35 m/min

Capacidad: 150 BHP

- **Quemador**

Numero de quemadores: 3

Tipo: Mezclado en tobera (nozzle mix)

Fabricante: Weishaupt

Modelo: WG20F/1-C

Capacidad: 35 - 200 KW

Sistema de control: Modulante

- **Combustible**

Combustible usado: GLP

Consumo de combustible:

- **Regulador de suministro**

Marca: DUNGS

Diámetro: 1 pulg.

Presión regulada: 30 mbar

Presión de entrada máxima admisible: 500 mbar

Orificio:  $\frac{3}{4}$

Capacidad: 83 m<sup>3</sup>/h

- **Tren de Válvulas del quemador**

- **Solenoide 1**

Marca: Dungs

Modelo: MDV

Función: Seguridad, corte de suministro de gas

#### **5.4. Cálculos para la conversión a gas natural**

Para hacer el cambio a gas natural primero debemos realizar los cálculos de consumo energético tanto de la caldera como del secador y posteriormente hacer el cálculo del diámetro y velocidad del flujo del tendido de tuberías.

##### **5.4.1. Consumo Energético con gas natural de la Caldera y la secadora**

Potencia de caldero     $P_c$         =    300 BHP

Potencia Nominal Potn = 300 BHP\* 9.8103 kW/BHP

Potencia Nominal Potn = 2,943.09 kW

$$\text{Potn} = 2943.09 \text{ kW} * \frac{860 \text{ kcal/hr}}{1 \text{ kW}}$$

Potn = 2,531,057.4 kcal/hr

Caudal Nominal

Q =	$\frac{\text{Potencia nominal}}{\text{PCS}}$
-----	--

Dónde:

Q = Caudal m<sup>3</sup>/ hr

Potn = Potencia nominal en kcal/hr

PCS = Poder Calorífico Superior del GN = 9,500 kcal/m<sup>3</sup>

Según la Norma Técnica Peruana NTP 111.011

Caudal Nominal del Caldero	$Q_c = \frac{2,531,057.4 \text{ kcal/hr}}{9,500 \text{ kcal/m}^3}$
	<b>Qc = 266.43 m<sup>3</sup>/hr</b>

USO DE COMBUSTIBLE	
CALDERO	70%
SECADORA	30%

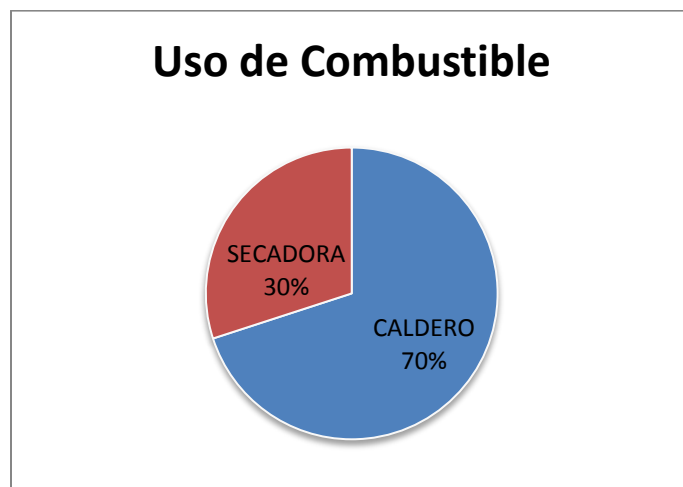


Figura 37. Uso de combustible. Fuente de datos: Franky y Ricky S.A.

266.42709 → 70%  
 $Q_t$  → 100%

Caudal Nominal total  $Q_t = 380.61 \text{ m}^3/\text{hr}$

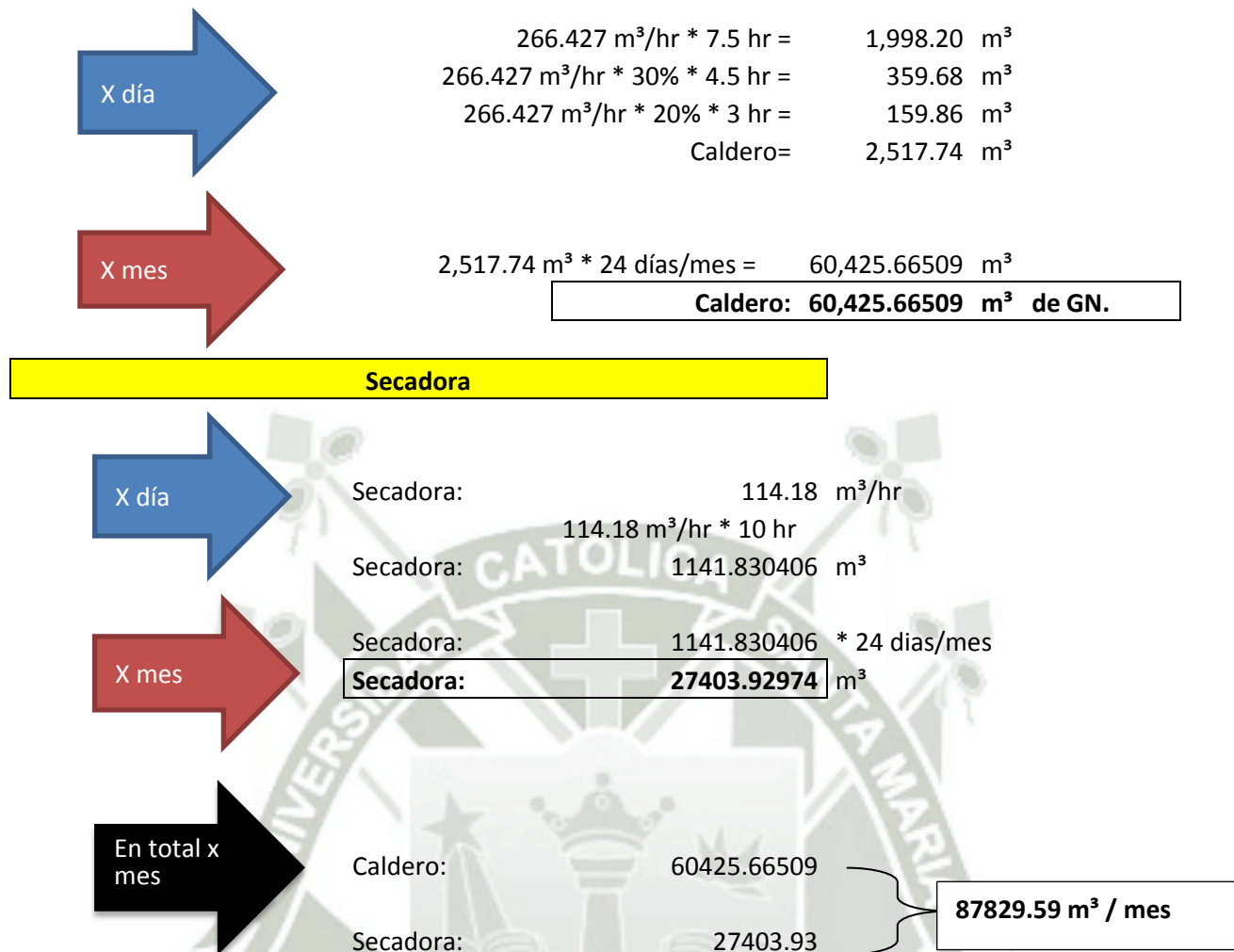
Caudal Nominal de la Secadora  $Q_{sec} = Q_t - Q_c$   
 $Q_{sec} = 114.18 \text{ m}^3/\text{hr}$

Caldero			
Presión de trabajo	horas	BHP	
Alta 50%	7.5h	300	
Media 30%	4.5h	90	
Baja 20%	3h	60	

**Horas de operación al día:**

Caldero: 15 h

Secadora: 10 h



### 5.4.2. Calculo del tendido de tuberías

Para poder hacer el cálculo de diámetro de tuberías primero se realiza el esquema simplificado de cálculo.

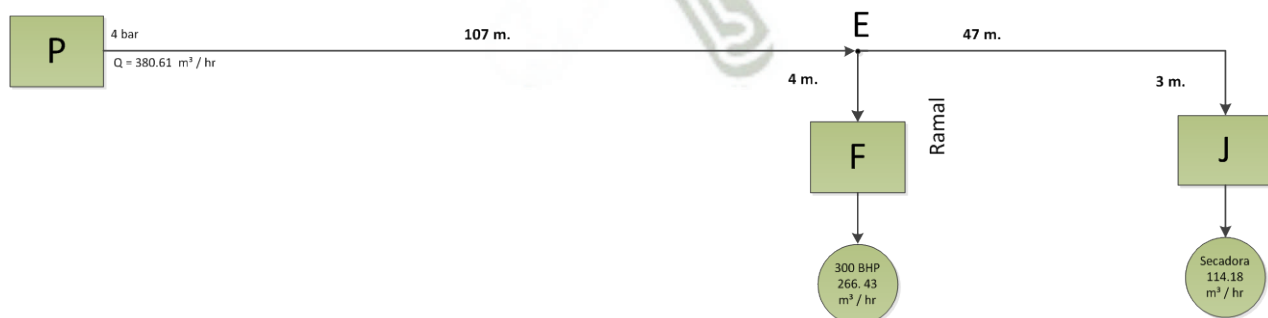


Figura 38. Esquema simplificado de cálculo. Fuente: Elaboración propia.

## Ruta

**Crítica: PE – EJ**

$$\Delta P_{\max} \leq 0.15 \cdot 4 = 0.6 \text{ bar}$$

$$L_{rc} = 157 \text{ m}$$

## Análisis de los tramos

### TRAMO PE:

$$Q = 380.61 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$\Delta P_{pe} \leq 0.6 \cdot (107/157)$$

$$\Delta P_{pe} \leq 0.4089$$

$$PE = 4 - 0.4089$$

$$PE = 3.5911 \text{ bar}$$

$$PE = 3.5911 + P_{atm}$$

Según NTP 111.010  $P_{atm} = 0.77$

$$PE = 4.3611 \text{ bar (abs)}$$

$$\phi_{int} = 3.456 \sqrt{\frac{Q}{PE}}$$

$$\phi_{int} = 3.456 \sqrt{\frac{380.61}{4.3611}}$$

$$\phi_{int} = 32.28618 \text{ mm}$$

De tablas	
Dn =	63
t =	5.8
Di =	51.4 mm

Según la Norma Técnica Peruana NTP 111 010 nos dice que debemos usar:

- La fórmula de **Renouard Cuadrática** para presiones en el rango de 0 kPa a 400 kPa (0 bar a 4 bar); válida para  $Q/D < 150$

$$P_A^2 - P_B^2 = 46.76 \times S \times L_E \times \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}} \dots(1)$$

Reemplazando datos:

Donde:

$P_A$  y  $P_B$  presión absoluta en ambos extremos del tramo

$s$  gravedad específica del gas.

$L$  longitud del tramo en km, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen.

$Q$  caudal en  $m^3/h$  (condiciones normales)

$D$  diámetro en mm.

$$S = 0.61$$

$$L_E = 107 \times 1.1 = 117.7 \text{ m}$$

$$\delta = 46.76 * 0.61 * 117.7 * \frac{380.61^{1.82}}{51.4^{4.82}}$$

$$\delta = 0.94539 \text{ bar}$$

$$PE = \sqrt{(4 + 0.77)^2 - 0.94539}$$

$$PE = 4.66985 \text{ bar (abs)}$$

$$PE_{\Delta} = 3.89985 \text{ bar (g)}$$

$$\Delta P_{real} = 4 - 3.89985$$

$$\Delta P_{real} = 0.10015 \text{ bar} < 0.44 \text{ bar OK!}$$

b. Para el cálculo de la **velocidad de circulación** del fluido se utilizara la siguiente formula.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 111.011. La presión Máxima es hasta 34 Kpa (340mbar)

y la presión Mínima hasta 2.3 Kpa (23mbar).

$$V = 358.364 * \frac{Q}{D^2 * P_f} \dots (2) \Rightarrow V = \frac{358.364 * 380.61}{51.4^2 * 4.66985}$$

Donde:

$Q$  Caudal en  $m^3/h$  (condiciones normales)

$P$  Presión de cálculo en bar absoluta

$D$  Diámetro interior de la tubería en mm.

$v$  velocidad lineal en m/s

$$V = 11.05542 \leq 40 \text{ m/s OK!}$$

Verificación de la relación:

$$\frac{Q}{D} = \frac{380.61}{51.4} = 7.40 < 150$$

**TRAMO EJ**

Q = 114.18 m<sup>3</sup> / hr  
L = 50 m  
L eg = 55.00 m

PE = 4 - 3.89985 bar (g)

$\Delta P_{neta \max} = 0.6 - 0.10015$

$\Delta P_{neta \max} = 0.49985$

$\Delta PEJ_{\max} \leq 0.49985 * \frac{47}{157-107}$

$\Delta PEJ_{\max} \leq 0.469860105$

PJ = PE -  $\Delta PEJ_{\max}$

PJ = 54.53014 bar (g)

PJ = 55.30014 bar (abs)

$\phi_{int} = 3.456 \sqrt{\frac{114.18}{4.19999}}$

**$\phi_{int} = 18.01958 \text{ mm}$**

De tablas	
Dn =	32
t =	2.3
Di =	27.4 mm

$\Delta P_{real} = 46.76 * 0.61 * 55 * \frac{114.18^{1.82}}{27.4^{4.82}}$

**$\Delta P_{real} = 1.02429 \text{ bar}$**

$$PJ = \sqrt{(3.89985 + 0.77)^2 - 1.02429}$$

$$PJ = 4.55886 \text{ bar (abs)}$$

$$PJ = 3.78886 \text{ bar (g)}$$

$$\Delta P_{real} = 3.89985 - 3.78886$$

$$\Delta P_{real} = 0.11099 < 0.46986 \text{ OK!}$$

$$V = \frac{358.364 \cdot 114.18}{27.4^2 \cdot 4.55886}$$

$$V = 11.95521 < 40 \text{ m/s OK!}$$

$$\frac{Q}{P} = \frac{114.18}{27.4} = 4.167 < 107 \text{ OK!}$$

**RAMAL: EF**

$$Q = 266.43$$

$$L = 4 \text{ m.}$$

$$L_{eg} = 4.4$$

$$PE = 3.89985 \text{ bar (g)}$$

$$\Delta P_{EF} \max \leq 10 \% * 3.89985 \text{ bar (10% para remalles)}$$

$$\Delta P_{EF} \max \leq 0.389985$$

$$PF = 3.89985 - 0.389985$$

$$PF = 3.50987 \text{ bar (g)}$$

$$\phi_{int} = 3.456 \sqrt{\frac{266.43}{4.27987}}$$

$$\phi_{int} = 27.26779 \text{ mm}$$

De tablas	
Dn =	40
t =	4.3
Di =	31.4 mm

$$\Delta p = 46.76 * 0.61 * 4.4 * \frac{266.43^{1.82}}{35.4^{4.82}}$$

$$\Delta P = 0.111435 \text{ Bar}$$

$$PF = \sqrt{(3.89985 + 0.77)^2} - 0.111435$$

$$PF = 4.657903 \text{ bar (abs)}$$

$$PF = 3.887903 \text{ bar (g)}$$

$$\Delta P_{real} = 3.89985 - 3.887903$$

$$\Delta P_{real} = 0.011947 < 0.389985 \text{ OK!}$$

$$V = \frac{358.364 * 266.43}{35.4^2 * 4.6579}$$

$$V = 20.79017 < 40 \text{ m/s OK!}$$

Todos los cálculos y propuestas de conversión se han trabajado con ayuda del ingeniero *Carlos Gordillo Andía* especialista en temas energéticos.

*Actualmente:*

Cargo: Gerente de Ingeniería

Empresa: Inproter "Ingeniería de Proyectos Térmicos"

Febrero de 2012 – actualidad (4 años 1 mes)

Encargado del Diseño, Instalación y Supervisión de los Proyectos en el Área de Ingeniería Térmica que solicitan a la Empresa. Específicamente respecto a **Instalaciones** de vapor, **gas natural**, **GLP**, aire comprimido, sistemas de bombeo, Refrigeración, Aire Acondicionado, Ventilación y proyectos relacionados con energías renovables como solar y eólica.

Elaboración de Auditorías Energéticas y Programas de Ahorro de Energía en Empresas Industriales.

Tabla 10. Planilla de cálculo de tuberías

PLANILLA DE CALCULO DE TUBERIAS											
TRAMO	CAUDAL Q m <sup>3</sup> / h	LONGITUD		PRESION MANOMETRICA			DIAMETRO				Material
		L real [m]	L calculo [m]	p1 [bar]	p2 [bar]	$\Delta P = p1 - p2$ [bar]	D calculo [mm]	D adoptado [mm]	D nominal pulg.	SDR	
PE	380.61	107	117.7	4.00000	3.89985	0.10015	32.29	51.4	2.02362314	17.6	MDPE
EJ	114.18	50	55.00	3.89985	3.78886	0.11099	18.02	27.4	1.07874074	17.6	MDPE
EF	266.43	4	4.4	3.89985	3.88790	0.01195	27.27	31.4	1.23622114	17.6	MDPE

Nota: SDR=Relación de dimensiones estándar, MDPE= Polietileno de Media Densidad, mm= milímetros, pulg.=pulgadas. Fuente: Elaboración propia.

La tubería está proyectada que será de polietileno SDR 17.6 serie métrica

Tabla 11. Diámetros de tuberías de polietileno SDR17.6 serie métrica.

Tamaño nominal D nominal [mm]	Espesor t [mm]	Diámetro interior Dext - 2t [mm]
32	2.3	27.4
40	4.3	31.4
63	5.8	51.4
110	6.3	97.4
160	9.1	141.8
200	11.4	177.2
250	14.2	221.6

Nota: Dext. = Diámetro exterior. Fuente: Elaboración propia.

### 5.5. Propuesta de conversión para el Caldero Distral

Luego de ser sometido el equipo a un diagnóstico, enseguida se recomienda su conversión:

- **Quemador**

Comprar un quemador tipo dual Gas natural/GLP, con las siguientes características:

Tipo: Monotobera con ventilador

Independiente.

Alimentación de combustible: Dual (Gas Natural – GLP)

Tipo de atomización de Diesel 2: Copa rotativa

Capacidad: 10.1 MMBTU/h

Tipo de control: Modulante

Grado de modulación: 5:1 (mínimo)

El quemador se debe suministrar con el sistema de control, ventilador de aire de combustión y con el tren de válvulas de gas. El tren de válvulas para gas deberá ser de acuerdo a la norma NFPA 8501.

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, Baite



*Figura 39.* Quemador Dual Gas Natural / GLP. Fuente: Direct Industry- EOGB energy products ltd

### **5.6. Propuesta de conversión para la Secadora Unitech**

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
- La válvula solenoide instalada en el tren de válvulas de cada quemador, ha sido seleccionada para trabajar con GLP, sin embargo es posible usarla 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 35 – 45 mbar.
- Las tuberías de llegada a cada quemador tiene actualmente un diámetro de 1", lo cual no es suficiente para trabajar con gas natural. Se requiere una tubería de alimentación de 1 ½ ", por lo cual se deberá cambiar toda la acometida a los quemadores.



Figura 40. Tren de válvulas existente del Quemador. Fuente: Franky y Ricky S.A.

## Capítulo VI: Aspectos económicos

### 6.1. Determinación de la tarifa del Gas Natural

Osinermin identifica ocho categorías de consumidores o niveles de consumo en baja presión como se aprecia en la *Tabla 12*. A cada categoría se ha asociado un consumo mínimo facturable por la red de distribución con sus respectivos precios de los diferentes años (2010-2016) como se muestra en la *Tabla 13* (Osinermin, 2014):

*Tabla 12.* Categoría de clientes.

Categoría Consumidor	Rango de consumo
	m <sup>3</sup> /Cliente-mes
Categoría A1	0 - 30
Categoría A2	31 - 300
Categoría B	301 - 17,500
Categoría C	17,501 - 300,000
Categoría D	300,001 - 900,000
Categoría E	Mayor a 900,000
Categoría GNV	Estaciones GNV
Categoría GE	Generador Eléctrico

Fuente: Osinermin

*Tabla 13.* Precios del Gas Natural

Precio del Gas Natural (US\$/MMBTU)	
Categoría A1, A2, B, C, D y E	
Año	Precio
2010	2.69
2011	2.83
2012	2.97
2013	3.18
2014	3.30
2015	3.34
2016	3.00

Nota: Solo categorías mencionadas, no incluye GNV ni GE. Fuente: Osinermin

De acuerdo a los cálculos evaluados por Osinermin, conjuntamente con los Concesionarios del Proyecto Camisea, se tiene los siguientes precios medios finales (sin el precio de transporte) del Gas Natural para los diferentes tipos de categorías (Osinermin, 2014):

Tabla 14. Tarifas promedias de gas natural por categorías.

Precio del Gas Natural (US\$/MMBTU)		
Categoría Consumidor	Contrato (*)	Vigente(**)
Generador Eléctrico (GGEE)	1.00	1.6647
<b>Otros Clientes No GGEE:</b>		
Categoría A1	1.80	3.00
Categoría A2	1.80	3.00
Categoría B	1.80	3.00
Categoría C	1.80	3.00
Categoría D	1.80	3.00
Categoría E	1.80	3.00
Categoría GNV	1.80	3.00
(*) Precio para consumidores no Generadores Eléctricos fijado en el Contrato de Licencia del lote 88		
(**) Precio vigente a enero de 2016, con Factores de Actualización definido en el Contrato y sus adendas		

Nota: Los precios son sin IGV. Fuente: Osinermin. Portal Institucional>Regulación>Tarifaria>Pliegos Tarifarios>Gas Natural

Para el caso del Proyecto de Conversión de la Planta Textil, tiene un consumo mensual superior a 87,829.59 m<sup>3</sup> mensuales de consumo, que de acuerdo a la *Tabla 11* le corresponde la categoría C.

Para producir 1 MMBTU se requiere 27.096 m<sup>3</sup> de gas natural. (Kozulj, 2004). Entonces con respecto a la tabla se calcula el precio por m<sup>3</sup> de gas natural sin IGV:  
**0.1178 US\$/ m<sup>3</sup>**

Entonces aplicando con el tipo de cambio dólar a soles calculamos el precio y transporte por m<sup>3</sup> de gas natural quedando de la siguiente forma:

Usuario	Precio (S/. / m <sup>3</sup> )	Transporte (S/. / m <sup>3</sup> )	Total (Sin IGV)
Categoría C	0.372	0.12	0.492

Nota: No Incluye IGV. Actualizado al 01/04/2016. Tipo de cambio = 3.36 soles

## 6.2. Beneficio económico

Precio de los combustibles con IGV	
S/.	Combustible
<b>6.91</b>	GLP
<b>0.58</b>	GN

Nota: Incluye IGV. Precio GLP actualizado al 01/04/16  
Precio GNC actualizado al 01/04/16

*Precio de GLP = S/. 6.91 / gal*

Facturación por mes de GLP = 10200 gal / mes \* S/. 6.91 / gal  
= **S/. 70,482 / mes**

*Precio de G.N. = S/. 0.58 / m<sup>3</sup>*

Facturación por mes de G.N. = 87829.59 m<sup>3</sup> / mes \* S/. 0.58 / m<sup>3</sup>  
= **S/. 50,941 / mes**

### **Beneficio del Gas Natural**

**S/. 70,482 / mes - S/. 50,941 / mes = S/. 19,541 / mes**

### **Ahorro en la facturación Mensual por uso de Gas Natural**

**S/. 19,541 / mes**

*El ahorro de combustible es un ahorro de costo indirecto de fabricación y ayudaría a reducir los mismos en 19,541 soles por mes solamente por utilizar gas natural en vez de GLP.*

### **6.3. Análisis Económico**

La política de la empresa, en cuanto a proyectos de inversión, es la siguiente:

(Franky y Ricky S.A., 2001)

El financiamiento de proyectos de inversión menores a los US\$ 50,000 (S/. 171,800), se realizara con recurso propio de la empresa a una tasa de descuento anual del 15% (1.171% mensual) para su evaluación económica respectiva, si en caso el proyecto de inversión supere este monto se recurrirá a un financiamiento bancario.

Por lo tanto se ha considerado en el presente proyecto el financiamiento con recurso propio por parte de la empresa, por no superar la cantidad de inversión, dentro de su política en proyectos de inversión, para trabajar con un financiamiento bancario.

#### 6.4. Gastos operativos

Tabla 15. Presupuesto de inversión del Proyecto

No.	Concepto	Origen de Capital	Meses			Cantidad	Unid.	P. Unitario S/.	Costos
			1	2	3				
<b>1</b>	<b>Estaciones de Regulación y Medición</b>	Aporte Propio						<b>S/. 27,360.00</b>	
	Skit de regulación primaria				1	pza.	11970	S/. 11,970.00	
	Medidor de gas				1	pza.	1710	S/. 1,710.00	
	Skit de regulación secundaria				2	pza.	5130	S/. 10,260.00	
	Medidor de gas				2	pza.	1710	S/. 3,420.00	
<b>2</b>	<b>Aplicaciones</b>	Aporte Propio						<b>S/. 65,664.00</b>	
	<b>App1: Generador de vapor 300 BHP</b>								
	Quemador: tren de válvulas y demás accesorios				1	pza.	60534	S/. 60,534.00	
	<b>App1: Secadora Unitech</b>								
	Accesorios						5130	S/. 5,130.00	
<b>3</b>	<b>Instalación de red de tuberías + materiales</b>	Aporte Propio						<b>S/. 1,145.61</b>	
	Tubo de polietileno de 2 ½"				117.7	m	7.29	S/. 858.08	
	Tubo de polietileno de 1 ½"				55	m	3.09	S/. 169.80	
	Tubo de polietileno de 1 ½"				4.4	m	3.09	S/. 13.58	
	Accesorios de tuberías							S/. 104.15	
<b>4</b>	<b>Instalación completo, mano de obra</b>	Aporte Propio					10000	<b>S/. 10,000.00</b>	
	<b>Inversión Total</b>							<b>S/. 104,169.61</b>	

Nota: Pza. = Piezas, m = metros. Fuente: Elaboración propia.

## 6.5. 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 (número de meses que durara el proyecto).

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

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

### 6.5.1. 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.

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

Dónde:

Bt = Ingresos generados durante el periodo t.

Ct = Costos de operación exigidos durante el periodo t

Bt – Ct = Beneficio neto del proyecto.

t = periodo

r = tasa de descuento

n = número de periodos

### 6.5.2. 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.

Se tienen los siguientes datos para analizar el VAN y el TIR:

Inversión = S/. 104,169.61

Ct GLP= S/. 70,482.00

Ct GN. = S/. 50,941

Bt – Ct = S/. 19,541

r = tasa de rendimiento del periodo (1.171% mensual según política de la empresa)

n = 12 meses.

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

Tabla 16. Análisis del VAN y TIR.

Flujo de Caja	Inversión		Costos Ope. GLP S/.	Costos Ope. GN. S/.	Beneficio Neto	VAN (i=1.171%)
Mes 1	Equipos y accesorios	S/. 94,169.61	-	-	-	-
Mes2	Plazo de entrega	-	-	-	-	-
Mes 3	Mano de obra	S/. 10,000.00	-	-	<b>-S/.104,169.61</b>	-
Mes 4			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	<b>-S/.84,855</b>
Mes 5			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	<b>-S/.65,763.85</b>
Mes 6			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	<b>-S/.46,893.71</b>
Mes 7			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	<b>-S/.28,241.99</b>
Mes 8			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	<b>-S/.9,806</b>
Mes 9			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	S/.8,416
Mes 10			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	S/.26,428
Mes 11			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	S/.44,231
Mes 12			S/. 70,482.00	S/. 50,941.17	S/. 19,540.83	S/.61,828

Nota: Ope.=Operación, Fuente: Elaboración propia.

Evaluando para  $n=9$ , tenemos:

$$VAN = -104,169.61 + \frac{BN1}{(1+r)} + \frac{BN2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{BN12}{(1+r)^{12}}$$

$$VAN = \text{S/. } 61,827.91$$

El TIR es cuando el VAN es cero

$$VAN = -104,169.61 + \frac{BN1}{(1+r)} + \frac{BN2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{BNn}{(1+r)^n}$$

Dónde:

BN= beneficio neto del mes

Resolviendo cuando  $VAN = 0$

**TIR = 12% > tasa de descuento (1.171%), por lo tanto el proyecto es rentable.**

A partir de estos resultados observamos que el periodo de recuperación de la inversión es solamente 8 meses, y que partir del noveno mes se empiezan a generar ahorros sustanciales solamente por operar con gas natural.

### 6.5.3. Análisis de sensibilidad

A continuación se muestra un análisis de sensibilidad para analizar la valoración de la inversión según el precio del gas natural por metro cubico.

Tabla 17. Tabla de análisis de sensibilidad

		ANALISIS DE SENSIBILIDAD										
		INVERSION										
PRECIO			BAJA 20%	BAJA 15%	BAJA 10%	BAJA 5%	NORMAL	SUBE 5%	SUBE 10%	SUBE 59.35%	SUBE 65%	
		VAN = S/. 61,827.91	83,335.69	88,544.17	93,752.65	98,961.13	104,169.61	109,378.09	114,586.57	165,997.52	171,879.86	
	<b><u>PESIMISTA</u></b>	BAJA 20%	0.46	169,209.90	164,001.42	158,792.94	153,584.46	148,375.97	143,167.49	137,959.01	86,548.06	80,665.73
		BAJA 15%	0.49	147,572.88	142,364.40	137,155.92	131,947.44	126,738.96	121,530.48	116,322.00	64,911.05	59,028.71
		BAJA 10%	0.52	125,935.86	120,727.38	115,518.90	110,310.42	105,101.94	99,893.46	94,684.98	43,274.03	37,391.70
	<b><u>PROBABLE</u></b>	BAJA 5%	0.55	104,298.85	99,090.37	93,881.89	88,673.41	83,464.93	78,256.45	73,047.97	21,637.02	15,754.68
		NORMAL	0.58	82,661.83	77,453.35	72,244.87	67,036.39	61,827.91	56,619.43	51,410.95	0.00	-5,882.34
		SUBE 5%	0.61	61,024.82	55,816.34	50,607.86	45,399.38	40,190.90	34,982.41	29,773.93	-21,637.02	-27,519.35
	<b><u>OPTIMISTA</u></b>	SUBE 10%	0.64	39,387.80	34,179.32	28,970.84	23,762.36	18,553.88	13,345.40	8,136.92	-43,274.03	-49,156.37
		SUBE 14.29%	0.66	20,833.92	15,625.44	10,416.96	5,208.48	0.00	-5,208.48	-10,416.96	-61,827.91	-67,710.25
SUBE 20%		0.70	-3,886.23	-9,094.71	-14,303.19	-19,511.67	-24,720.15	-29,928.63	-35,137.11	-86,548.06	-92,430.40	

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla nos muestra que la inversión puede no debe subir más del 59.35% con respecto al precio normal del gas natural, ya que si este excede dicho porcentaje se tendrá perdidas y por lo tanto el proyecto ya no sería rentable. También nos muestra que el precio del gas natural no debe subir más del 14.29% con respecto a la inversión normal ya que de igual forma si este excede dicho porcentaje se tendrá perdidas es decir un VAN negativo.

Tabla 18. VAN Según el precio del Gas Natural

VAN SEGÚN EL PRECIO			
ESCENARIO		PRECIO GN.	VAN
<b><u>PESIMISTA</u></b>	SUBE 20%	0.6960	-S/.24,720
	SUBE 14.29%	0.6629	S/.0
	SUBE 10%	0.6380	S/.18,554
<b><u>PROBABLE</u></b>	SUBE 5%	0.6090	S/.40,191
	NORMAL	0.5800	S/.61,828
	BAJA 5%	0.5510	S/.83,465
<b><u>OPTIMISTA</u></b>	BAJA 10%	0.5220	S/.105,102
	BAJA 15%	0.4930	S/.126,739
	BAJA 20%	0.4640	S/.148,376

Nota: GN. = Gas Natural. Fuente: Elaboración propia.

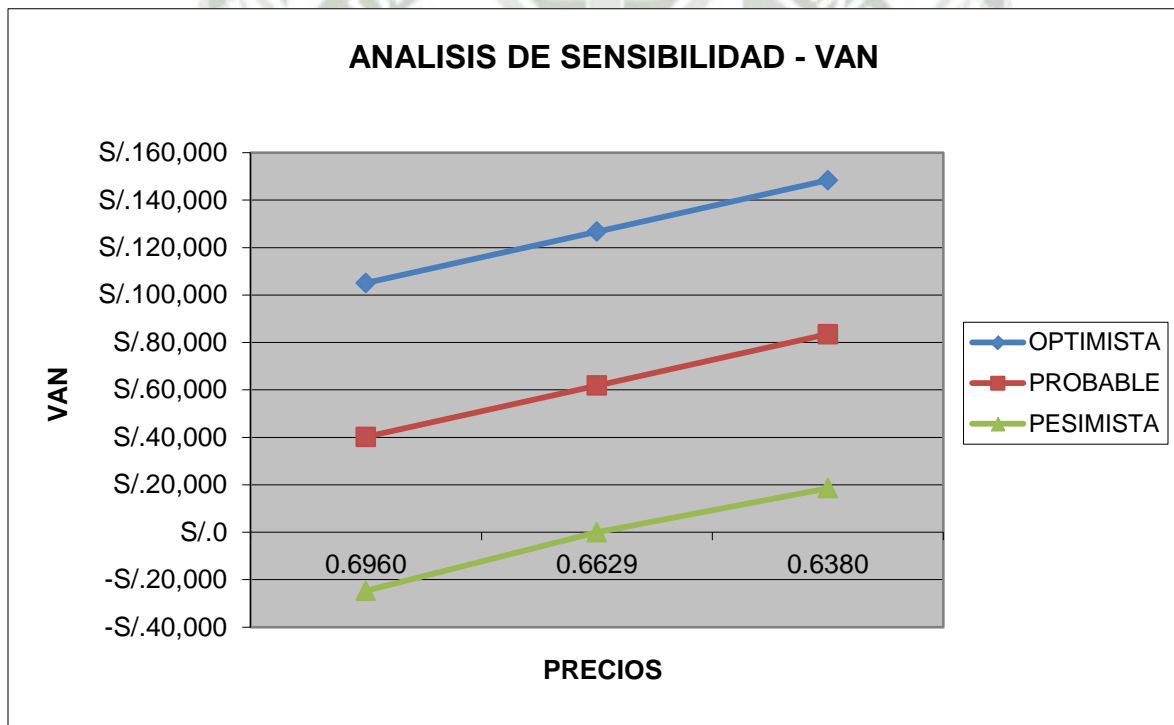


Figura 41. Análisis de sensibilidad – VAN. Fuente: Elaboración propia

No hay riesgos operativos debido a que el proyecto de conversión a gas natural sigue los mismos parámetros e instrucciones de seguridad muy similares al del actual combustible (Gas licuado de petróleo) utilizado por la empresa.

## Conclusiones

1. Se propuso un sistema de gestión de costos enfocada a la reducción de costos energéticos para el área de Tintorería de la planta textil de Franky y Ricky S.A.
2. El diagnostico situacional nos da a conocer que la planta no cuenta con un sistema de gestión de costos, indicando que trabaja con un sistema que solo contabiliza la cantidad de ordenes mas no se especifica costos de los procesos del área de Tintorería.
3. Analizando los procesos productivos del área de tintorería se determina que el mejor sistema de costos es por órdenes de producción, el cual ofrecerá grandes beneficios como un buen control de los costos indirectos de fabricación (costos energéticos), dar a conocer el detalle de costos que genera producir un artículo, hacer estimaciones futuras, saber que ordenes generan utilidades, da a conocer la producción en proceso sin necesidad de estimarla.
4. Para los aspectos técnicos, en cuanto a quemadores; es necesario comprar un nuevo quemador de gas natural para el caldero Distral ya que el actual quemador es prestado por la empresa de abastecimiento, para la secadora Unitech funcionara con los mismos quemadores ya que son de tipo DUAL, es decir trabajan con GLP o gas natural. También es importante mencionar que el abastecimiento de gas natural se hará por camiones de la empresa distribuidora a 220 bar de presión la cual se reducirá a 4 bar con estación de regulación primaria y al llegar a las maquinas se reducirán aproximadamente de 35 a 45 mbar de presión con las estaciones de regulación secundarias. Y por último en cuanto a

las tuberías se calculó los diámetros para cada tramo de donde se encuentran las máquinas para Caldero Distral se utilizara un diámetro de 2½ " y para la secadora Unitech un diámetro de 1½", ambas de material de polietileno de media densidad por sus mejores ventajas comparativas con otros materiales.

5. Evaluando económicamente el proyecto nos da como resultado que el periodo de recuperación de la inversión es solamente 8 meses, y que partir del noveno mes se empiezan a generar ahorros sustanciales solamente por operar con gas natural. Además que nos permite un ahorro monetario alrededor del 28% por mes.
  - El uso del gas natural permite a la planta ser más competitivo y productivo por sus grandes beneficios que tiene este combustible ofrece 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. Comparado con el GLP demuestra ser un combustible más seguro, debido a que el gas natural es más ligero que el aire y se disipa rápidamente en el ambiente, el GLP es más pesado que el aire y tiene a quedarse debajo del mismo.
  - A pesar de los grandes beneficios antes mencionados del gas natural, actualmente en Arequipa el número de empresas industriales que se han convertido al gas natural son muy pocas, esto es debido a las siguientes razones: Por un lado la gente se mostró muy escéptica respecto a los grandes beneficios 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 las empresas.

## Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la investigación y considerando las conclusiones se realizan las siguientes recomendaciones a la empresa Franky y Ricky S.A., para así mejorar su sistema de producción.

- Acoger el modelo de costeo por órdenes específicas, propuesto como resultado de la presente investigación, integrándolo a un sistema administrativo y contable automatizado, que permita contar con información confiable y oportuna para el proceso de toma de decisiones gerenciales.
- Debido a que el consumo de combustible es una energía fija y que por lo tanto que no depende de la cantidad producida se recomienda ser más eficientes con la producción, es decir planificar las órdenes de producción a través de la eficiencia del factor de carga (cantidad de producto elaborado/capacidad instalada de producción) de todas las máquinas teñidoras y en producción continua, cuando mayor sea el factor de carga mejor se aprovechara la cantidad de energía fija y viceversa.
- Al comparar los costos indirectos de fabricación estimados del área de Tintorería de la planta textil, con los costos reales, se obtiene una variación la cual en este caso es desfavorable debido a que los CIF estimados son menores que los CIF reales, por tal razón se recomienda hacer el respectivo asiento de ajuste al final de cada mes para así obtener el costo de venta real.

## Bibliografía

- Adex Data Trade . (2016). *Edicion Confecciones y Textiles*. Lima: Gerencia de Manufactura ADEX.
- Arocena, P., & Díaz, A. (2012). LOS COSTES DE LA ENERGÍA DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES EN EUSKADI. COMPARATIVA REGIONAL. *Instituto Vasco de Competitividad. Fundación Deusto*, (pág. 26). Bilbao.
- Baker, M. (1992). *Contabilidad de Costo. Un enfoque administrativo para la toma de decisiones*. Mexico, Mexico: MC Graw- Hill.
- Chavez, A. (2005). *Proyecto de Conversion Industrial al consumo de Gas Natural en una planta textil*. Lima: UNI.
- ComexPerú. (13 de Marzo de 2016). Si industria textil no se somete a una reingeniería estará condenada a desaparecer. *Gestión*.
- fenecom. (2013). Guia Basica de Calderas Industriales Eficientes. En *Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid* (pág. 162). Madrid.
- Fenosa, G. N. (s.f.). *Gas Natural Fenosa*. Obtenido de Secaderos Industriales: <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/secaderos-industriales#ancla>
- Franky y Ricky S.A. (2001). Politica de Inversiones. *Departamento: Planeamiento Estratégico*.
- Franky&Ricky. (2009). *Franky & Ricky*. Obtenido de Franky & Ricky: <http://www.frankyandricky.com/capacidad.html>
- Galvis, H. (2004). Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias. *Curso Internacional Conversiones de Equipos y Sistemas para uso de gas en las industrias*, (pág. 297). Lima.
- Gaona Campos, H. U. (02 de 10 de 2013). *Facultad de Contaduria y Ciencias Administrativas*. Obtenido de Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo: [http://www.fcca.umich.mx/coordinaciones/ceneval/archivos/2013\\_guias/CONTA/Costos.pdf](http://www.fcca.umich.mx/coordinaciones/ceneval/archivos/2013_guias/CONTA/Costos.pdf)
- Gordillo Andia, C. (2014). ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL. VI SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA, (pág. 103). Arequipa.
- Holguín, B. (17 de Agosto de 2010). Los sistemas de costeo y su trascendencia competitiva.
- Kozulj, R. (8 de Setiembre de 2004). *La Industria del gas natural en America del Sur: situacion y posibilidades de la integracion de mercados*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Lazo, I. L. (2013). INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES DE SERVICIOS CON GAS NATURAL VIRTUAL EN AREQUIPA. III FORO REGIONAL DE HIDROCARBUROS – AREQUIPA 2013 (pág. 90). AREQUIPA: OSINERGMIN.
- Martinez, L. (2009). *Diseño e Implementacion de un sistema de costeo por ordenes de produccion*. Pereira.

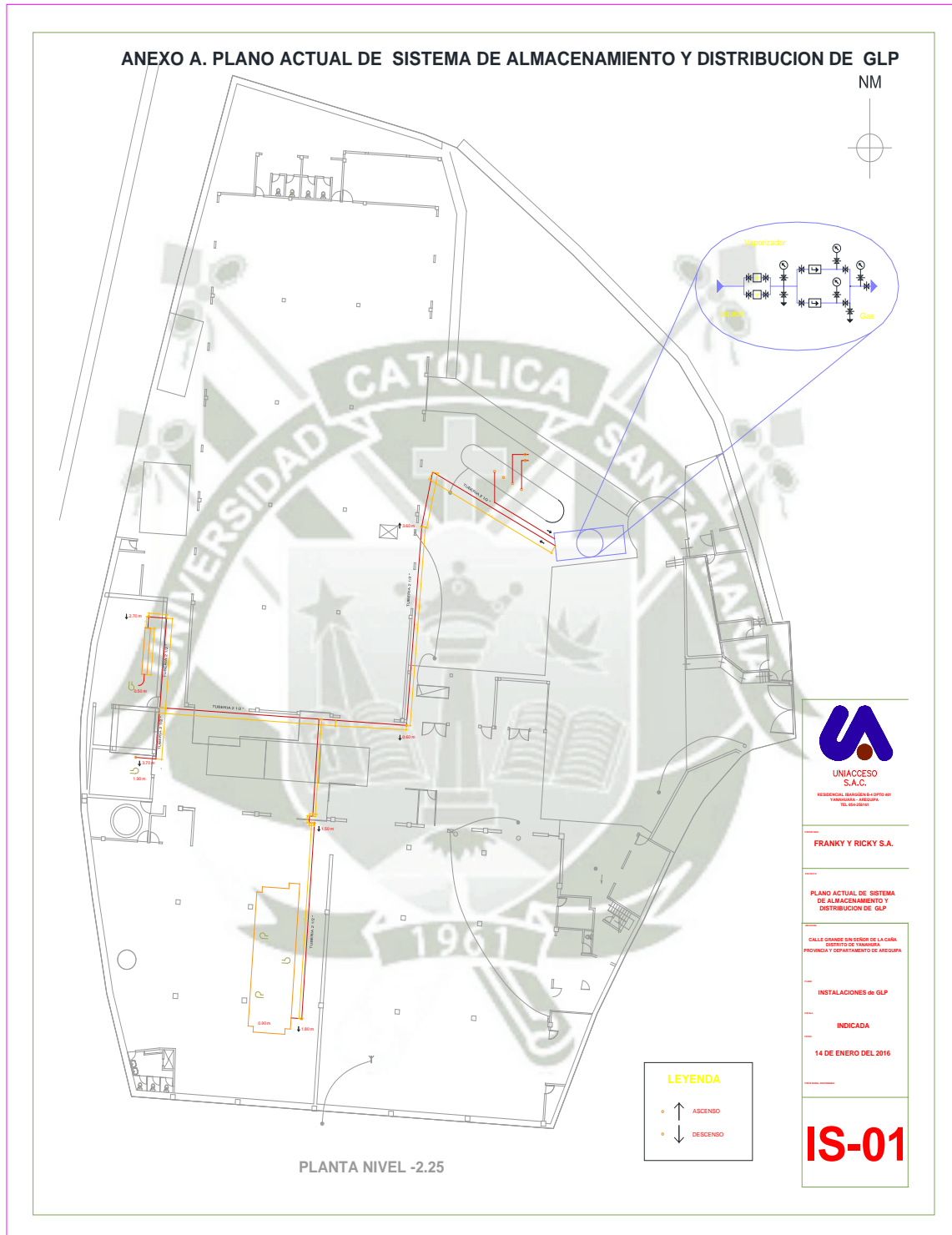
- Martinez, L. (2009). *Diseño e implementación de un sistema de costos por ordenes de produccion*. Pereira.
- Melendez Gomez, S. A. (2006). *Conversion a gas natural seco de una caldera pirotubular con potencia de 500BHP que trabaja con diesel-2*. Lima.
- Minem. (s.f.). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de Archivos-Gas natural:  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/gasnatural.pdf>
- NEOgás. (2015). <http://neogas.com.br/es/mercado-e-atuacoes/industrial>.
- Ñiquen, N. (2012). *Diseño y Calculo en Instalaciones de Gas Natural en Industrias*. *Centro de Extensión y Proyección Universitaria Conferencias Viernes Científico Culturales*, (pág. 84). Callao.
- Osinermin. (1 de Noviembre de 2014). *Osinermin- Organismo Supervisor de la Inversion en Energía y Minería*. Recuperado el Enero de 2016, de Osinermin- Organismo Supervisor de la Inversion en Energía y Minería:  
<http://www.osinermin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/pliegos-tarifarios/gas-natural/tarifas-cargos>
- Perez, J. (7 de Noviembre de 2012). *Principios básicos de la ciencia de la combustion*. Obtenido de Principios básicos de la ciencia de la combustion: <https://prezi.com/r-lbcznxb8ft/principios-basicos-de-la-ciencia-de-la-combustion/>
- Salvador, J. (30 de Mayo de 2013). *Osinermin*. Obtenido de Acceso a la Energía en el Perú: Balance y Opciones de Política:  
[http://www.osinermin.gob.pe/newweb/pages/Publico/CongresoInternacional/archivos/JUEVES\\_30/CTI/1.%20Acceso%20a%20la%20Energia%20en%20el%20Peru-Julio%20Salvador.pdf](http://www.osinermin.gob.pe/newweb/pages/Publico/CongresoInternacional/archivos/JUEVES_30/CTI/1.%20Acceso%20a%20la%20Energia%20en%20el%20Peru-Julio%20Salvador.pdf)
- Todo Ingenieria Industrial. (2013). *Todo Ingenieria Industrial*. Obtenido de <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/varios/costos/sistema-de-costos/>

## Anexos

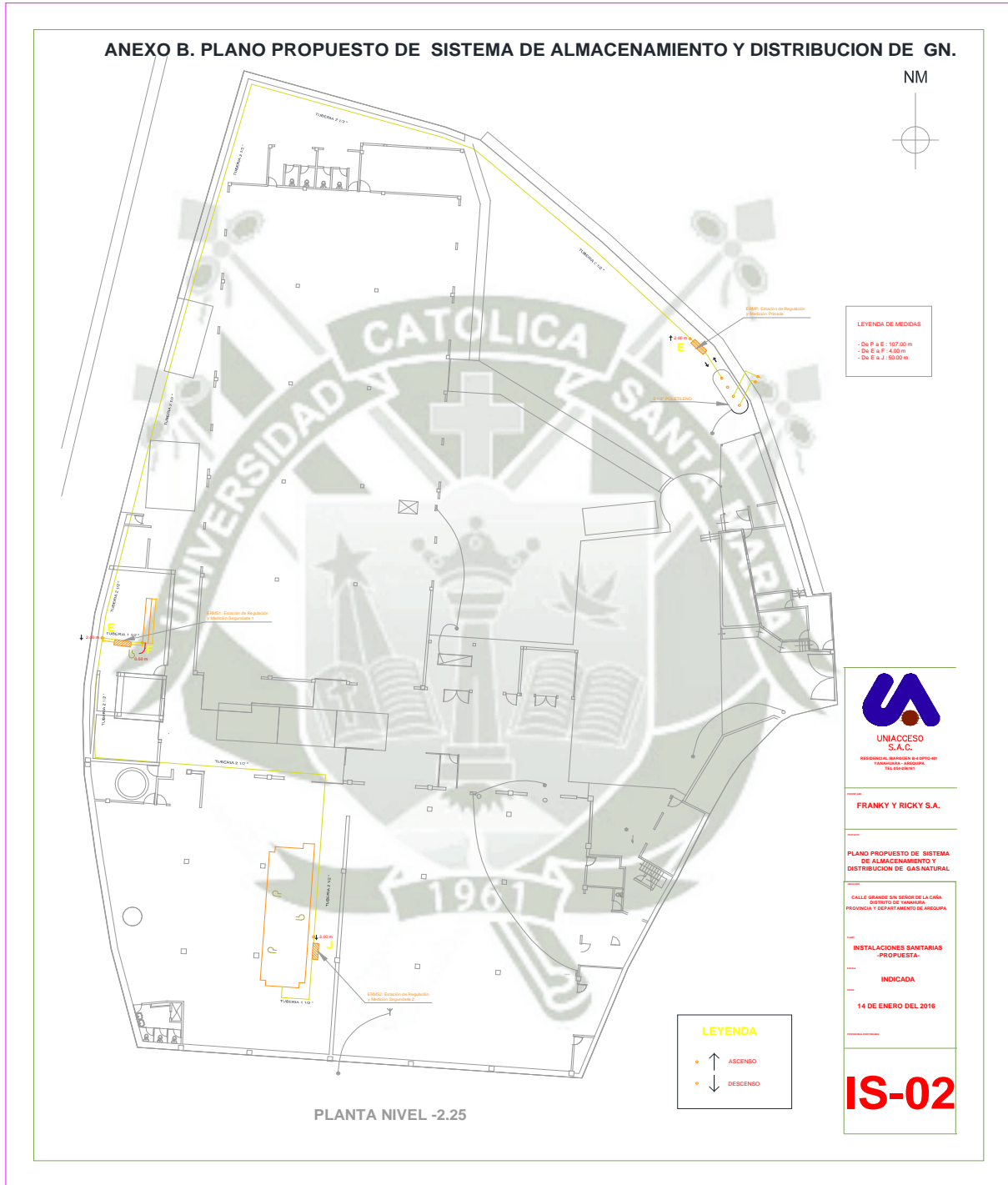
- Anexo A. Plano Actual de Sistema de Almacenamiento y Distribución de GLP
- Anexo B. Plano Propuesto de Sistema de Almacenamiento y Distribución de GN.
- Anexo C. Diagrama de Flujo del Proceso de Franky y Ricky S.A.
- Anexo D. Norma Técnica Peruana NTP 111.010



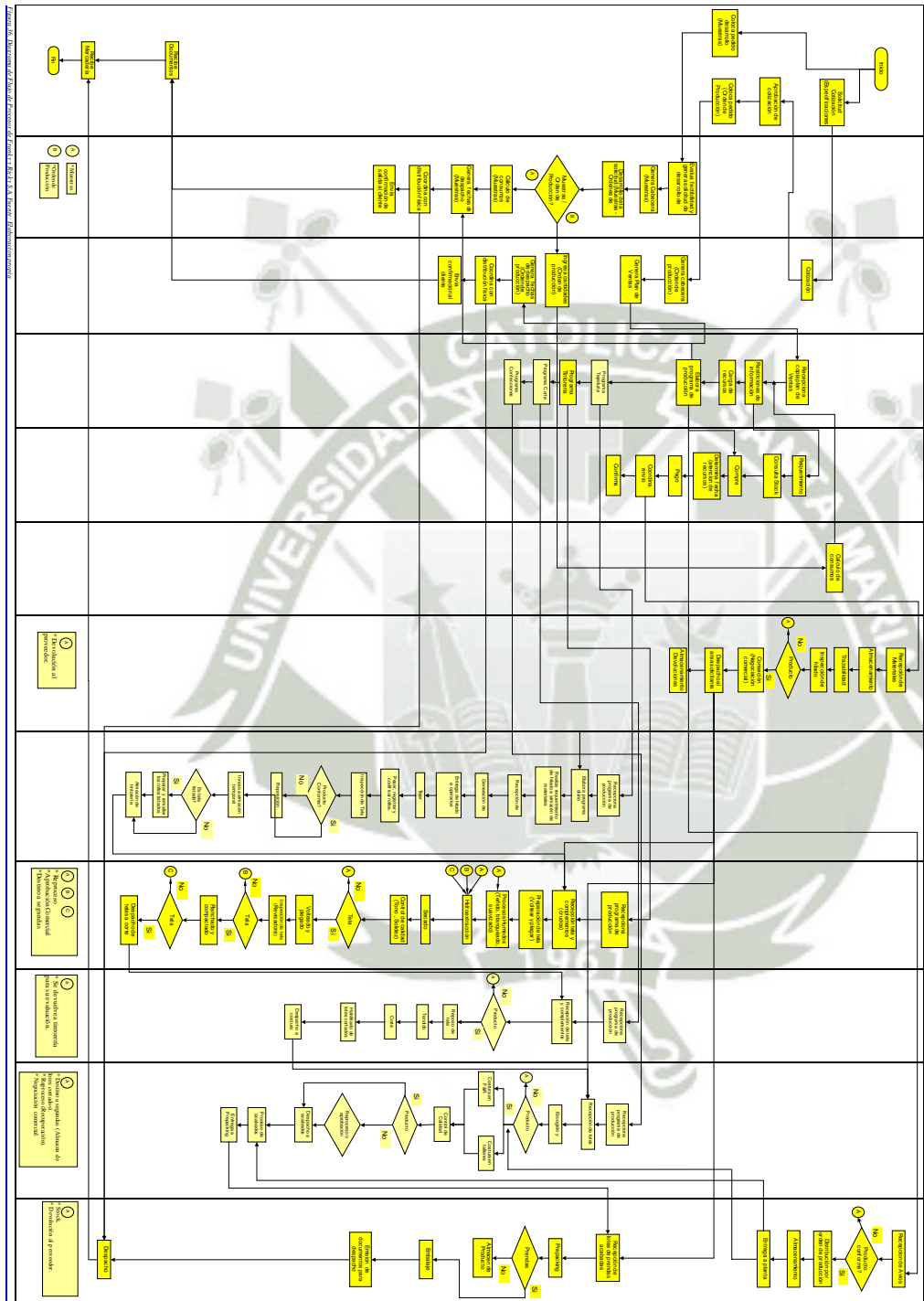
### Anexo A. Plano Actual de Sistema de Almacenamiento y Distribución de GLP



### Anexo B. Plano Propuesto de Sistema de Almacenamiento y Distribución de GN.



Anexo C. Diagrama de Flujo del Proceso de Franky y Ricky S.A.



Anexo C. Diagrama de flujo del proceso de Franky y Ricky S.A.

Anexo D. Norma Técnica Peruana NTP 111.010

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 111.010  
2003 (revisada el 2014)

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---



GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías  
para instalaciones internas industriales

NATURAL DRY GAS. Piping system for industrial installations

**2014-12-18**  
**1ª Edición**

R.0141-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-12-28

Precio basado en 38 páginas

I.C.S.: 75.180.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Gas natural seco, tuberías, instalaciones eléctricas

© INDECOPI 2014



© INDECOPI 2014

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INDECOPI.

INDECOPI

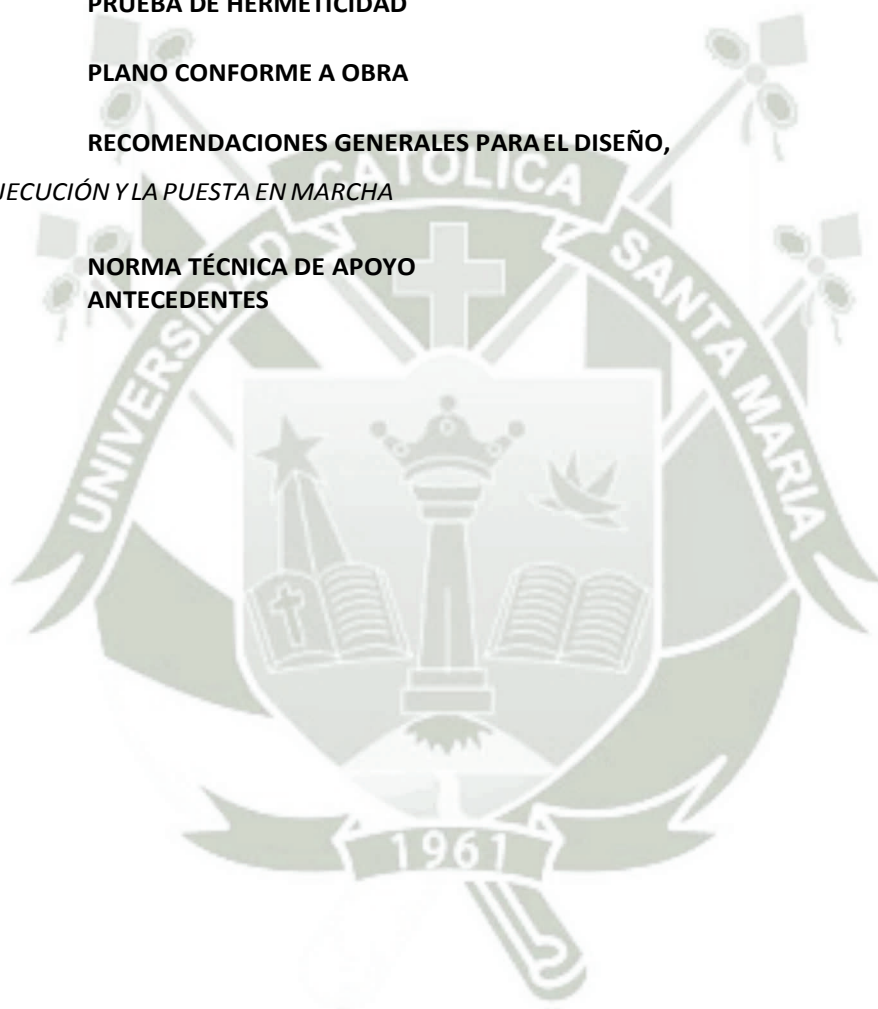
Calle de La Prosa 104,  
San Borja Lima- Perú  
Tel.: +51 1 224-7777  
Fax.: +51 1 224-1715  
[sacreclamo@indec](mailto:sacreclamo@indec)

[opi.gob.pe](http://opi.gob.pe)  
[www.indecopi.gob.pe](http://www.indecopi.gob.pe)

## ÍNDICE

	<b>página</b>
<i>ÍNDICE</i>	<i>ii</i>
<i>PRÓLOGO (de revisión 2014)</i>	<i>iv</i>
<i>PREFACIO</i>	<i>vi</i>
<b>1. ALCANCE</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAS NORMATIVAS</b>	<b>1</b>
<b>3. CAMPO DE APLICACIÓN</b>	<b>6</b>
<b>4. DEFINICIONES</b>	<b>6</b>
<b>5. SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL SISTEMA DE TUBERÍAS</b>	<b>10</b>
<b>6. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS EN FUNCIÓN DE SU UBICACIÓN.</b>	<b>11</b>
<b>7. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LAS TUBERÍAS EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO</b>	<b>12</b>
<b>8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS</b>	<b>12</b>
<b>9. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACCESORIOS Y BRIDAS</b>	<b>14</b>
<b>10. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS VÁLVULAS</b>	<b>15</b>
<b>11. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL EQUIPO DE CONSUMO</b>	<b>15</b>
<b>12. EQUIPOS DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN</b>	<b>16</b>
<b>13. USO DE VÁLVULAS</b>	<b>17</b>
<b>14. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS</b>	<b>18</b>

15.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS	23
16.	TÉCNICAS PARA REALIZAR LAS UNIONES DE TUBERÍAS	26
17.	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS SUBTERRANEAS	26
18.	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS DE SUPERFICIE	28
19.	SOPORTES, ANCLAJES Y GANCHOS	29
20.	PRUEBA DE HERMETICIDAD	30
21.	PLANO CONFORME A OBRA	31
22.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO, LA EJECUCIÓN Y LA PUESTA EN MARCHA	31
23.	NORMA TÉCNICA DE APOYO	32
24	ANTECEDENTES	38



## PRÓLOGO

(de revisión 2014)

A.1 La Norma Técnica Peruana (NTP) **NTP 111.010:2003 GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales**, 1ª Edición, se encuentra incluida en el Plan de Revisión y Actualización de Normas Técnicas Peruanas que cumplieron 11 años de vigencia.

A.2 La NTP referida, aprobada mediante resolución N° 0114-2003/INDECOPI- CRT, por la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT), fue sometida a consulta en el 2014 al Comité Técnico de Normalización (CTN) de Gas natural seco a fin de ratificar su vigencia.

A.3 El CTN de Gas natural seco recomendó mantener la vigencia de la NTP sin modificaciones y la Comisión aprobó la versión revisada, el 18 de diciembre de 2014.

A.4 Los métodos de ensayo y de muestreo cambian periódicamente con el avance de la técnica. Por lo cual, recomendamos consultar en el Centro de Información y Documentación del Organismo de Normalización, la vigencia de los métodos de ensayo y de muestreo en esta NTP.

## B. INSTITUCIONES MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE GAS NATURAL SECO

Secretaría	OSINERGMING
Presidente	Víctor Fernández Guzmán
Secretario	Carlos Villalobos Dulanto
Coordinador	Luis Lazo Gutiérrez

## ENTIDAD

## REPRESENTANTE

CONTUGAS - CONGAS PERU SAC	Norberto Reyes Rivera
Calidda - Gas Natural del Perú	Manfred CamperPetrozzi
Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular	Renato Lazo Bezold
TCL International Perú S.A.C.	Ángel Santiago Meriño
Grana y Montero Petrolera S.A	Edwin Montes
Construcert SAC	Leonardo Severo Rupiri
HIPERFAST SAC	Rocío Zorrilla Hiraoka
NEOGAS PERU	Alan VillafuerteE
Consultor Independiente	Manfredo Mondragón Estrada
INDECI	Irene Cristina Villar Jiménez
OSINERGMIN	Luis Urbano Vega
Ministerio de Transportes y Comunicaciones	José Luis Reynoso Zarate
QUIMICA SUIZA	Milán Pejnovic Kapa
PRORAG CONTRATISTAS SRL	Harry EstradaI.

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Gas Natural Seco, mediante el sistema 2 u Ordinario, durante los meses de octubre 2002 a junio del 2003, utilizando como antecedente a los que se indican en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Gas Natural Seco, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2003-07-18, el PNTTP 111.010:2003, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2003-08-20. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 111.010:2003 GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales**. 1ª Edición, el 17 de diciembre del 2003.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TECNICA PERUANA

Secretaría	Instituto de Petróleo y Gas
Presidente	Wilfredo Salinas Ruiz-Conejo
Vicepresidente	Aldo Espinoza
Secretario	César Luján Ruiz

**ENTIDAD**

**REPRESENTANTE**

AGUAYTIA ENERGY DEL PERU SRL

Ernesto Bacigalupo  
Marco Pineda EMPRESA

ELECTRICA DE PIURA – EEPSA

Alberto Trujillo Pereda



PETRO-TECH PERUANA S.A.	Félix Ruiz
PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A.	Aldo Espinoza Antonio Tella
CERÁMICA LIMA – CELIMA (Corporación Cerámica)	Rolando Alguar Q.
DOE RUN PERU SRL – LA OROYA DIVISIÓN	Huver Huanqui Guerra
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS- DGH (Dirección General de Hidrocarburos)	Luis Zavaleta Vargas Pablo Maldonado
OSINERG	Juan Ortiz G.
PETROPERU S.A. OPERACIONES TALARA	Daniel Díaz del Aguila
SUDAMERICANA DE FIBRAS S.A.	Ricardo Tolentino Luis Vargas F.
CERTIPETRO – FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Amador Paulino R. Beatriz Adaniya H.
INSTROMET PERU S.A.C.	Julio Rodríguez Vada
SGS DEL PERU S.A.C.	Fernando Correa
UNIGAS-FIM UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	Santiago Paredes Jaramillo
MEGATOTAL INGENIERIA SAC.	Harold Robillard Jorge Besio
QUÍMICA SUIZA S.A.	Juan Díaz Camargo Milan Pejnovic Kapa
PROCOBRE PERU S.A.	Harry Estrada Orlando Ardito Chávez
GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO	Gilles Vaes
CONSULTOR	Máximo Uriburú Sosa

---0000000---

vii



© INDECOPI 2014 – Todos los derechos son reservados

## GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas industriales

### 1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que debe cumplir del sistema de tuberías para el suministro de gas natural seco en las instalaciones internas industriales en referencia a la especificación de los materiales, el diseño y dimensionamiento, la construcción y las exigencias mínimas de seguridad para una operación confiable.

Esta Norma Técnica Peruana incluye consideraciones generales y referencias normativas internacionales para los equipos de regulación de presión y medición, así como los requerimientos de seguridad para los sistemas de combustión de los equipos de consumo.

En referencia a los equipos de consumo, estos deberán ser certificados.

En todas aquellas aplicaciones que están fuera del alcance de esta NTP como son el sistema de tuberías para el transporte y la distribución de gas natural seco, el gas natural comprimido para uso vehicular y plantas de generación eléctrica, entre otros, deberán utilizar las normas técnicas nacionales o internacionales adecuadas.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

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

## 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- 2.1.1 NTP 342.522:2002 1 Cobre y aleaciones de cobre. Desde Parte hasta parte 20
- 2.1.2 NTP 342.052:2000 redondos Cobre y aleaciones de cobre. Tubos de cobre sin costura, para gas y agua

## 2.2 Normas Técnicas Internacionales

- 2.2.1 ISO 7-1:1994 Pipe threads where pressure – tight joints are made on the threads. Part 1: dimensions, tolerances and designation
- 2.2.2 ISO 22811:2000 Pipe threads where pressure – tight joints are not made on the threads. Part 1: dimensions, tolerances and designation
- 2.2.3 ISO 14313:1999 Petroleum and natural gas industries – pipeline transportation system – pipe line valve
- 2.2.4 ISO 4437:1997 Buried PE pipes for the supply of gaseous fuels – metric series – specification
- 2.2.5 ISO 8085:2001 PE fittings for the supply of gaseous fuels – metrics series – Part. 1, Part. 2, and Part 3

## 2.3 Normas Técnicas Regionales

- 2.3.1 CEN EN 12279:2000 Service Lines – Functional Requirements

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 111.010  
3 de 38

- 2.3.2 CEN EN 12186:2000 Gas Supply Systems – Gas Pressure Regulating Stations for Transmission and Distribution–Functional Requirements
- 2.3.3 CEN EN 1776:1998 Gas Supply Systems – Natural Gas Measuring Stations–Functional Requirements
- 2.3.4 CEN EN 1359:1998 Gas Meters – Diaphragm gas meters
- 2.3.5 CEN EN 12480:2002 Gas meters – rotary displacement gas meters
- 2.3.6 CEN EN 334:1999 Gas Pressure Regulators for inlet pressures up to 100 bar

## 2.4 Normas Técnicas de Asociación

- 2.4.1 ASTM A539:1999 Standard specification for electric resistance-welded coiled steel tubing for gas and fuel oil lines
- 2.4.2 ASTM A254:1997 Standard specification for cooper brazed steel tubing
- 2.4.3 ASTM A53:1998 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated Welded and Seamless
- 2.4.4 ASTM A106:1999 Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service
- 2.4.5 ASTM B 837:1995 Standard Specification for Seamless Copper Tube for Natural Gas and Liquefied Petroleum (LP) Gas Fuel Distribution Systems

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 111.010  
4 de 38

2.4.6	ASTM B 88:1996	Specification for Seamless Copper Water Tube
2.4.7	ASTM B 280:2002	Specification for seamless copper tube for air conditioning and refrigeration field services
2.4.8	ASTM A 193M:2003	Alloy-steel and stainless steel bolting materials for high-temperature service
2.4.9	ASTM A 194M:2003	Carbon and alloy steel nuts for bolts for high-pressure and high temperature service
2.4.10	ASTM D 2513:2003	Thermoplastic gas pressure pipe, tubing and fittings
2.4.11	ASTM D 2774:2001	Standard practice for underground installation of thermoplastic pressure piping
2.4.12	ANSI/AGA LC1:2001	Interior Fuel Gas Piping System Using Corrugated Stainless steel Tubing
2.4.13	ANSI B16.18:	Cast copper alloy solder joint pressure fittings
2.4.14	ANSI/ASME B16.10:2000	Cast iron pipe flange and flange fittings
2.4.15	ANSI/ASME B1.20.1:1992	Screw Threads - Pipe Threads, General Purpose (inch)
2.4.16	ANSI/ASME B36.10:2000	Welded and seamless wrought steel pipe
2.4.17	ASME B16.20:2000	Standard for ring – joint gaskets and grooves for steel pipe flange

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 111.010  
5 de 38

2.4.18	ANSI B16.18:2000	Cast cooper alloy soldier joint pressure fittings
2.4.19	ASME B 16.4:1998	Cast iron threaded fitting
2.4.20	ANSI-MSSSP58	Pipe hangers and supports-materials, design and manufacturer
2.4.21	ANSI B 109:2000	Diaphragm-type Gas Displacement Meters. Partes 1 y 2
2.4.22	ANSI 109.3:2000	Rotary-type Gas Displacement Meters
2.4.23	ANSI B 109.4:1998	Self-operated diaphragm-type natural gas service regulators
2.4.24	API 5L:2002	Line Pipe
2.4.25	API 6D:2002	Pipeline valves
<b>2.5</b>	<b>Normas Técnicas Nacionales</b>	
2.5.1	CEN UNE-EN 746-1:1997	Equipos de tratamiento térmico industrial: Parte 1: Requisitos comunes de seguridad para equipos de tratamiento térmico industrial
2.5.2	CEN UNE-EN 746-2:1997	Equipos de tratamiento térmico industrial: Parte 2: Requisitos de seguridad para la combustión y los sistemas de manutención de combustibles
2.5.3	CEN prEN 1555:2002	Plastic piping system for gas supply – Polyethylene (PE). Partes 1 a 4

© INDECOPI2014 – Todos los derechos son reservados

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 111.010  
6 de 38

---

- 2.5.4 CEN UNE-EN 12007-2:2000 Polyethylene pipe Installations
- 2.5.5 DIN 30670:1991 Polyethylene coatings for steel pipes and fittings
- 2.5.6 MSS SP-25 Standard marking system for valves, fittings, flanges and unions

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

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

### 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

- 4.1 **accesorio (fitting):** En un sistema de tuberías es usado como un elemento de unión, tal como un codo, una curva de retorno, una "tee", una unión, un reductor con rosca en sus extremos ("bushing"), una cruz, o una tubería corta con rosca en sus extremos ("nipple"). No incluye artículos tales como una válvula o un regulador de presión.
- 4.2 **aguas abajo:** Se entiende por "aguas abajo de" o "corriente abajo de" a la expresión que ubica a un determinado objeto que se encuentra instalado después del punto de referencia en el sentido de la circulación del fluido.
- 4.3 **aguas arriba:** Se entiende por "aguas arriba de" o "corriente arriba de" a la expresión que ubica a un determinado objeto que se encuentra instalado antes del punto de referencia en el sentido de la circulación del fluido.

4.4 **aprobado:** Aceptable por la entidad competente.

4.5 **entidad competente:** Es el ente gubernamental responsable de verificar la correcta aplicación de cualquier parte de esta NTP o el funcionario o la agencia designada por esta entidad para ejercitar tal función.

4.6 **certificado:** Se aplica este término para cualquier accesorio, componente, equipo de consumo, o para la instrucción de instalación del fabricante, el cual es investigado e identificado por una organización designada para comprobar que cumple con los estándares reconocidos o con los requisitos aceptados para la prueba.

La certificación implica pruebas y es realizada por una organización reconocida encargada de dicha prueba. Esta es realizada de acuerdo con estándares reconocidos, o con los requisitos de construcción y desempeño. La certificación es reconocida generalmente por un sello de certificación o una etiqueta.

4.7 **combustión:** Proceso químico de oxidación rápida entre un combustible y un comburente que produce la generación de energía térmica y luminosa, acompañada por la emisión de gases de combustión y en ciertos casos partículas sólidas.

4.8 **componente:** Una parte esencial de un equipo de consumo que es capaz de realizar una función(es) independiente(s) y contribuir a la operación del equipo. Un ejemplo de un componente es un termostato. El termostato es capaz de una operación independiente, y contribuye a la operación del aparato controlando su ciclo de encendido- apagado.

4.9 **condensado (condensación):** Un líquido separado del gas natural seco (inclusive gas combustible) debido a una reducción en la temperatura o a un aumento en la presión.

4.10 **distribuidor:** Concesionario que realiza el servicio público de suministro de gas natural seco por red de ductos a través del sistema de distribución.

4.11 **equipo de consumo:** Un artefacto para convertir gas natural seco en energía e incluye a todos sus componentes. Puede ser una caldera, un horno industrial, etc.

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

4.13 **estación de regulación de presión secundaria (subestación):** Conjunto de elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo de la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria. Su utilización se requiere cuando la presión de trabajo del equipo de consumo difiere de la presión de la ERPMP regulada y asignada.

4.14 **empresa instaladora de gas:** Persona natural o jurídica debidamente calificada y registrada ante la entidad competente para poder ejecutar, reparar o modificar instalaciones internas de gas natural seco, y cuyo representante es una persona experimentada o entrenada, o ambos en tal trabajo y ha cumplido con los requisitos de la entidad competente.

4.15 **medidor:** Instrumento utilizado para cuantificar el volumen de gas natural seco que fluye a través de un sistema de tuberías.

4.16 **presión de diseño:** Es la presión máxima que puede alcanzar la instalación, valor con el que debe dimensionarse la misma y seleccionarse los materiales.

4.17 **presión máxima admisible de operación (MAPO):** Es la presión de operación máxima que puede alcanzar la instalación en condiciones de máxima demanda.

4.18 **presión de prueba:** Presión a la cual es sometida el sistema antes de entrar en operación con el fin de garantizar su hermeticidad.

4.19 **presión de operación:** Presión a la que deben operar satisfactoriamente las tuberías, accesorios y componentes que están en contacto con el gas natural seco en un sistema de tuberías. Esta será como máximo igual a la MAPO.

4.20 **purga:** Eliminación de un fluido no deseado (gaseoso o líquido) del sistema.

4.21 **ramal (tubería lateral):** Es la parte de un sistema de tuberías que conduce gas natural seco desde la tubería principal de la instalación interna a un equipo de consumo.

4.22 **regulador de presión:** Dispositivo que reduce la presión del fluido que recibe y la mantiene constante, independientemente de los caudales que permite pasar y de la variación de la presión aguas arriba del mismo, dentro de los rangos admisibles. La regulación puede efectuarse en una o varias etapas.

4.23 **revestimiento:** Sistema de protección de superficies metálicas contra la corrosión mediante el sellado de la superficie.

4.24 **SDR:** Relación entre el diámetro nominal externo de una tubería de polietileno y su espesor nominal de pared

4.25 **separador/filtro:** Conjunto de elementos prefabricados que responden a un proyecto particular y que se destinan a retener partículas sólidas y/o líquidas contenidas en el gas natural seco.

4.26 **tubería de superficie o aérea:** Tubería a la vista, que no está en contacto con el suelo ni está empotrada en la pared.

4.27 **tubería empotrada/oculta:** Tubería que, cuando está ubicada en una pared, en el piso, o en el techo de una construcción terminada, esta escondida de la vista y sólo puede ser expuesta por el uso de una herramienta. No se aplica a la tubería que pasa a través de una pared o división.

4.28 **válvula:** Instrumento colocado en la tubería para controlar o bloquear el suministro de gas natural seco hacia cualquier sección de un sistema de tuberías o de un aparato de consumo.

4.29 **válvula de alivio por venteo:** Un artefacto diseñado para abrirse a fin de prevenir un aumento de la presión del gas natural seco en exceso, de un valor especificado debido a una emergencia o una condición anormal.

4.30 **válvula de servicio:** Es una válvula de cierre general del suministro del gas natural seco, instalada fuera del predio del usuario final, y ubicada en la línea de servicio de la Distribuidora. La válvula de servicio constituye el punto de entrega del gas del Distribuidor al usuario industrial.

4.31 **válvula de seguridad de cierre rápido:** Una válvula que corta automáticamente el suministro de gas natural seco en el sistema de tuberías.

4.32 **válvula unidireccional (back check):** Una válvula que está normalmente cerrada y permite el flujo en sólo una dirección.

## 5. SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

5.1 En las instalaciones internas industriales se podrán utilizar los siguientes tres materiales: acero, cobre y polietileno (PE).

5.2 La selección del material se hará entre otros, en función de:

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

5.3 No se podrán usar otros materiales tales como: caucho, policloruro de vinilo (PVC), asbesto-cemento, hierro fundido, plomo, y tuberías de polietileno destinadas a aplicaciones distintas que no cumplan con normas específicas para gas natural (por ejemplo distribución de agua).

5.4 Las tuberías y los accesorios retirados de una instalación de gas natural seco, o de una instalación que ha transportado gas licuado de petróleo (GLP) pueden ser vueltos a emplear para conducir gas natural seco, siempre que:

5.4.1 Se determine que las tuberías y los accesorios que se van a reutilizar cumplan con las exigencias de la presente NTP; y

5.4.2 Las tuberías y los accesorios que van a ser reutilizados hayan sido limpiados, inspeccionados, probados y cumplan con los requerimientos de la presente NTP.

5.5 Las instalaciones industriales existentes cuyo sistema de tuberías está transportando GLP, pueden ser vueltos a emplear para conducir el gas natural seco, siempre que, las tuberías y accesorios cumplan con las exigencias normativas y consideraciones para los materiales y las pruebas de hermeticidad indicadas en la presente NTP.

## 6. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA EN FUNCIÓN DE SU UBICACION

La siguiente Tabla nos indica el material de la tubería en función de su ubicación espacial.

**TABLA 1 - Material de la tubería en función de la ubicación**

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

### 6.1 El revestimiento

6.1.1 Las tuberías de acero subterráneas deberán ser protegidas contra la corrosión con un revestimiento adecuado. Si este revestimiento es de polietileno, deberá

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 111.010  
12 de 38

ser conforme a la norma DIN 30670 o equivalente. El uso de cintas o pinturas epoxílicas estarán sujetos a aprobación por la entidad competente.

6.1.2 Las tuberías de acero de superficie serán protegidas contra la corrosión con pintura o galvanización, o ambas.

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

## **7. SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO**

7.1 En las tuberías de PE y acero no se especifican límites; sin embargo, estas deberán tener dimensiones y características que cumplan con las normas técnicas referenciadas en esta NTP.

7.2 En las tuberías de cobre el diámetro no deberá exceder 29 mm .

7.3 De manera general se evitará, para las tuberías metálicas, el uso de diámetros muy pequeños (inferiores a 12,7 mm (1/2")) que podrían ser susceptibles de ser involuntariamente dañados o doblados.

## **8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS**

### **8.1 Tuberías de acero rígido**

8.1.1 Las tuberías de acero deberán cumplir con la última edición de las normas: API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106 ó ANSI/ASME B 36.10 o equivalente.

## 8.2 Tuberías de polietileno

8.2.1 Las tuberías de polietileno deberán cumplir con la última edición de las normas: ISO 4437, CEN prEN 1555, también es aplicable en las instalaciones internas industriales la norma ASTM D 2513.

## 8.3 Tuberías de cobre

8.3.1 Las tuberías de cobre para gas natural deberán cumplir con las normas: ASTM 837, ASTM B88, NTP 342.052 ó equivalente, con referencia principalmente a las tuberías tipo K o L, o tubería equivalente en unidades métricas.

8.3.2 Estas tuberías no deben utilizarse cuando el gas suministrado tenga un contenido de sulfuro de hidrógeno superior en promedio a 0,7 mg por cada 100 litros estándar de gas natural seco.

## 8.4 Tuberías metálicas flexibles

El propósito de la tubería metálica flexible es de disipar vibraciones, prevenir la transmisión de esfuerzos, acomodar la expansión o contracción térmica, evitar la flexión excesiva, facilitar la instalación, entre otros, en el sistema de tuberías.

8.4.1 Se permitirá el uso de tubería flexible sin costura de cobre y acero, siempre que el gas transportado no contenga elementos o sustancias que causen corrosión en estos materiales.

8.4.2 La tubería flexible de acero debe cumplir con la ASTM A539 ó la ASTM A254.

8.4.3 La tubería flexible de acero corrugado debe cumplir la ANSI/AGA LC1, en cuanto a su construcción, instalación y requisitos de funcionamiento.

8.4.3 La tubería flexible de cobre deberá cumplir con cualquiera de las siguientes normas ASTM B 88 para el tipo K o L, la ASTM B88M o la ASTM B 280.

## **9. ESPECIFICACION TÉCNICA DE LOS ACCESORIOS Y BRIDAS**

### **9.1 Accesorios y bridas para tuberías de acero**

9.1.1 Todos los accesorios roscados deberán tener rosca cónica conforme a las normas ISO 7.1, ISO 228.1, ANSI/ASME B1.20.1 ó equivalente.

9.1.2 Para asegurar la estanqueidad de la rosca, se utilizará un sello de fibra no orgánica, cinta de teflón o sello líquido (tipo locktite o similar). El asbesto; el cáñamo u otras fibras orgánicas están prohibidos.

9.1.3 Las bridas deben cumplir con ANSI/ASME B16.1 ó ANSI/ASME B16.20. Las juntas de estanqueidad no deben contener asbesto y deben ser resistentes a temperaturas elevadas.

9.1.4 Los espárragos y sus tuercas correspondientes deberán cumplir con las normas ASTM A 193 y ASTM A 194.

### **9.2 Accesorios para tuberías de polietileno**

9.2.1 Todos los accesorios deben cumplir con la última edición de la ISO 8085, CEN prEN 1555, y en las instalaciones industriales es también aplicable la norma ASTM D 2513.

### **9.3 Accesorios para tuberías de cobre**

9.3.1 Los accesorios mecánicos y soldaduras deben cumplir con la norma ANSI B16.18 ó NTP 342.522-1 a NTP 342.522-20 u otras normas reconocidas y equivalentes.

9.4 Los accesorios en su totalidad deberán ser aprobados para su uso con gas natural seco.

## 10. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LAS VÁLVULAS

### 10.1 Válvula de cierre manual

10.1.1 Las válvulas deberán ser aprobadas para su uso con gas. La tecnología y los materiales de las válvulas deberán estar de acuerdo a la presión y condiciones de trabajo. El material de la válvula deberá estar en concordancia con el de la tubería en la cual se instala.

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

10.1.3 Las válvulas deberán ser fáciles de operar, generalmente de tipo esférica, siendo claramente identificable si la válvula esta abierta o cerrada.

10.1.4 Las válvulas deberán ser fabricadas con materiales aprobados y de acuerdo a la última edición de normas como API 6D, ISO 14313, ASME B 16.4, CEN prEN 1555-4. Las características de la válvula deberán ser marcadas de acuerdo a la norma técnica MSS SP-25 o equivalente.

## 11. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DEL QUEMADOR DEL EQUIPO DE CONSUMO

Esta Norma Técnica Peruana cita a la norma CEN UNE - EN 746 – 1 y la CEN UNE - EN 746 – 2, para mayores detalles sobre los requerimientos mínimos de seguridad de los sistemas de combustión de los equipos de consumo.

## 12. EQUIPOS DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN

12.1 La Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria (ERPMP) utilizada para la regulación y medición centralizada del consumo de gas del usuario deberá ser instalada de acuerdo a normas técnicas reconocidas internacionalmente tales como CEN EN 12279, CEN EN 12186, CEN EN 1776 y AGA reportes 2, 7 y 9, o equivalentes. El diseño, los materiales, la instalación y las pruebas de dichas estaciones deberán ser aprobados por la entidad competente.

12.2 La ERPMP deberá ser instalada en el predio del usuario, tan cerca como sea posible de la válvula de servicio (punto de entrega). El propósito es minimizar el recorrido de la tubería que lleva la presión de la red de distribución en el tramo entre la válvula de servicio y la ERPMP. El distribuidor deberá siempre tener acceso a la ERPMP para intervenir adecuadamente en caso de emergencia.

12.3 Se deberá también tener en cuenta lo estipulado en el Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos D.S N° 042-99-EM y sus modificaciones, con respecto a los medidores y reguladores.

### 12.4 Medidores

12.4.1 En el caso de ser requeridos medidores adicionales para la medición del gas natural seco de un equipo de consumo en particular en la instalación interna, estos deberán cumplir con normas reconocidas tales como CEN EN 1359 ó ANSI B109 (partes 1 y 2) para medidores a diafragma y CEN EN 12480 ó ANSI B109.3 para medidores rotativos o equivalentes y ser aprobados.

12.4.2 El medidor de gas debe garantizar la correcta medida del volumen de gas que está circulando en el sistema de tuberías.

12.4.3 Los medidores deberán ser ubicados en espacios ventilados, fácilmente accesibles para su examen, reemplazo, toma de lecturas y adecuado mantenimiento.

12.4.4 Los medidores no deberán ser ubicados donde puedan estar expuestos a daños físicos. Los medidores serán protegidos adecuadamente contra la intemperie, las salpicaduras, la humedad, las altas temperaturas, fuentes de ignición, tráfico vehicular etc.

12.4.5 Los medidores deberán ser soportados y conectados a tuberías rígidas de manera tal que no se ejerzan esfuerzos sobre ellos.

## 12.5 Reguladores

12.5.1 En el caso de existir estaciones de regulación de presión secundarias, los reguladores deberán cumplir con normativas internacionales reconocidas tales como CEN EN 334 ó ANSI B109.4 o equivalentes y ser Aprobados.

12.5.2 Los reguladores deben ubicarse de tal forma que las conexiones sean fácilmente accesibles para operaciones de servicio y mantenimiento.

12.5.3 Los reguladores no deben ser ubicados donde puedan estar expuestos a daños físicos. Los medidores serán protegidos adecuadamente contra la intemperie, las salpicaduras, la humedad, las altas temperaturas, fuentes de ignición, otros similares.

12.5.4 Se deberán colocar los venteos de los reguladores hacia espacios muy ventilados de acuerdo a las especificaciones de sus fabricantes.

## 13. USO DE VÁLVULAS

13.1 Se deberá instalar una válvula de cierre manual aguas arriba de cada equipo de consumo o equipo individual. Véase Tabla 2.

13.2 Una válvula de cierre general llamada “válvula de servicio” deberá ser instalada en el límite municipal, fuera del predio del cliente, en la línea de servicio del Distribuidor.

13.3 Para las instalaciones internas industriales, se precisan las siguientes válvulas adicionales:

13.3.1 En la salida de la ERPMP, debe instalarse una válvula de cierre. La función de la válvula debe indicarse claramente y la ubicación tiene que ser tal que, en caso de surgir una emergencia, se pueda acceder a la válvula y cerrarse la misma con facilidad.

13.3.2 Deberán instalarse válvulas de cierre para aislar los distintos grupos o sistemas de tuberías.

**TABLA 2 - Válvulas manuales de cierre**

		Instalaciones aéreas	Subterráneas
<b>Presión máxima</b>		1 000 kPa	1 000 kPa
<b>Material</b>		Acero/fundición/aleación de cobre	Acero o PE
<b>Cierre</b>	< Ø 80mm	¼ de vuelta	¼ de vuelta
	≥ Ø 80mm	¼ de vuelta o varias vueltas	¼ de vuelta o varias vueltas
<b>Manija</b>		Fija	Removible

## 14. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

### 14.1 Generalidades

14.1.1 Toda la instalación deberá estar dimensionada para conducir el caudal requerido por los equipos de consumo en el momento de máxima demanda. Asimismo, para las ampliaciones futuras previstas; se debe tener en cuenta las limitaciones en la pérdida de carga y la velocidad, indicadas más adelante.

14.1.2 El diseño debe incluir la ubicación y trazado del sistema de tuberías de la instalación con todos los accesorios, el dimensionamiento de los diferentes tramos y

derivaciones, la capacidad necesaria para cubrir la demanda y la ubicación del punto de entrega de gas, entre otros.

14.1.3 Los elementos de la instalación a partir de los reguladores se diseñarán considerando la presión máxima a que pueden estar sometidos teniendo en cuenta el valor de las sobrepresiones que pueden ocurrir ante defectos de funcionamiento de las respectivas válvulas de regulación y la acción de los sistemas de protección previstos (válvulas de seguridad por alivio o por bloqueo).

## 14.2 Condiciones básicas para el dimensionamiento

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

- a) Máxima cantidad de gas natural seco requerido por los equipos de consumo.
- b) Demanda proyectada futura, incluyendo el factor de simultaneidad
- c) Caída de presión permitida entre el punto de suministro y los equipos de consumo.
- d) Longitud de la tubería y cantidad de accesorios.
- e) Gravedad específica y poder calorífico del gas natural seco
- f) Velocidad permisible del gas.

14.2.2 Los rangos de caída de presión indicados en (14.2.2.1, 14.2.2.2, 14.2.2.3) considera las caídas de presión debido a los accesorios y en general todos los elementos intermedios en el tramo de tubería incluyendo a esta.

14.2.2.1 El tramo de tubería comprendida entre la válvula de bloqueo de servicio del distribuidor de gas y la entrada a los reguladores de la Estación de Regulación de Presión y Medición Primaria, se calculará con una caída de presión máxima no superior al 10 % de la presión mínima de suministro.

14.2.2.2 Los tramos de la red interna comprendidos entre dos etapas de regulación se calcularán con una caída máxima del 50 % de la presión regulada al comienzo de esos tramos. El cálculo de estos tramos deberá garantizar las condiciones mínimas de presión y caudal requerido por los equipos de consumo ubicados aguas abajo.

14.2.2.3 Los tramos de tubería que alimentan directamente los equipos de consumo, serán calculados de la misma forma que el 14.2.2.2 y el cálculo de estos tramos deberá garantizar las condiciones mínimas de presión y caudal requerido por el equipo de consumo.

14.2.3 En todos los puntos de la instalación la velocidad de circulación del gas deberá ser siempre inferior a 30 m/s, para evitar vibraciones y ruidos excesivos en el sistema de tuberías.

14.2.4 Para el dimensionamiento de las tuberías, se admitirán fórmulas de cálculo reconocidos, las cuales deben considerar el rango de presión de cálculo. Los datos obtenidos deberán responder por lo menos, a las exigencias de:

- a) La fórmula de Poole para presiones hasta un máximo de 5 kPa (50 mbar)

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

Donde:

- $Q$  caudal en m<sup>3</sup>/h (condiciones estándar)  
 $D$  diámetro en cm.  
 $h$  pérdida de carga en mm de columna de H<sub>2</sub>O  
 $s$  densidad relativa del gas  
 $l$  longitud de tubería en metros, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen. Véase tabla 10 para longitudes equivalentes

- b) La fórmula de Renouard simplificada para presiones en el rango de 0 kPa a 400 kPa (0 bar a 4 bar); válida para  $Q/D < 150$

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

Donde:

- $P_A$  y  $P_B$  presión absoluta en ambos extremos del tramo, en  $\text{kg/cm}^2$  A  
 $s$  densidad relativa del gas.  
 $L$  longitud del tramo en km, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios que la componen. Véase tabla 10.  
 $Q$  caudal en  $\text{m}^3/\text{h}$  (condiciones estándar)  
 $D$  diámetro en mm  
 c) Para el cálculo de velocidad de circulación del fluido se utilizará la siguiente fórmula.

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

Donde:

- $Q$  Caudal en  $\text{m}^3/\text{h}$  (condiciones estándar)  
 $P$  Presión de cálculo en  $\text{kg/cm}^2$  absoluta  
 $D$  Diámetro interior de la tubería en mm  
 $v$  velocidad lineal en m/s

Las fórmulas de dimensionamiento utilizadas deberán tener en cuenta las características particulares del gas para el cual se realiza el diseño.

14.2.5 Definido el diámetro, material de tubería y presión de diseño, se debe especificar el espesor de pared, de manera que cumpla con las pruebas de estanqueidad y condiciones operatorias.

14.2.6 El espesor mínimo de la paredes de las tuberías de acero roscadas; o soldadas de diámetro  $< 3,9$  mm (2 pulg), debe ser conforme a la cédula 40. En la Tabla 3, se indica los espesores mínimos para tuberías de acero.

**TABLA 3 - Tubería de acero**

Diámetro nominal		Espesor mínimo de la pared (mm)
Mm	Pulgadas	
10,3	1/8	1,7
13,7	1/4	2,2
17,1	3/8	2,3
21,3	1/2	2,8
26,7	3/4	2,9
33,4	1	3,4
42,2	5/4	3,6
48,3	1 1/2	3,7
60,3	2	3,9

14.2.7 El espesor mínimo de la pared de las tuberías de polietileno se indica en la Tabla 4:

**TABLA 4 - Tubería de polietileno SDR 17,6 serie métrica**

Tamaño nominal (mm)	Espesor de la pared (mm)
32	2,3
40	2,3
63	5,8
110	6,3
160	9,1
200	11,4
250	14,2

14.2.8 El espesor mínimo de la pared de las tuberías de cobre deberá ser de 1 mm y el diámetro máximo 29 mm .

**TABLA 5 – Tubería de cobre**

Diámetro externo		Espesor de pared	
pulgadas	milímetro	pulgada	milímetro
5/8	15,9	0,040	1,02
3/4	19,1	0,042	1,07
7/8	22,3	0,045	1,14
1 1/8	29	0,050	1,27

### 14.3 Expansión de un sistema de tubería

Cuando se requiera conectar a un sistema de tuberías nuevos equipos de consumo, éste debe someterse a una reevaluación para determinar si tiene capacidad suficiente. Si la capacidad no es suficiente se debe modificar el sistema existente.

## 15. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

### 15.1 Generalidades

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

15.1.2 Las tuberías deberán ser instaladas de manera que sean fácilmente accesibles para la inspección y el mantenimiento. Asimismo, que su operación no presente dificultades ni implique riesgos, debiendo para tal fin instalarse cuando resulte necesario pasarelas, plataformas, conductos, etc. Se deberán prever elementos de unión suficientes tales como bridas, uniones dobles, otros, que permitan el cambio de los elementos y/o aparatos que componen la instalación.

15.1.3 Las tuberías deberán ser instaladas de tal manera de evitar tensiones. Los cambios de dirección en las tuberías metálicas se deberán realizar por medio de accesorios normalizados, no pudiendo en consecuencia efectuarse doblado de tuberías. En el caso de tuberías de polietileno, los cambios de dirección por medio de curvas se podrán efectuar

con un mínimo de 25 veces el diámetro nominal de la tubería, siempre en acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.

15.1.4 Las tuberías deberán contar con soportes intermedios en intervalos regulares, de acuerdo a su peso y diámetro. Véase Tabla 8.

15.1.5 No deben instalarse tuberías en las inmediaciones de cables eléctricos, tuberías de calefacción u otras instalaciones que puedan causar daños. En la Figura 1 se indica las distancias mínimas entre las tuberías que conducen gas y las tuberías de otros servicios.

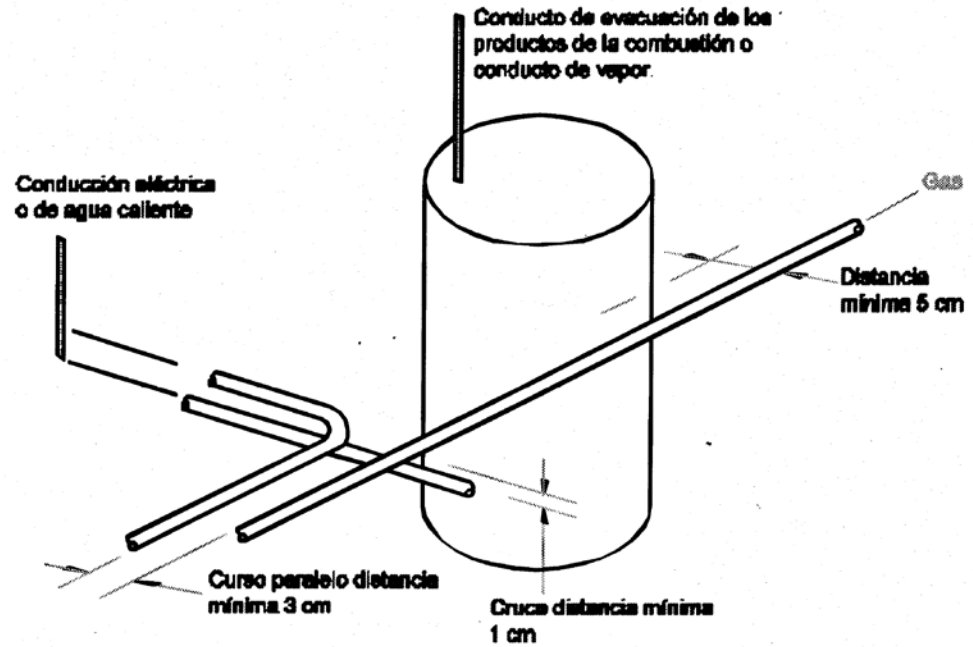
15.1.6 Está prohibido instalar tuberías de gas en el interior de otros conductos o canalizaciones utilizadas para fines distintos como, por ejemplo, las tuberías de ventilación o los conductos para la evacuación de desperdicios, pozos de ascensores, desagües, sistemas de alcantarillado, etc.

15.1.7 Las tuberías que cruzan pisos o paredes deberán contar con una camisa protectora o “pasamuro”.

15.1.8 Si las tuberías están instaladas en ductos, estos deberán tener uniones soldadas. Así mismo, deberán contar con ventilaciones inferiores y superiores, y ser accesibles para el mantenimiento y la inspección.

15.1.9 No se podrán instalar tuberías en pasadizos donde vehículos o personas puedan dañarlas, tropezando, golpeándolas o ejerciendo presión sobre ellas.

15.1.10 Se evitará en la medida de lo posible instalar tuberías en ductos no ventilados, cavidades, cielo rasos, o empotrados en paredes.



**FIGURA 1** - Tuberías que conducen gas instaladas a la vista o embebidas y tubería de otros servicios

**Tabla de distancias mínimas entre tuberías que conducen gas instaladas a la vista o embebidas y tubería de otros servicios**

Tubería de 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

## 16. TÉCNICAS PARA REALIZAR LAS UNIONES DE TUBERIAS

16.1 La siguiente Tabla 6 recomienda las técnicas que deben utilizarse para las uniones en la construcción de nuevos sistemas de tuberías.

**TABLA 6 – Técnicas para las uniones de tuberías**

Material de la tubería	Técnica de empalme		
	<b>Cobre</b>	Soldadura fuerte (temperatura de fusión > 450 °C)	
<b>Polietileno</b>	Unión de tope por termofusión o cuplas de electrofusión		
<b>Acero</b>	diámetro ≤ 5,08 cm (2 pulg)	diámetro > 5,08 cm (2 pulg)	
<b>Acero negro</b>	Junta roscada o soldada	Soldadura	Bridas
<b>Acero galvanizado</b>	Junta roscada	-----	-----

16.2 En tuberías enterradas sólo se podrán usar uniones soldadas.

16.3 Los accesorios de transición subterráneo–aéreo para tuberías enterradas de polietileno hacia tuberías aéreas de acero o cobre, pueden ser utilizados donde sean requeridos. Estos últimos deberán ser fabricados de acuerdo a estándares reconocidos y aprobados.

## 17. CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS

17.1 Los materiales que se pueden utilizar son el acero revestido, el polietileno y el cobre revestido, según la especificación de materiales anteriormente definida.

17.2 Esta NTP sólo recomienda uniones soldadas para el acero y el cobre, y uniones por fusión para el polietileno.

17.3 La instalación de las tuberías de polietileno, sus accesorios, así como la transición entre este y otros materiales debe ser conforme a CEN UNE-EN 12007-2 ó norma equivalente como la ASTM D 2774.

Se recomienda usar los siguientes SDR para las presiones de operación descritas a continuación:

**TABLA 7**

<b>Resina</b>	<b>SDR 17,6</b>	<b>SDR 11</b>
PEMD PE 80	no usar	4 Bar
PEAD PE 100	6 Bar	6 Bar

PEMD Polietileno de media densidad  
PEAD Polietileno de alta densidad

17.4 Los tres materiales acero, polietileno y cobre deben depositarse a cierta profundidad en zanjas. La zanja y el material de relleno deben estar exentos de objetos cortantes (por ejemplo piedras) a fin de evitar daños en las tuberías o el deterioro de su revestimiento. Las tuberías deben instalarse sobre un lecho de arena y la profundidad mínima de la capa de recubrimiento deberá ser de 60 cm.

17.5 Dentro de la zanja, la distancia con respecto a otras tuberías o cables debe ser, como mínimo, de 20 cm en los tramos paralelos y 10 cm en los puntos de cruce.

17.6 No deben instalarse tuberías subterráneas debajo de edificios o construcciones.

17.7 Las uniones metálicas deberán ser revestidas de manera de asegurar la continuidad del revestimiento de las tuberías. En el caso de las tuberías metálicas se recomienda aplicar la técnica de los tres componentes (capa de imprimación/cinta de butilo/cinta de PE). El método que se aplique deberá ser aprobado.

17.8 El recubrimiento de las tuberías de acero debe inspeccionarse cuidadosamente antes de instalar las mismas en las zanjas. Todo deterioro del recubrimiento debe repararse con la técnica de los tres componentes.

---

NORMATÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 111.010  
28 de 38

17.9 Antes de ingresar las tuberías en el recinto industrial, deberá efectuarse la transición de PE a acero/cobre a 1 metro de distancia del muro exterior.

17.10 Se deberán instalar carteles o una señalización adecuada para advertir la ubicación de la tubería enterrada.

17.11 Para mayores alcances de tuberías enterradas, revisar también el Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos D.S N° 042-99-EM.

## 18. CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS DE SUPERFICIE

18.1 Las estructuras en las que se fijen las tuberías deben ser sólidas. Las tuberías no deben estar sujetas a ningún tipo de tensión.

18.2 Las uniones y los accesorios mecánicos deben quedar visibles.

18.3 Las tuberías que pasen a través de un muro o un suelo, deberán hacerlo instalando una camisa o tubo plástico alrededor de las mismas. Se recomienda plásticos con buenas características mecánicas como el PVC o PE.

18.4 El contacto con productos químicos o humedad constante debe evitarse instalando las tuberías como mínimo, a 5 cm por encima del nivel del suelo o piso.

18.5 Si la tubería se instala en un conducto, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- El conducto deberá ser recto.
- Sus paredes deberán ser ignífugas.
- La ventilación se efectuará por medio de dos aberturas, la más baja deberá ser de 200 cm<sup>2</sup> y la superior de 250 cm<sup>2</sup>.

18.6 Todas las tuberías expuestas deberán pintarse de amarillo canario, a excepción de las tuberías de cobre, en la medida que queda evidente que éstas conducen gas.

18.7 La tubería de gas deberá estar conectada con la puesta a tierra de la instalación eléctrica.

18.8 No deben instalarse tuberías en pasadizos donde podrían ser objeto de golpes o daños por personas, vehículos o similar.

## 19. SOPORTES, ANCLAJES Y GANCHOS

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

19.2 El espaciamiento de los soportes en la tubería de gas no debe ser mayor que el indicado en la tabla 8.

**TABLA 8 – Soportes de tuberías**

Tamaño nominal de la tubería rígida (pulgadas)	Distancia entre soportes		Tamaño nominal de la tubería flexible (pulgadas)	Distancia entre soportes	
	m	pies		m	pies
½	1,85	6	1/2	1,25	4
¾ o 1	2,45	8	5/8 o ¾	1,85	6
1 1/4 ó mayores (horizontales)	3,0	10	7/8 o 1	2,45	8
1 1/4 ó mayores (verticales)	Una en cada nivel o piso				

19.3 Los soportes, ganchos y anclajes deben ser instalados de manera que no interfieran con la libre expansión y contracción de la tubería entre los puntos de anclaje.

Todas las partes del sistema de soporte deben ser diseñadas e instaladas de tal manera de evitar la corrosión y que no se desenganchen por el movimiento de la tubería.

19.4 Si la tubería que contiene el gas natural seco debe ser desmontada, la línea debe desconectarse de todas las fuentes de gas y ser purgada totalmente con aire, agua o un gas inerte antes de efectuar cualquier corte o soldadura.

## 20. PRUEBA DE HERMETICIDAD

20.1 Finalizada la construcción del sistema de tuberías, deberá ser probada para verificar su hermeticidad, utilizando como fluidos el aire, nitrógeno o cualquier gas inerte, en ningún caso, oxígeno o un gas combustible. El propósito es localizar y eliminar toda pérdida en la instalación. La prueba deberá efectuarse aumentando la presión gradualmente y tomando las medidas de seguridad que corresponda.

20.2 La prueba de presión de hermeticidad deberá ser de 1,5 veces la presión máxima admisible de operación (MAPO) por un lapso no menor 2 horas. En el caso de sistemas de tuberías con una MAPO de 60 mbar o menos, la presión de prueba de hermeticidad deberá ser 100 mbar como mínimo,

20.3 Se elaborará el ACTA DE HERMETICIDAD que deberán incluir como mínimo los siguientes datos:

- Identificación de la instalación comprobada, con su plano correspondiente
- Resultados de las pruebas de comprobación, que incluye presiones antes y después de las pruebas, duración, resultados
- Nombre y fecha de la empresa que efectúa la prueba
- Nombre y fecha del verificador.

## 21. PLANO CONFORME A OBRA

Tras la construcción de un sistema de tuberías internas para gas natural seco, el propietario de la instalación deberá presentar un plano detallado del mismo a la entidad competente. Dicho plano deberá archivar y estar disponible a lo largo de toda la vida útil de la instalación. Asimismo deberá incluir, por lo menos, los datos siguientes:

- Ubicación de las tuberías, con referencias claras a su posición (plano isométrico) con respecto a objetos fijos exteriores.
- Profundidad de las tuberías subterráneas
- Diámetro y material de las tuberías.
- Accesorios e instrumentos complementarios.

## 22. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO, LA EJECUCIÓN Y LA PUESTA EN MARCHA

### 22.1 Recomendaciones generales para el diseño

- Contratar una empresa instaladora de gas para el diseño de la instalación interna de gas natural seco.
- Dibujar un “lay out” general de la instalación (véase ejemplo en Figura 2 y 3).
- Especificar los materiales y métodos de unión, así como los accesorios adecuados y los equipos de consumo.
- Calcular los diámetros de las tuberías (véase ejemplo de plantilla en Tabla 9).
- Solicitar la aprobación del diseño a la entidad competente.

## 22.2 Recomendaciones generales para la ejecución

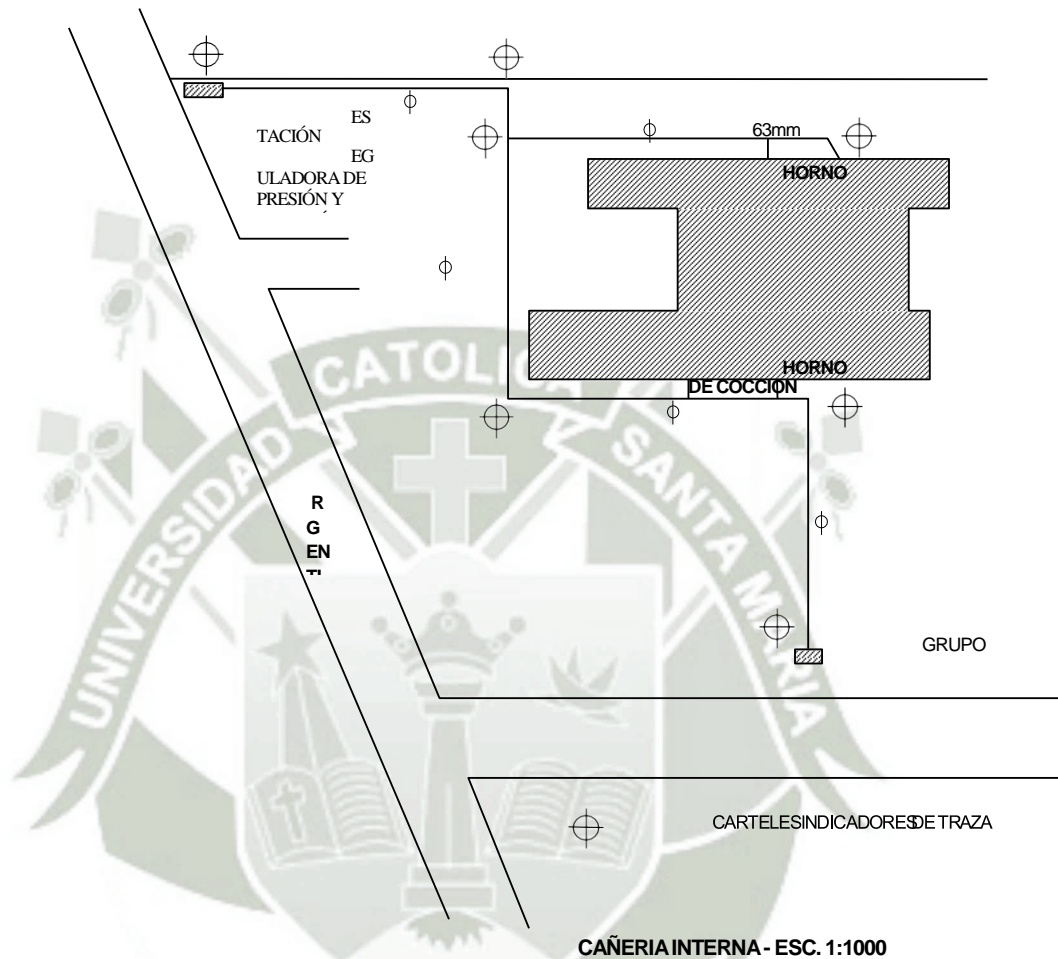
- Contratar una empresa instaladora de gas para ejecutar/instalar la instalaciones internas de gas natural seco.
- Ceñirse al plano de “lay out”.
- Usar los materiales anteriormente especificados
- Trabajar la construcción del sistema de tuberías respetando las medidas de seguridad.

## 22.3 Recomendaciones generales para la puesta en marcha de la instalación

- Realizar la prueba de presión de hermeticidad, mínimo 1,5 x MAPO.
- Solicitar la aprobación del distribuidor para la habilitación de la instalación interna.
- Habilitar el servicio en presencia del distribuidor.
- Purgar la instalación hasta alcanzar 100 % de gas natural seco en el sistema de tubería.
- Habilitar los equipos de consumo.

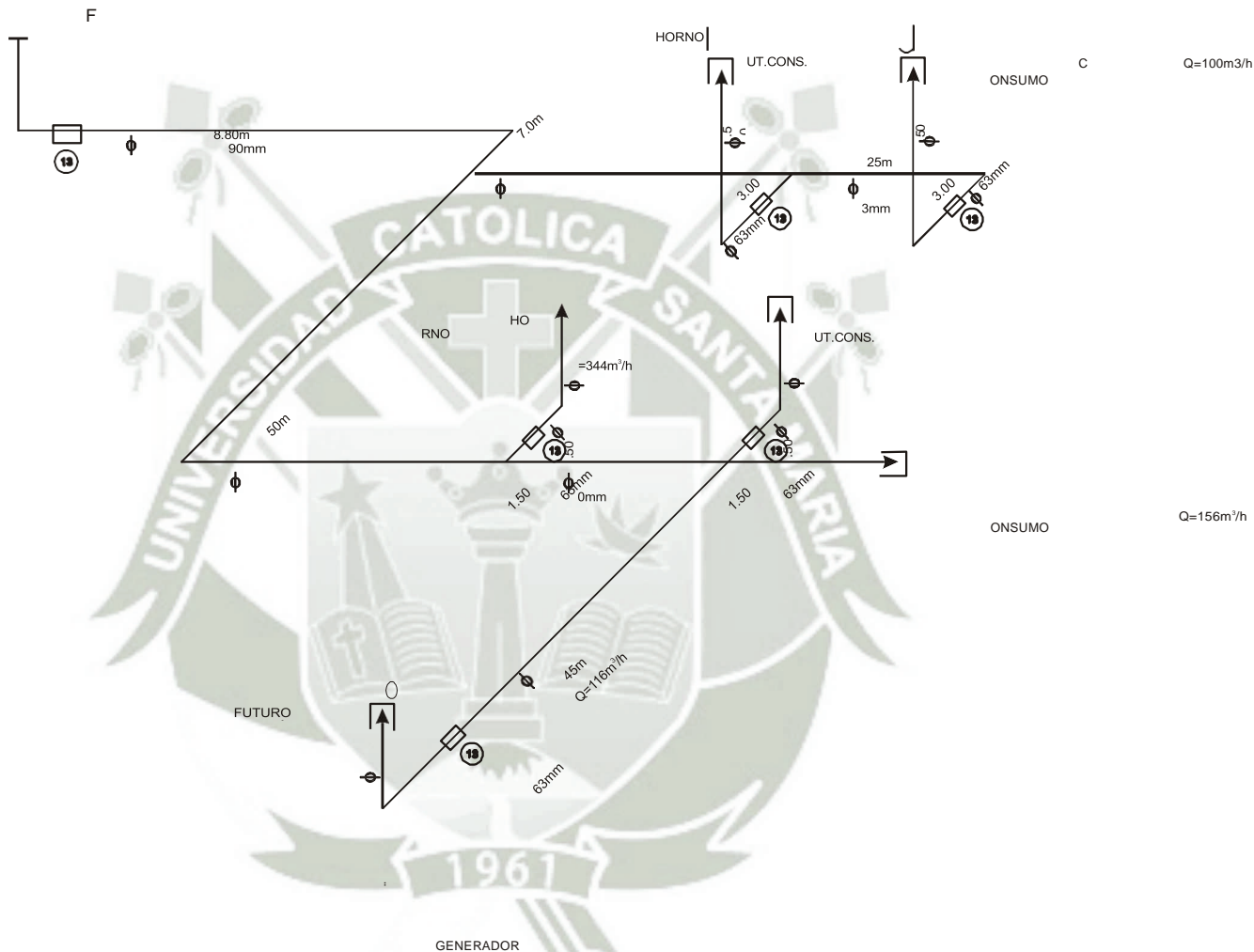
## 23. NORMA TÉCNICA DE APOYO

Mayores detalles sobre el diseño, la instalación y las pruebas de hermeticidad para el sistema de tuberías de gas natural seco, se recomienda consultar la norma técnica ANSI Z223.1 – 2002 / NFPA 54 National Fuel Gas Code - 2002.



**FIGURA 2 - Ejemplo de plano de "LAY - OUT"**

ESQUEMA PARA EL CALCULO



**FIGURA 3 - Ejemplo de plano de "LAY - OUT" isométrico**

**TABLA 9 – Ejemplo de planilla de cálculo**

PLANILLA DE CALCULO											
TRAMO	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	LONGITUD m		PRESIONES bar M		P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> bar	DIAMETRO mm		VELOC. m/seg.	OBSERVACIONES	UNION
		real	calculo	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		calculo	adaptado nominal			
F-G	1500	57,00	60,00	2,700	2,556	0,144	75	90	27,40	--	FUSION
G-H	200	35,00	35,50	2,556	2,540	0,016	50	63	8,26	--	FUSION
H-I	100	5,50	9,50	2,540	2,539	0,001	50	63 y 2"	4,13	TUBERIA P.E. Y ACERO	FUSION Y SOLDADA
H-J	100	30,50	35,00	2,540	2,536	0,004	50	63 y 2"	4,13	TUBERIA P.E. Y ACERO	FUSION Y SOLDADA
G-K	1300	115,00	118,00	2,556	2,325	0,231	75	90	25,39	--	FUSION
K-L	344	4,00	8,00	2,325	2,315	0,010	50	63 y 2"	15,17	TUBERIA P.E. Y ACERO	FUSION Y SOLDADA
K-M	956	30,00	30,00	2,325	2,290	0,035	75	90	18,87	--	FUSION
M-N	344	4,00	8,00	2,290	2,280	0,010	50	63 y 2"	15,33	TUBERIA P.E. Y ACERO	FUSION Y SOLDADA
M-O	116	47,50	48,50	2,290	2,281	0,009	50	63 y 2"	5,17	TUBERIA P.E. Y ACERO	FUSION Y SOLDADA

**TABLA 10 - Resistencia de codos, accesorios, y válvulas para gas natural expresada en longitud equivalente de tubería recta en metros\***

factor k	Accesorios roscados †		Válvulas (roscado, bridado o soldado)			Soldadura codo de 90° y codo doblado ‡		Soldadura de T	
	Codo 45°	90°	Tapón	Globo	Ángulo	Válvula Check	R/d §=1-1/2	Forjado	Soldado en Ángulo **
$n=L/D$ ratio †† =	14	30	30	333	167	83	12	45	60
Tamaño de la tubería pulgada (cedula 40)									
3/8	0,18	0,37	0,37	4,18	2,09	1,04	0,15	0,56	0,75
1/2	0,22	0,47	0,47	5,27	2,64	1,29	0,19	0,17	0,94
3/4	0,29	0,63	0,63	6,98	3,47	1,74	0,25	0,94	1,26
1	0,37	0,80	0,80	8,87	4,45	2,22	0,32	1,20	1,60
1-1/4	0,49	1,05	1,05	11,67	5,82	2,92	0,42	1,58	2,10
1-1/2	0,49	1,23	1,23	13,62	6,83	3,41	0,49	1,84	2,45
2	0,73	1,58	1,58	17,50	8,75	4,39	0,63	2,36	3,14
2-1/2	0,88	1,88	1,88	20,88	10,45	5,21	0,75	2,82	3,75
3	1,09	2,34	2,34	25,97	12,98	6,49	0,94	3,51	4,66
4	1,23	3,08	3,08	34,14	17,07	8,53	1,23	4,60	6,16
5	1,79	3,84	3,84	42,67	21,33	10,67	1,54	5,76	7,68

\* Los valores para accesorios soldados son para condiciones donde el agujero del tubo no está obstruido por rebabas de soldadura o anillos de soldadura. Si se encuentra realmente obstruida, usar valores para accesorios enroscados.

† Los accesorios embridados tienen tres cuartos (3/4) de la resistencia de los enroscados.

‡ Los valores tabulados dan la resistencia adicional solamente por la curvatura, a la cual se debe agregar la longitud real de la curvatura.

R/d§ Es la relación del radio del codo o el radio de la curva al diámetro interior de la tubería.

\*\* Accesorios pequeños del tipo enchufe-soldadura (“socket-welding”) son equivalentes a “tees” y codos tipo mitra (“mitre”).

†† stn es la resistencia en número equivalente de diámetros de tubería recta, computado de la relación  $n = k/4f$  donde el factor de fricción  $f$  se asume como 0.0075;  $n = L/D$ , donde  $L$  = longitud equivalente de tubería recta cédula 40 en metros y  $D$  es el diámetro interno de la tubería en metros.

Para tuberías que tienen otros diámetros internos, la resistencia expresada en longitud equivalente en metros, puede ser computado desde los valores de  $n$  arriba mencionados.

NOTA: Las longitudes equivalentes en metros mostrados en la Tabla 10 (métrico) han sido computadas sobre la base que el diámetro interior corresponde a la cédula 40 (standard-weight) tubería de acero, la cual es cercana para la mayoría de casos, involucrando también otras cédulas de tuberías.

Cuando se desea una solución más específica para la longitud equivalente, esta puede lograrse por la multiplicación del diámetro actual interior de la tubería en metros por  $n/12$ , o el diámetro actual (en metros) por  $n$ , obtenido desde la fila de cabecera de la tabla.

Los valores de longitud equivalente pueden ser usados con razonable exactitud para accesorios y codos de cobre o bronce.

En el caso de cobre o bronce, la longitud equivalente de la tubería debe ser tomada como un 45 % **más grande que los valores** en la Tabla, los cuales son para tuberías de acero. La resistencia por metro de la tubería de cobre o bronce es menor que la de acero.

**Ejemplo de cálculo:** Para obtener una longitud total equivalente, agregar a la longitud actual de la tubería, la longitud de tubería en metros al considerar los diferentes accesorios como se muestran en la Tabla. Así, si el problema involucra a 100 m de tubería NPS 4 teniendo tres codos estándar de 90° y dos válvulas tipo “plug”, la longitud equivalente total será

$$100 + (3 \times 3,08) + (2 \times 3,08) = 115,4 \text{ m}$$

## 24. ANTECEDENTES

- 24.1 Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos y sus modificaciones Ministerio de Energía y Minas - D.S. N° 042-99-EM.
- 24.2 NOTA TECNICA N° GD/015 – BIS – Transporte y Distribución - TRACTEBEL
- 24.3 Draft para la instalación de tuberías de gas natural para los sectores industrial, comercial y residencial. Proyecto de Asistencia para la Reglamentación del Sector Energético del Perú - PARSEP 2002.
- 24.4 Disposiciones, normas y recomendaciones para uso de gas natural en instalaciones industriales. GAS DEL ESTADO Argentina 1989.
- 24.5 Instalaciones para suministro de gas en edificaciones industriales. Norma Técnica Colombiana NTC 4282 -1997.
- 24.6 Instalaciones para el aprovechamiento de gas natural. NOM-002-SECRE-1997.

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 111.010  
98 de 38

---



© INDECOPI2014 – Todos los derechos son reservados