



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE  
JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN  
CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.**

**Edder Mauricio Archila Estrada**

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE  
JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN  
CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDDER MAURICIO ARCHILA ESTRADA**

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 14 de abril de 2010.



---

Edder Mauricio Archila Estrada



Guatemala, 19 de agosto de 2011.  
REF.EPS.DOC.1037.08.11.

Ingeniera  
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Edder Mauricio Archila Estrada**, Carné No. **200413009** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.”**.

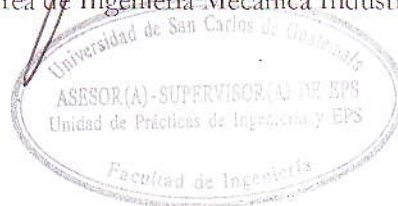
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
**Asesor-Supervisor de EPS**  
Área de Ingeniería-Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 19 de agosto de 2011.  
REF.EPS.D.716.08.11

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

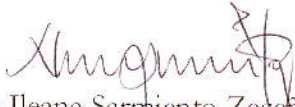
Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edder Mauricio Archila Estrada** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra

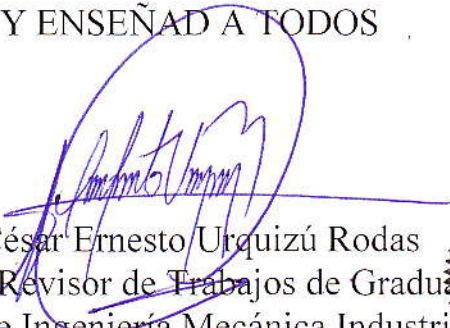




REF.REV.EMI.133.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **“REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.”**, presentado por el estudiante universitario **Edder Mauricio Archila Estrada**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Edder Mauricio Archila Estrada**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2011.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DEL REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR EN EL ÁREA DE JARABES 2 Y PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRES PARA EL LABORATORIO LANCASCO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Edder Mauricio Archila Estrada**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, noviembre de 2011

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por permitirme disfrutar este momento tan importante de mi vida, por brindarme la sabiduría, fortaleza y tenacidad.
- Mis padres** Gloria Patricia y Edgar Adrián, por darme la vida, apoyarme, animarme, amarme y enseñarme a ser cada día mejor, en especial a mi madre, porque sin tí no sería lo que soy, no tengo palabras para agradecerte tanto.
- Mis abuelos** Victor Manuel y Gloria, porque gracias a su amor, valores, cuidado, consejos, disciplina y paciencia, han sido pilares en este camino.
- Mis tíos** Margarita e Iván Estrada, Azucena y Ariel Godínez, Antonieta y Víctor Manuel Estrada, por su ejemplo, por el cariño y apoyo moral
- Mis primos** Víctor, Gabriela, Javier, Andrea (q.e.p.d.), Gloria, Juan, Paulina e Ivana, porque son como mis hermanos, sé que puedo contar con ustedes, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido, por el apoyo y amistad.

**Mis amigos y amigas**

De la universidad, de infancia, de la vida y a todas las personas que a lo largo de mi vida han estado conmigo, y han sido parte importante de ella. Les agradezco lo que me han enseñado y lo que hemos compartido.

**LANCASCO, S.A.**

Por brindarme la oportunidad de desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado, principalmente a todo el departamento de mantenimiento, a Romeo Regalado, María José Gaitán, Sergio González, Luis Quiñónez, Gladys Muralles y al Ing. Donald Rodríguez, por el apoyo que me brindaron.

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería, por permitirme alcanzar el sueño de ser ingeniero.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XVII
GLOSARIO .....	XXIII
RESUMEN .....	XXXI
OBJETIVOS .....	XXXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXXV
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES .....	01
1.1. Descripción de la empresa .....	01
1.1.1. Historia de la empresa .....	01
1.1.2. Ubicación .....	02
1.1.3. Visión y misión .....	03
1.1.4. Valores .....	03
1.1.5. Organigrama .....	04
1.1.6. Jornadas laborales .....	04
1.1.7. Productos .....	05
1.2. Marco conceptual .....	06
1.2.1. La industria farmacéutica .....	06
1.2.1.1. Historia de la industria farmacéutica .....	06
1.2.1.2. Generalidades sobre la industria farmacéutica .....	08
1.2.1.3. Definición de jarabe .....	10
1.2.1.3.1. Métodos para la preparación de jarabes .....	11
1.2.1.3.2. Historia de los jarabes .....	13

1.2.1.3.3.	Legislación aplicable .....	13
2.	FASE TÉCNICO - PROFESIONAL: REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PARA UN REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR .....	15
2.1.	Situación actual .....	15
2.1.1.	Diagnóstico de la empresa .....	15
2.1.2.	Características generales .....	17
2.1.2.1.	Industria .....	17
2.1.2.2.	Higiene y sanitización .....	18
2.1.2.3.	Materias primas .....	19
2.1.2.4.	Personal .....	20
2.1.3.	Descripción general del proceso productivo en la empresa .....	20
2.1.3.1.	Diagrama de operaciones del proceso ....	22
2.1.4.	Proceso productivo de jarabes .....	23
2.1.4.1.	Descripción general y básica del proceso ..	23
2.1.4.1.1.	Planificación y materia prima ..	23
2.1.4.1.2.	Preparado y mezclado .....	25
2.1.4.1.3.	Llenado .....	27
2.1.4.1.4.	Etiquetado y empaque .....	28
2.1.4.1.5.	Almacenamiento .....	30
2.1.4.2.	Diagrama de operaciones del proceso ....	31
2.1.5.	Proceso de preparación de jarabes en caliente .....	33
2.1.5.1.	Descripción general del proceso de preparación .....	33
2.1.5.2.	Análisis de tiempos .....	34
2.1.5.3.	Diagrama de flujo del proceso .....	35
2.1.5.4.	Materias primas .....	38

2.1.5.5.	Maquinaria y equipo .....	40
2.1.6.	Situación actual de las instalaciones .....	41
2.1.6.1.	Reactor .....	43
2.1.6.1.1.	Descripción y características .....	44
2.1.6.1.2.	Orificios de entrada y salida de la chaqueta .....	45
2.1.6.2.	Tomas .....	47
2.1.6.3.	Tuberías .....	48
2.1.6.3.1.	Características y descripción .....	48
2.1.6.3.2.	Accesorios .....	49
2.1.6.3.3.	Diagramas .....	50
2.1.6.3.3.1.	Calentamiento .....	50
2.1.6.3.3.2.	Enfriamiento .....	51
2.1.6.3.3.3.	Drenaje / condensado ..	52
2.1.7.	Funcionamiento del equipo .....	54
2.1.7.1.	Calentamiento .....	54
2.1.7.2.	Aliviamiento .....	55
2.1.7.3.	Enfriamiento .....	55
2.1.7.4.	Drenaje .....	56
2.2.	Propuesta de rediseño de la instalación de tuberías .....	56
2.2.1.	Argumentos técnicos .....	58
2.2.1.1.	Condiciones iniciales .....	59
2.2.1.1.1.	Chaqueta .....	59
2.2.1.1.2.	Vapor .....	62
2.2.1.1.3.	Agua potable .....	66
2.2.1.1.4.	Jarabe .....	67
2.2.1.2.	Transferencia de calor .....	68

2.2.1.2.1.	Coeficiente de transferencia de calor interno .....	70
2.2.1.2.2.	Coeficiente de transferencia de calor externo .....	74
2.2.1.3.	Fase de calentamiento .....	78
2.2.1.3.1.	Pérdida de calor por radiación y convección .....	79
2.2.1.3.2.	Balance de masa en la chaqueta .....	85
2.2.1.3.3.	Balance de energía en la pared .....	87
2.2.1.3.4.	Balance de energía de la reacción .....	89
2.2.1.3.5.	Tiempo de calentamiento ....	91
2.2.1.4.	Fase de enfriamiento .....	92
2.2.2.	Descripción de la propuesta .....	92
2.2.3.	Diagramas situación prevista .....	94
2.2.4.	Rediseño del ingreso de agua .....	96
2.2.4.1.	Tuberías .....	97
2.2.4.1.1.	Caudal .....	98
2.2.4.1.2.	Tipo de tuberías .....	98
2.2.4.1.3.	Dimensiones .....	99
2.2.4.2.	Señalización .....	99
2.2.4.3.	Accesorios .....	99
2.2.5.	Rediseño del ingreso de vapor .....	101
2.2.5.1.	Tuberías .....	101
2.2.5.1.1.	Tipos de tuberías .....	101
2.2.5.1.2.	Dimensiones .....	102
2.2.5.2.	Señalización .....	103

2.2.5.3.	Accesorios e instrumentos de medición ..	103
2.2.6.	Rediseño de sistema de descarga .....	105
2.2.6.1.	Descripción .....	105
2.2.6.2.	Diagramas .....	105
2.2.6.2.1.	Alivio .....	105
2.2.6.2.2.	Desagüe .....	106
2.2.6.2.3.	Drenaje .....	107
2.2.6.3.	Tuberías .....	108
2.2.6.4.	Señalización .....	109
2.2.6.5.	Accesorios .....	109
2.2.7.	Presupuesto del rediseño .....	110
2.2.8.	Enfriamiento debido al rediseño .....	111
2.2.8.1.	Enchaquetado .....	112
2.2.8.2.	Coeficiente de transferencia de calor externo .....	115
2.2.8.3.	Balance de masa en las chaquetas .....	120
2.2.8.4.	Balance de energía chaquetas .....	121
2.2.8.5.	Balance de energía de la pared .....	124
2.2.8.6.	Tiempo de enfriamiento .....	126
2.2.9.	Análisis de costos .....	126
2.2.9.1.	Situación actual .....	127
2.2.9.2.	Situación propuesta .....	128
2.2.9.3.	Comparación costos actuales y propuestos .....	129
2.2.9.4.	Análisis de rentabilidad .....	130
2.2.10.	Resultados esperados de la propuesta .....	132
2.2.11.	Mantenimiento preventivo de nuevas tuberías .....	133
2.2.12.	Uso de nuevas instalaciones .....	136
2.2.12.1.	Calentamiento .....	136



2.2.12.2.	Aliviamiento .....	138
2.2.12.3.	Enfriamiento .....	140
2.2.12.4.	Drenaje .....	142
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRE .....	145
3.1.	Antecedentes .....	145
3.1.1.	Planes de contingencia en Guatemala .....	146
3.1.1.1.	Instituciones relacionadas con el diseño de planes de contingencia .....	146
3.1.1.2.	Historia del manejo de desastres en Guatemala .....	147
3.1.1.3.	Tipos de desastres .....	148
3.1.1.3.1.	Tormentas eléctricas .....	149
3.1.1.3.2.	Erupciones volcánicas .....	149
3.1.1.3.3.	Inundaciones .....	150
3.1.1.3.4.	Sismos .....	151
3.1.1.3.5.	Deslizamientos .....	152
3.1.1.3.6.	Incendios .....	152
3.1.1.4.	Reducción de desastres .....	153
3.1.1.5.	Legislación nacional relacionada con manejo de desastres .....	154
3.1.2.	Antecedentes LANCASCO .....	154
3.1.2.1.	Ubicación .....	155
3.1.2.2.	Actividad económica .....	156
3.1.2.3.	Emergencias ocurridas los últimos años ..	156
3.1.2.4.	Desastres a los que está expuesta la empresa .....	157

3.1.2.4.1.	Debido a la ubicación geográfica .....	158
3.1.2.4.2.	Debido a la actividad de la empresa .....	158
3.1.2.4.3.	Incendios y explosiones .....	159
3.1.2.4.3.1.	Aspectos generales .....	159
3.1.2.4.3.2.	Riesgos en planta .....	160
3.1.2.4.3.3.	Materiales peligrosos .....	163
3.1.2.5.	Situación actual de prevención y respuesta .....	164
3.1.2.6.	Análisis de vulnerabilidad .....	165
3.2.	Diseño del plan de contingencia .....	169
3.2.1.	Objetivos .....	170
3.2.2.	Alcance .....	170
3.2.3.	Responsabilidades .....	171
3.2.4.	Definiciones .....	172
3.2.5.	Organización y funciones específicas del personal ..	173
3.2.6.	Procedimiento de evacuación .....	183
3.2.6.1.	Respuesta ante incendio o explosión .....	185
3.2.6.2.	Respuesta ante sismos .....	188
3.2.6.3.	Puntos de reunión .....	191
3.2.6.4.	Equipo de seguridad .....	192
3.2.7.	Rutas de evacuación y nomenclatura de símbolos y colores .....	194
3.2.7.1.	Área de bodega .....	195
3.2.7.2.	Área de producción .....	196

3.2.7.3.	Área de empaque .....	197
3.2.7.4.	Área de calidad .....	198
3.2.7.5.	Piso técnico .....	199
3.2.7.6.	Área administrativa edificio de producción .....	199
3.2.8.	Divulgación del plan de contingencia .....	200
3.2.8.1.	Procedimiento .....	200
3.2.8.2.	Material para divulgación .....	203
4.	FASE DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE .....	205
4.1.	Capacitación sobre plan de contingencia ante incendio o explosión .....	205
4.1.1.	Alcances .....	207
4.1.2.	Personal involucrado .....	208
4.1.3.	Descripción .....	208
4.1.4.	Planificación .....	208
4.1.5.	Material de apoyo .....	212
4.1.6.	Resultados .....	212
4.2.	Capacitación sobre fase de servicio técnico profesional .....	213
4.2.1.	Alcances .....	213
4.2.2.	Personal involucrado .....	214
4.2.3.	Instrucción sobre uso de equipo con rediseño .....	214
4.3.	Lectura de nuevos procedimientos de operación .....	215
4.3.1.	Alcances .....	215
4.3.2.	Personal involucrado .....	215
4.3.3.	Procedimientos leídos .....	216
4.3.4.	Breve descripción de los procedimientos leídos .....	218
	CONCLUSIONES .....	221
	RECOMENDACIONES .....	223

BIBLIOGRAFÍA .....	225
APÉNDICES .....	227
ANEXOS .....	235



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama LANCASCO, S.A. ....	04
2.	DOP fabricación LANCASCO ....	22
3.	Fotografía / esquema reactor para fabricación de jarabes .....	27
4.	Llenadora - taponadora .....	28
5.	Estuchadora .....	29
6.	Etiquetadora .....	30
7.	DOP fabricación jarabes .....	32
8.	DFP jarabes con calor .....	36
9.	Columna elevadora y giratoria para tambos .....	40
10.	Planta área de preparación .....	42
11.	Vista frontal área de preparación .....	43
12.	Dimensiones y configuración reactor .....	44
13.	Orificios reactor .....	46
14.	Tomas .....	47
15.	Estado actual de las tuberías .....	49
16.	Simbología para diagramas de tuberías .....	50
17.	Diagrama calentamiento actual .....	51
18.	Diagrama enfriamiento actual .....	52
19.	Diagrama drenaje/condensado/alivio actual .....	53
20.	Problemas y efectos en la fabricación de jarabes .....	59
21.	Dimensiones y materiales chaqueta .....	60
22.	Transferencia de calor de la chaqueta al exterior .....	69
23.	Transferencia de calor de la chaqueta al jarabe .....	69

24.	Ecuación pérdida de calor .....	79
25.	Radios pérdida de calor .....	80
26.	Ecuación balance de energía en la pared .....	87
27.	Esquema planta instalación de vapor propuesta .....	95
28.	Esquema planta instalación de agua propuesta .....	95
29.	Esquema planta instalación de drenajes propuesta .....	96
30.	Simbología para diagramas de tuberías rediseñadas .....	96
31.	Diagrama propuesto tubería de agua .....	97
32.	Accesorios rediseño tubería de agua .....	100
33.	Diagrama propuesto tubería de vapor .....	101
34.	Manómetro con sifón y válvula .....	103
35.	Accesorios rediseño tubería de vapor .....	104
36.	Diagrama propuesto tubería de alivio .....	106
37.	Diagrama propuesto tubería de desagüe .....	107
38.	Diagrama propuesto tubería de drenaje .....	107
39.	Accesorios rediseño tubería de descarga .....	110
40.	Chaquetas .....	112
41.	Dimensiones chaqueta 2 .....	114
42.	Instructivo estándar de operación para mantenimiento preventivo de nuevas tuberías .....	133
43.	Hoja de control de mantenimiento preventivo de nuevas tuberías ..	135
44.	Instructivo estándar de operación para calentamiento con nuevas tuberías .....	136
45.	Instructivo estándar de operación para aliviamiento con nuevas tuberías .....	138
46.	Instructivo estándar de operación para enfriamiento con nuevas tuberías .....	140
47.	Instructivo estándar de operación para drenaje con nuevas tuberías .....	142

48.	Ubicación LANCASCO .....	155
49.	Accidente aéreo .....	157
50.	Diagrama organizacional propuesto para la prevención y atención de emergencias .....	175
51.	Funciones equipo coordinador del plan de emergencia .....	176
52.	Funciones encargado de relaciones públicas .....	177
53.	Funciones jefe de brigada .....	179
54.	Funciones brigada contra incendios .....	180
55.	Funciones brigada de evacuación .....	181
56.	Funciones brigada de primeros auxilios .....	182
57.	Procedimiento de evacuación .....	183
58.	Procedimiento de respuesta ante incendio o explosión .....	185
59.	Procedimiento de respuesta ante sismos .....	188
60.	Señales de evacuación .....	194
61.	Ruta de evacuación - bodega 2o nivel .....	195
62.	Ruta de evacuación - bodega 1er nivel .....	196
63.	Ruta de evacuación – producción .....	196
64.	Ruta de evacuación - empaque 2o nivel .....	197
65.	Ruta de evacuación - empaque 1er nivel .....	197
66.	Ruta de evacuación - calidad 2o nivel .....	198
67.	Ruta de evacuación - calidad 1er nivel .....	198
68.	Ruta de evacuación – piso técnico .....	199
69.	Ruta de evacuación – administrativo .....	199
70.	Procedimiento para la divulgación del plan de contingencia .....	200

## TABLAS

I.	<i>Top 10- Empresas farmacéuticas en el mercado centroamericano...</i>	10
II.	Matriz FODA general LANCASCO, S.A. ....	16



III.	Análisis de tiempos de las actividades .....	34
IV.	Dimensiones del área de preparación .....	42
V.	Elementos calentamiento actual .....	51
VI.	Elementos enfriamiento actual .....	52
VII.	Elementos drenaje/condensado/alivio actuales .....	53
VIII.	Datos en display de la caldera .....	63
IX.	Datos del vapor a la salida de la caldera .....	63
X.	Presiones, agua saturada – 492.11 KPa .....	64
XI.	Presiones, agua saturada – 480.54 KPa (A) .....	66
XII.	Presiones, agua saturada – 480.54 KPa (B) .....	66
XIII.	Datos para determinar el flujo de alimentación de agua .....	67
XIV.	Coeficientes para número de Reynolds según agitador .....	73
XV.	Datos técnicos electroválvulas para agua .....	100
XVI.	Datos técnicos principales accesorios red de vapor .....	104
XVII.	Datos técnicos accesorios red de descarga .....	110
XVIII.	Presupuesto del rediseño .....	111
XIX.	Costo calentamiento actual .....	127
XX.	Costo enfriamiento actual .....	127
XXI.	Costo calentamiento propuesta .....	128
XXII.	Costo enfriamiento propuesta .....	129
XXIII.	Comparación de costos .....	130
XXIV.	Exposición a riesgos naturales debido a la ubicación .....	158
XXV.	Exposición a riesgos de diversos tipos .....	159
XXVI.	Análisis de vulnerabilidad por incendio, explosión o sismo .....	165
XXVII.	Nivel de vulnerabilidad .....	169
XXVIII.	Especificaciones herramientas de seguridad .....	193
XXIX.	Personal a capacitar por departamento sobre el plan de contingencia .....	206

XXX.	Personal a capacitar según esquema organizacional propuesto para la prevención y atención de emergencias .....	207
XXXI.	Horarios para lectura de procedimientos .....	216
XXXII.	Programación de capacitación de nuevos procedimientos .....	217



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción
<b>h</b>	Altura de la camisa
<b>h<sub>2</sub></b>	Altura hasta el cuello del reactor
<b>h<sub>1</sub></b>	Altura total del reactor
<b>X<sub>FV</sub></b>	Ancho recubrimiento aislante de fibra de vidrio
<b>A<sub>O</sub></b>	Área externa de transferencia de calor
<b>A<sub>OJ1</sub></b>	Área externa de transferencia de calor para la chaqueta 1
<b>A<sub>OJ2</sub></b>	Área externa de transferencia de calor para la chaqueta 2
<b>A<sub>i</sub></b>	Área interna de transferencia de calor
<b>A<sub>iJ1</sub></b>	Área interna de transferencia de calor para la chaqueta 1
<b>A<sub>iJ2</sub></b>	Área interna de transferencia de calor para la chaqueta 2
<b>BTU</b>	<i>British Thermal Units</i>
<b>C<sub>J</sub></b>	Calor específico agua de la chaqueta
<b>C<sub>p</sub></b>	Calor específico miel
<b>CM</b>	Calor específico pared
<b>Cal</b>	Caloría
<b>ΔT<sub>i</sub></b>	Cambio de la temperatura inicial en la pared interna
<b>ΔT<sub>J</sub></b>	Cambio de temperatura dentro de la chaqueta
<b>ΔT<sub>R</sub></b>	Cambio de temperatura en la reacción
<b>ΔT<sub>M</sub></b>	Cambio de temperatura pared
<b>cm</b>	Centímetro
<b>cP</b>	Centipoise
<b>μ<sub>cv</sub></b>	Coefficiente de condensación del vapor

$\lambda_{FL}$	Coeficiente de conductividad térmica del fluido de la camisa
$\lambda_r$	Coeficiente de conductividad térmica del medio reaccionante
$\beta$	Coeficiente de expansión volumétrica (del vapor)
$\mu_{ow}$	Coeficiente de transferencia de calor externo para agua
$\mu_{os}$	Coeficiente de transferencia de calor externo para vapor
$\mu_i$	Coeficiente de transferencia de calor interno
$\mu_3$	Coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación
$k_{NX}$	Conductividad térmica acero inoxidable
$k_{FV}$	Conductividad térmica fibra de vidrio
$\rho$	Densidad de la masa reaccionante (miel)
$\rho_M$	Densidad de la pared de acero inoxidable
$\rho_J$	Densidad del fluido en la camisa
$\rho_s$	Densidad del vapor
$\rho_{si}$	Densidad del vapor a la entrada de la chaqueta
$D_1$	Diámetro base del reactor
$D_{agi}$	Diámetro de la hélice del reactor
$D_{eq}$	Diámetro equivalente
$D_o$	Diámetro pared que limita chaqueta y reactor, parte externa
$D_i$	Diámetro pared que limita chaqueta y reactor, parte interna
$D_2$	Diámetro parte superior del reactor
$H_s$	Entalpía de entrada del vapor
$h_c$	Entalpía de salida del vapor
$X_{CH}$	Espesor chaqueta
$F_{w1}$	Flujo de alimentación de agua chaqueta 1
$F_{w2}$	Flujo de alimentación de agua chaqueta 2
$F_{wo}$	Flujo volumétrico de alimentación de agua fría
$F_s$	Flujo volumétrico de vapor de agua

<b>gal</b>	Galones
<b>Vs</b>	Gasto volumétrico
<b>°C</b>	Grado Celsius
<b>°F</b>	Grado Fahrenheit
<b>K</b>	Grado kelvin
<b>g</b>	Gravedad
<b>X<sub>NX</sub></b>	Grosor paredes de acero inoxidable
<b>Hz</b>	Hertz
<b>hr</b>	Hora
<b>kCal</b>	Kilocaloría
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kJ</b>	<i>KiloJoule</i>
<b>kPa</b>	Kilopascal
<b>kW</b>	<i>Kilowatt</i>
<b>kWh</b>	<i>Kilowatt-hora</i>
<b>Psi</b>	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
<b>L</b>	Litro
<b>Lo</b>	Longitud (alto de la pared de la camisa)
<b>M</b>	Masa jarabe
<b>m</b>	Metro
<b>μS cm<sup>-1</sup></b>	Micro Siemens por centímetro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minuto
<b>Gr</b>	Número de Grashof
<b>Nu</b>	Número de Nusselt
<b>Pr</b>	Número de Prandtl
<b>Re</b>	Número de Reynolds
<b>pp</b>	Partículas por millón
<b>Q<sub>RC</sub></b>	Pérdida de calor por radiación y convección

<b>Q<sub>RCT</sub></b>	Pérdida total de calor por radiación y convección
<b>ft</b>	Pie
<b>Pabs</b>	Presión absoluta
<b>Patm</b>	Presión atmosférica
<b>Pman</b>	Presión manométrica
<b>Q.</b>	Quetzales
<b>r<sub>n</sub></b>	Radio
<b>r<sub>DR</sub></b>	Radio drenaje de la reacción
<b>rev</b>	Revolución
<b>ω</b>	Revoluciones por minuto del agitador del reactor
<b>s</b>	Segundo
<b>Tw</b>	Temperatura agua
<b>T<sub>3</sub></b>	Temperatura de la pared externa del reactor, colindante con el ambiente
<b>T<sub>M</sub></b>	Temperatura de la pared interna
<b>Tb</b>	Temperatura del ambiente (externa al reactor)
<b>T<sub>JO</sub></b>	Temperatura del flujo de alimentación de agua
<b>T<sub>J</sub></b>	Temperatura dentro de la chaqueta
<b>T<sub>R2</sub></b>	Temperatura final de la reacción (jarabe)
<b>Ti</b>	Temperatura inicial en la chaqueta
<b>Ts</b>	Temperatura vapor
<b>t<sub>BEC</sub></b>	Tiempo balance de energía
<b>t<sub>BEP</sub></b>	Tiempo balance de energía pared
<b>t<sub>BER</sub></b>	Tiempo balance de energía reacción
<b>t<sub>BELL2</sub></b>	Tiempo de balance de energía llenado de agua
<b>t<sub>BMC</sub></b>	Tiempo de balance de masa en la chaqueta
<b>t cal</b>	Tiempo de calentamiento
<b>t<sub>ENF</sub></b>	Tiempo de enfriamiento
<b>Bar</b>	Unidad de presión

<b>UFC/ml</b>	Unidades formadoras de colonia por mililitro
<b>Wc</b>	Velocidad de condensación del flujo másico de vapor
<b><math>\eta_{FL}</math></b>	Viscosidad dinámica del fluido de la camisa
<b><math>\eta_p</math></b>	Viscosidad dinámica del medio reaccionante, miel, a la temperatura final
<b><math>\eta_r</math></b>	Viscosidad dinámica del medio reaccionante, miel, a temperatura ambiente
<b>V<sub>J</sub></b>	Volumen chaqueta
<b>V<sub>J1</sub></b>	Volumen chaqueta 1
<b>V<sub>J2</sub></b>	Volumen chaqueta 2
<b>V<sub>M1</sub></b>	Volumen de pared para la chaqueta 1
<b>V<sub>M2</sub></b>	Volumen de pared para la chaqueta 2
<b>V</b>	Volumen jarabe
<b>V<sub>M</sub></b>	Volumen pared
<b>W</b>	<i>Watt</i>





## **GLOSARIO**

### **Agua desionizada**

Agua a la cual se le han quitado los cationes, como los de sodio, calcio, hierro, cobre y otros, y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, mediante un proceso de intercambio iónico.

### **Alerta**

Situación declarada con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un suceso o accidente.

### **Aliviamiento**

Denominado también alivio, es el procedimiento que consiste en liberar fluido para evitar que la presión interna del recipiente en que se encuentra supere un umbral establecido. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.

### **Asepsia**

Ausencia de materia séptica, estado libre de infección.

**Balance de materia y energía** Los principios de conservación de masa y energía establecen que ni la una ni la otra pueden ser creadas o destruidas, pero si pueden ser modificadas en sus formas.

Estos principios constituyen la base para la formulación de modelos matemáticos que representen un proceso que desea reproducirse.

**Batch** También denominado lote, es una cantidad específica de cualquier materia prima o insumo, que haya sido elaborada en un ciclo de producción, bajo condiciones equivalentes de operación y durante un período determinado.

**Calor** Energía relacionada con el movimiento de átomos y moléculas de la materia.

**Calor específico** Cantidad de calor que se le debe entregar a un gramo de una sustancia en particular, para que ésta eleve su temperatura a un grado Celsius.

**Cédula de tubos** Relación de espesor contra diámetro interior de un tubo.

<b>Chaqueta o enchaquetado</b>	Aislamiento térmico que permite una transferencia de calor eficiente.
<b>Coefficiente de expansión volumétrica</b>	Valor propio de un líquido o gas, relacionado con la dilatación volumétrica que se observa como un cambio de volumen, relacionado con un cambio de temperatura.
<b>Conductividad térmica</b>	Propiedad física de los materiales que mide su capacidad de conducción de calor.
<b>Datos de prueba</b>	Datos producidos para establecer la seguridad y eficacia de un principio activo.
<b>Densidad</b>	Magnitud que determina la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.
<b>Efecto farmacológico</b>	Manifestación que puede visualizarse luego de la acción de un fármaco.
<b>Electroválvulas</b>	Válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina selenoidal.
<b>Farmacopea</b>	Libros recopilatorios de recetas de productos con propiedades medicinales, en los que se incluyen ingredientes y modo de preparación.

**Golpe de ariete**

Modificación de la presión en una conducción debida a la variación del estado dinámico del líquido. Sus efectos van, desde constituir una molestia para quienes trabajan en la instalación, hasta producir daños serios. La clave para la supresión de los golpes de ariete se encuentra en impedir que el condensado se acumule en las tuberías.

**Humedad relativa**

Medida del contenido de humedad del aire. Sus valores dependen fuertemente de la temperatura del momento.

**pH**

Medida de la acidez o alcalinidad de una solución.

**Producción intermitente**

Se caracteriza por la producción por lotes a intervalos intermitentes. Se organizan en centros de trabajo en los que se agrupan las máquinas similares. Un producto fluirá hacia los departamentos o centros que necesite y no utilizará otros. El producir no tiene un flujo regular y no necesariamente utiliza todos los departamentos. La carga de trabajo en cada departamento es variable.

<b>Producción por procesos</b>	También denominada producción en serie, en estos procesos hay una transición entre las operaciones y están diferenciadas por requerir la aplicación de maquinaria o mano de obra distinta para cada operación.
<b>Reacción (química)</b>	Proceso químico en el cual dos o más sustancias (llamadas reactantes), por efecto de un factor energético se transforman en otras sustancias llamadas productos. Esas sustancias pueden ser elementos o compuestos.
<b>Recursos para emergencias</b>	Elementos naturales o técnicos cuya función habitual no está asociada a las tareas de autoprotección y cuya disponibilidad hace posible o mejora las labores de prevención y actuación ante emergencias.
<b>Riesgo</b>	Grado de pérdida o daño esperado sobre las personas y los bienes y su consiguiente alteración de la actividad socioeconómica, debido a la ocurrencia de un efecto dañino específico.
<b>Rosca NPS</b>	Rosca normalizada americana cilíndrica para tubos.

**Simulacro**

Ensayo acerca de cómo se debe actuar en caso de emergencia, siguiendo un plan previamente establecido, basado en procedimientos de seguridad y protección.

**Sobrepresión**

Fenómeno originado cuando la presión aumenta a rangos mayores a lo normal o permisible por un sistema.

**Trampa de vapor**

Las trampas o purgadores de vapor son un tipo de válvula autónoma, que automáticamente descarga condensado de equipos, tubería, etc.

**Transferencia de calor**

Proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción.

**Válvula de bola**

Mecanismo utilizado para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada. Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación con la entrada y la salida de la válvula.

### **Válvula de cheque**

Las válvulas antirretorno, también llamadas válvulas de retención, uniflujo o *check*, tienen por objetivo cerrar por completo el paso del fluido en circulación en un sentido y dejarlo libre en el contrario.

### **Viscosidad dinámica**

También llamada viscosidad absoluta. Es la fuerza tangencial por unidad de área, de los planos paralelos por una unidad de distancia, cuando el espacio que los separa está lleno con un fluido y uno de los planos se traslada con velocidad unidad en su propio plano con respecto al otro, también denominado viscosidad dinámica; coeficiente de viscosidad.

La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo (Pa.s)





## RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la empresa farmacéutica LANCASCO, S.A; el cual se divide en tres fases que buscan una mejora en el proceso de fabricación de jarabes con calor, obtener un plan de contingencias ante cualquiera de los desastres de mayor probabilidad de ocurrencia y capacitar al personal involucrado.

El reactor químico es el recipiente dentro del cual se preparan jarabes. Éste está constituido por un recipiente cerrado y un enchaquetado que cuenta con tuberías de entrada y salida de fluidos para su calentamiento y enfriamiento. El deterioro, mal dimensionamiento y mala distribución del sistema de suministro y drenaje de fluidos del reactor, genera ineficiencia del equipo, problemas de enfriamiento para jarabes fabricados con calor, daño en manómetros e instalaciones incómodas para el operario.

Se recopiló y analizó información para determinar los tiempos de los procesos de calentamiento y enfriamiento actual de un lote estándar de jarabe. Seguidamente se realizó el nuevo diseño de la red de desagüe/alivio y las tuberías de ingreso de vapor y agua al enchaquetado. También se contempló la colocación de instrumentos y accesorios que permitan un mayor control sobre el funcionamiento. Luego se determinó los nuevos tiempos estimados para la realización de los procesos antes mencionados, cuyos datos permitieron efectuar análisis de la rentabilidad y costos del proyecto.

La mejora se verá reflejada en la disminución de costos, aumento del tiempo disponible para área, equipo y operario; y por ende, incremento del margen de utilidad en la producción de jarabes. A la vez, el operario conocerá con certeza el funcionamiento del equipo y los accesorios.

En lo relativo al plan de contingencias, se realizó un análisis de riesgos y se determinó a qué desastres está expuesta la empresa, de acuerdo a su ubicación geográfica y actividad, lo que condujo a establecer y proponer acciones para minimizar los efectos en caso de producirse dichas emergencias. También se diseñó una ruta de evacuación recomendada para cada área del edificio de producción.

Asimismo se programaron charlas, exposiciones y capacitaciones, a la vez que se elaboró material para la difusión de temas de interés.

# OBJETIVOS

## General

Modificar el diseño actual de las tuberías utilizadas en los procesos de calentamiento y enfriamiento de la chaqueta de un reactor destinado a la fabricación de jarabes con calor.

## Específicos

1. Establecer los beneficios del rediseño de las tuberías de vapor, desde el punto de vista cualitativo para el proceso de calentamiento de un *batch* estándar de jarabe.
2. Determinar el ahorro de tiempo, luego del rediseño, en el proceso de enfriamiento de jarabes fabricados con calor.
3. Disminuir costos por medio del diseño de un sistema más eficiente y sencillo de operación en el proceso de fabricación de jarabes con calor.
4. Definir el tiempo necesario para recuperar la inversión del rediseño de redes de tuberías propuesto.
5. Conocer los desastres a los que está expuesta la empresa, para la prevención y respuesta de los mismos.



## INTRODUCCIÓN

La industria farmacéutica de hoy es un sector fundamental en las sociedades, dedicado a la fabricación y preparación de productos químicos medicinales para la prevención o tratamiento de las enfermedades.

El mercado farmacéutico de Centro América, hace pocos años lo conformaban alrededor de 400 laboratorios centroamericanos y extranjeros. Recientemente se ha consolidado la legislación de patentes farmacéuticas en la región, presentando un reto importante a la industria local que antes, libre de competencia, podía comercializar fácilmente cualquier producto. Igualmente las regulaciones sobre estándares de calidad se han vuelto más estrictas, exigiendo a las empresas involucradas fuertes inversiones en infraestructura y procesos.

Actualmente, las empresas guatemaltecas deben buscar innovaciones en sus productos, materiales y métodos efectivos que contribuyan a mejorar el proceso de fabricación, para proporcionar al consumidor un artículo de calidad a buen precio y con entrega a tiempo.

La demanda de medicinas y productos naturales se incrementa drásticamente, debido al crecimiento poblacional y al aumento de los estándares de vida alrededor del mundo. Por ello la importancia de hacer más productivos los procesos de fabricación en este sector.



# **1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

## **1.1. Descripción de la empresa**

LANCASCO, S.A. es una farmacéutica dedicada a la manufactura de medicamentos de alta calidad. Es por ello que desde el 2007 se encuentra dentro de las primeras 50 marcas sobresalientes y sólidas de Guatemala. Actualmente es una corporación integrada por LANCASCO (laboratorio farmacéutico), Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua; y SCENTIA (empresa dedicada a la venta de productos por catálogo) Guatemala y Panamá.

### **1.1.1. Historia de la empresa**

LANCASCO surgió hace más de 80 años como anexo de la Droguería Lanquetin, fue la primera industria químico farmacéutica que se fundó en el país. En 1935 se independizó adoptando su nombre actual, el que se derivó de las primeras sílabas de Lanquetin, Castaing y Compañía y, creció fiel a una tradición de calidad, innovación y buen servicio en beneficio de una sociedad que anhela una mejor calidad de vida a través de la salud.

El laboratorio continuó su desarrollo en el mismo local donde se fundó, hasta que en 1946 realizó su primer traslado a un local propio. Posteriormente y siempre en la búsqueda de más amplitud y mayores oportunidades de crecimiento, en 1962 compró el terreno en el que se ubican actualmente parte de sus instalaciones, en la zona 18 de la ciudad capital.



El crecimiento fue tal, que en 1992 se construyó una planta de producción más grande para satisfacer las necesidades crecientes del mercado. En el 2000, LANCASCO fundó Scentia, empresa dedicada a la venta de productos por catálogo.

En el 2007 fue inaugurada la nueva planta farmacéutica de LANCASCO dentro de un complejo de instalaciones de 38 000 metros cuadrados. Con esta nueva planta que anteriormente pertenecía a una farmacéutica multinacional que dejó de producir en Guatemala, LANCASCO contó con una planta de mayor capacidad, con equipos de alta tecnología y mejoró sus estándares, esto se tradujo en la ampliación de su capacidad de producción, diversificación de productos y aseguramiento de estar un paso adelante en el cumplimiento de las normas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

LANCASCO fue el primer laboratorio farmacéutico en fabricar productos inyectables en el país. Actualmente se dedica a la fabricación de tabletas, cápsulas, grageas, jarabes, soluciones, cremas, ungüentos y ampollas bebibles. También se ha convertido en la corporación manufacturera de laboratorios transnacionales de prestigio, gracias a la capacidad de producción que ha adquirido, brinda al mercado nacional e internacional variedad de productos medicinales, creciendo día a día.

### **1.1.2. Ubicación**

La planta LANCASCO se encuentra ubicada en el Km. 15.5 Calzada Roosevelt, zona 7 de Mixco, Guatemala. Al final de dicha calzada, en dirección de la Capital hacia Antigua Guatemala, adelante del Centro Comercial Molino, antes del paso a desnivel hacia Belén, Mixco, frente a Infasa (ver figura 48).

### **1.1.3. Visión y misión**

Visión: “Ser una corporación modelo que proporcione bienestar a la comunidad en los mercados que nos brinden oportunidad de desarrollo, con rentabilidad y permanencia, con ética, honradez y respeto.”

Misión: “Para lograrlo, seremos líderes en la detección temprana de tecnologías y oportunidades de mercadeo en los campos de la salud y cuidado personal y en la habilidad de evaluarlas y transformarlas de inmediato en productos y servicios de óptima calidad.”

Slogan: “Vivir con salud.”

### **1.1.4. Valores**

Los valores corporativos más importantes son:

- Ética: realizar actos justos y correctos, guiados por la conciencia
- Honradez: obrar de forma recta, íntegra, cabal y confiable
- Respeto: reconocer en los demás sus derechos y virtudes

Todos en la corporación LANCASCO fundamentan sus acciones en las siguientes premisas:

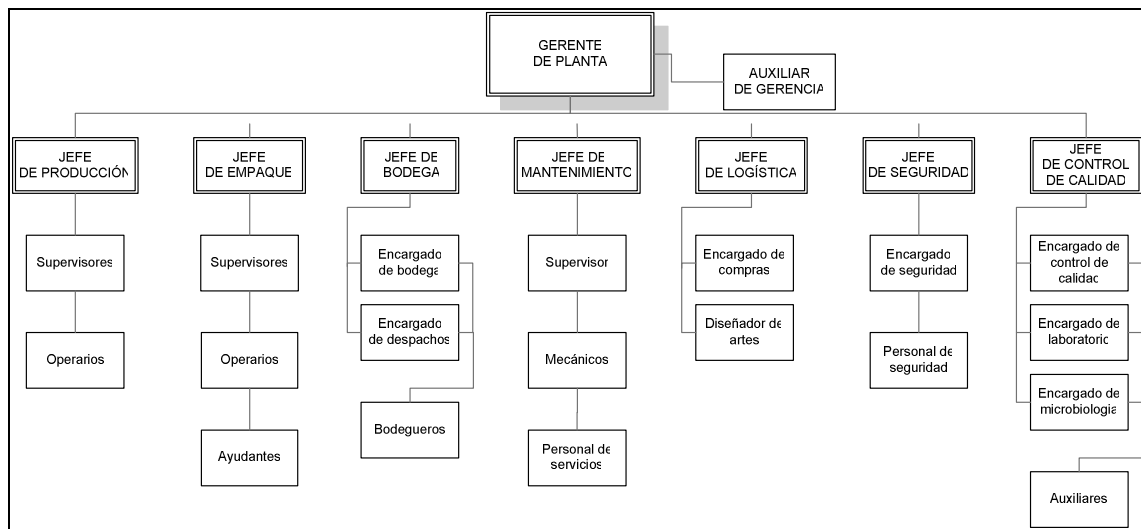
- La ética nunca se verá comprometida
- El respeto mutuo es la base de todas las relaciones
- El cliente es la razón de ser
- El trabajo en equipo hace más productivos los esfuerzos
- El mejoramiento y aprendizaje continuos son esenciales para el desarrollo

- La rentabilidad es la base para el crecimiento

### 1.1.5. Organigrama

La representación gráfica de la estructura organizacional de la planta de producción de medicamentos es la siguiente:

Figura 1. **Organigrama LANCASCO, S.A.**



Fuente: LANCASCO, S.A.

### 1.1.6. Jornadas laborales

Incluyendo empleados administrativos, la planta cuenta con aproximadamente 200 personas que laboran en jornada diurna, para completar individualmente 44 horas de trabajo semanales. Las horas laboradas fuera de las 44 horas semanales establecidas, son consideradas como horas extras, exceptuando al personal de confianza.

### **1.1.7. Productos**

El laboratorio farmacéutico LANCASCO se dedica a la fabricación, distribución, importación y exportación de productos farmacéuticos de la más alta calidad y reconocido prestigio.

Ofrece una amplia gama de productos divididos en tres grandes ramas:

- Productos de prescripción médica
- Productos de venta libre
- Vitaminas, genéricos, productos naturales y suplementos alimenticios

Algunos productos que se pueden mencionar de LANCASCO, son gastrointestinales, tranquilizantes, expectorantes, antihistamínicos, reconstituyentes, entre otros tantos medicamentos, los cuales se fabrican en presentaciones de tabletas, cápsulas, grageas, jarabes, soluciones, cremas, ungüentos y ampollas bebibles. También se manufacturan medicamentos a reconocidos laboratorios transnacionales.

La manufactura de sólidos como tabletas, cápsulas y granulados, junto a la cadena de productos líquidos, como jarabes, suspensiones y soluciones, son los productos líderes de la empresa, éstos presentan una demanda tanto en el mercado nacional como centroamericano.

Garantiza la calidad de sus productos a través de materias primas escogidas y evaluadas cuidadosamente, análisis del producto durante el proceso y antes de ser liberado para su empaque, y conservando el producto terminado en condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

## **1.2. Marco conceptual**

### **1.2.1. La industria farmacéutica**

La industria farmacéutica es un importante elemento de los sistemas de asistencia sanitaria de todo el mundo; está constituida por numerosas organizaciones públicas y privadas dedicadas al descubrimiento, desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos para la salud humana y animal. Su fundamento es la investigación y desarrollo de medicamentos para prevenir o tratar las diversas enfermedades y alteraciones.

#### **1.2.1.1. Historia de la industria farmacéutica**

Dentro de la cultura maya sabían y conocían las cualidades y virtudes de las hierbas, conocían las que eran de provecho y las que eran dañinas y mortíferas. Existía un hechicero y curandero, con un rango especial, denominado AH MEN (el que sabe), al cual podemos identificar como el incipiente médico farmacéutico de los mayas.

En la época colonial la farmacia prehispánica fue sustituida por los conocimientos traídos de Europa; sin embargo, asimila e incorpora conceptos e ideas tradicionales.

A principios del siglo XIX, los boticarios y químicos fabricaban variedad de preparados con partes secas de diversas plantas, productos químicos sencillos y minerales; sustancias, como extractos, tinturas, mezclas, lociones, pomadas o píldoras.

Algunos profesionales confeccionaban mayor cantidad de preparados de la que necesitaban para su propio uso y los vendían a granel a sus colegas.

Un salto adelante gigantesco fue el descubrimiento de los ácidos orgánicos de las plantas, aislados por Scheele, y el primer alcaloide fue la morfina, descubierta por Sertürner. De allí en adelante se aislaron numerosos alcaloides que eran en realidad los verdaderos principios activos de las plantas medicinales. A finales del siglo XIX ya se usaban en terapéutica más de doscientos de estos compuestos.

Una de las primeras empresas que extrajo alcaloides puros en cantidades comerciales fue la Farmacia T.H. Smith Limitada en Edimburgo, Escocia. Los detalles de las pruebas químicas fueron difundidos en las farmacopeas, lo que obligó a los fabricantes a establecer sus propios laboratorios.

La revolución del medicamento pertenece indudablemente al siglo XX. El historiador Laín Entralgo propone la comparación entre La terapéutica en veinte medicamentos (libro escrito por Huchard en 1910), y cualquier texto de farmacología moderno. Todo es nuevo allí: los antiinfecciosos, los psicofármacos, las vitaminas, las hormonas, los agonistas y antagonistas del sistema neurovegetativo, los bloqueadores e inductores enzimáticos, los antimitóticos, los antiinflamatorios, los antihistamínicos.

Fleming, un cirujano inglés por formación y bacteriólogo de ocasión, descubrió por casualidad la penicilina. La carrera de los ingleses y de los americanos por lograr la producción masiva de este maravilloso antibiótico, que resultaba estratégico para ganar la guerra, fue una verdadera y exitosa epopeya, para muchos el comienzo de la gran industria farmacéutica.

La industria farmacéutica de nuestros días es un sector fundamental dedicado a la fabricación y preparación de productos químicos medicinales. La mayor parte de las empresas farmacéuticas tienen carácter internacional y poseen filiales en muchos países.

El sector, tecnológicamente muy avanzado, da empleo a muchos profesionales; estos profesionales trabajan en investigación y desarrollo, producción, control de calidad, mercadotecnia, representación médica, relaciones públicas o administración general.

En la actualidad, este es el mercado legal más rentable del planeta, su porcentaje es de aproximadamente 16-18% neto de beneficios al año. Tiene el porcentaje más alto que cualquier otro sector, por ejemplo el sector bancario, gana alrededor del 15%; empresas multinacionales de renombre ganan un 3% o 4%.

#### **1.2.1.2. Generalidades sobre la industria farmacéutica**

La búsqueda de medicamentos ha sido una preocupación constante de la humanidad desde la antigüedad más remota. En todas las épocas se han utilizado productos naturales, en especial jugos o sustancias extraídas de las plantas, a veces ligeramente modificados para eliminar posibles efectos nocivos.

La industria farmacéutica, es decir, la elaboración de medicamentos sintéticos en laboratorios, tiene una historia reciente (poco más de un siglo) y su espectacular desarrollo se debe a las aportaciones e investigaciones de la ciencia química, aunque se sigue utilizando componentes naturales extraídos de las plantas (y de algunos animales), para elaborar los medicamentos.

En Guatemala, la industria farmacéutica fabricante de medicamentos constituye un sector con muy buena infraestructura en instalaciones y equipo, tecnología farmacéutica de punta, personal preparado y sistemas administrativos eficientes, su gran limitante es la falta de recursos para la investigación básica, situación que desafortunadamente refleja la situación general del país.

El mercado total de medicamentos en Guatemala está dividido en dos segmentos:

- El mercado privado: son los medicamentos que se venden en la farmacia privada y son pagados directamente por el paciente.
- El mercado del sector público: constituido por compras de las instituciones gubernamentales y de seguridad social, para proporcionar los medicamentos gratuitos a los beneficiarios.

Por muchos años, el mercado farmacéutico centroamericano podría decirse, vivió un período de relativa calma, las empresas trasnacionales focalizadas completamente en el mercado privado con altos precios, los jugadores locales peleando en el mercado de gobierno y por robar participación de mercado en el mercado privado.

Ahora, todo ha cambiado, se encuentran no solo problemas desde el punto de vista regulatorio, ya Centro América debe respetar patentes y muy pronto se sentirán las consecuencias de las concesiones dadas al firmar el CAFTA en temas como protección de datos de prueba, sino incluso desde el punto de vista comercial, más de 600 empresas farmacéuticas compitiendo agresivamente.



A continuación se muestran las principales empresas en el mercado centroamericano:

Tabla I. **Top 10 - Empresas farmacéuticas en el mercado centroamericano**

<b>Sanofi – aventis</b>	<b>4.84%</b>
<b>Pfizer</b>	<b>4.68%</b>
<b>Abbott</b>	<b>4.35%</b>
<b>Merck</b>	<b>4.20%</b>
<b>Novartis Farma</b>	<b>3.68%</b>
<b>Glaxosmithkline</b>	<b>3.60%</b>
<b>Unipharm-pharmanov (Local)</b>	<b>3.41%</b>
<b>Bayer Schering Ph</b>	<b>3.30%</b>
<b>Roemmers</b>	<b>3.17%</b>
<b>Menarini</b>	<b>2.98%</b>

Fuente: IMS MAT, mayo 2009.

### **1.2.1.3. Definición de jarabe**

Los jarabes son soluciones concentradas de azúcares en agua o en otro líquido acuoso, a menudo tiene incluido el alcohol como conservador, como solvente de sustancias aromatizantes y contiene la sustancia medicinal. Los jarabes son eficaces para enmascarar el sabor de las drogas amargas o saladas. Se utilizan por vía oral, especialmente en pediatría por su sabor dulce.

Puede contener sacarosa a una concentración de al menos 45% m/m. Su sabor dulce se puede obtener también utilizando otros agentes edulcorantes. Poseen una densidad aproximada de 1,350 kg/m<sup>3</sup>.

Se presentan como líquidos homogéneos, transparentes, brillantes, incoloros o coloreados, de sabor y olor agradable.

#### **1.2.1.3.1. Métodos para la preparación de jarabes**

Existen varios métodos para preparar jarabes, cuya elección depende de las características físicas y químicas de las sustancias que entran en la preparación, siendo los reconocidos cuatro:

- Solución por medio del calor
- Agitación sin calor
- Adición del líquido medicinal al jarabe
- Lixiviación

▫ Solución por medio del calor: este es uno de los métodos más usuales para preparar jarabes, cuando el componente valioso no es sumamente volátil, ni se descompone con el calor, y cuando se desea una disolución relativamente rápida.

Por regla general, se añade la sacarosa al agua destilada o a la solución acuosa, y se calienta, a cierta temperatura preestablecida, hasta que se efectúa la solución, se deja enfriar; después se filtra.

▫ Agitación sin calor: se emplea este método cuando el calor origina pérdida de componentes volátiles valiosos. Se debe añadir la materia prima, luego se realiza la agitación vigorosa y rápida de la solución, a temperatura ambiente; finalmente se filtra el producto.

▫ Adición del líquido medicinal al jarabe: consiste simplemente en agregar la sustancia medicinal a un jarabe previamente preparado. Este método se aplica en aquellos casos en que la sustancia medicinal que se añade está en forma de extracto fluido, tintura u otro preparado líquido, por regla general los jarabes preparados de esta manera se precipitan, ya que el alcohol entra en la composición de la mayor parte de dichos líquidos y las sustancia resinosas y oleosas disueltas por el alcohol se precipitan cuando se mezclan con el jarabe.

▫ Lixiviación: en este método se emplea agua purificada, o una solución acuosa que se hace pasar lentamente por un lecho de sacarosa cristalizada, la cual se disuelve y forma el jarabe.

Se introduce en el cuello de un lixiviador una torunda de algodón humedecida con unas gotas de agua, se pone la sacarosa en el lixiviador, se vierte sobre ella el agua o la solución acuosa y se regula el flujo por medio de una espita de modo que las gotas salgan del lixiviador en rápida sucesión, si es necesario, se vuelve a pasar una porción del líquido por el lixiviador para disolver toda la sacarosa, por último, se pasa por el algodón agua purificada suficiente para que el producto tenga el volumen requerido.

En LANCASCO se realiza únicamente la preparación en caliente y agitación sin calor (a temperatura ambiente).

#### **1.2.1.3.2. Historia de los jarabes**

Los jarabes fueron introducidos por los árabes en la farmacopea del siglo XIII y consistían en soluciones acuosas concentradas de azúcar con un saborizante o con ingredientes saborizantes y medicinales y eran una de las tres categorías principales de las medicinas compuestas. Antes de descubrirse el azúcar, se preparaban con miel.

#### **1.2.1.4. Legislación aplicable**

La producción de jarabes para la tos, se encuentra regulada por el Decreto 90-97, Código de Salud y el Acuerdo Gubernativo 712-99, Reglamento para el Control Sanitario de los Medicamentos y Productos Afines.

La legislación aplicable a las industrias farmacéuticas está regulada por el Código de Comercio, el cual contiene los requisitos necesarios para constituir una empresa, dependiendo de la estructura que se le quiera dar. En Guatemala, la mayoría de industrias están constituidas bajo la forma de sociedad anónima, dada las ventajas que ésta representa.

Las leyes que regulan la actividad lucrativa en nuestro país son actualmente: el Impuesto al Valor Agregado, IVA, Decreto 27-92; el Impuesto Sobre la Renta, ISR, Decreto 29-92; Impuesto de Timbres Fiscales y de Papel Sellado Especial para Protocolos, Decreto 37-92; Código de Comercio, Código de Trabajo, Ley del IGSS.



## **2. FASE TÉCNICO - PROFESIONAL: REDISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PARA UN REACTOR FABRICADOR DE JARABES CON CALOR**

### **2.1. Situación actual**

La etapa inicial, para determinar soluciones a ciertas deficiencias, es una fase de adaptación, en la que también se inicia la exploración de las condiciones presentes de la organización y servirá de base para formular un plan de mejora. Ello requiere un diagnóstico del problema que se ha de solucionar, basado en una investigación de los hechos y su posterior análisis.

#### **2.1.1. Diagnóstico de la empresa**

El diagnóstico empresarial trata de identificar el estado, así como las causas de los problemas que surgen en las empresas, y en ese caso definir medidas que mejoren su situación. Se utilizan los resultados de la fase de diagnóstico y se extraen conclusiones con el fin de que se resuelva un problema real y se obtengan beneficios.

La situación actual de LANCASCO se analizó mediante un análisis matricial de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), con sus respectivas estrategias. La información se obtuvo mediante entrevistas con el personal administrativo, personal operativo y gerencial; conociendo y observando los procesos, revisando y analizando información de la empresa, e investigando acerca del mercado. Los resultados se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Matriz FODA general LANCASCO, S.A.**

<p style="text-align: center;"><b>FACTORES INTERNOS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACTORES EXTERNOS</b></p>	<p><b><u>FORTALEZAS</u></b></p> <p><b>F.1.</b> Se fabrican productos de amplia variedad y alta demanda.</p> <p><b>F.2.</b> Cuenta con más de ochenta años de experiencia.</p> <p><b>F.3.</b> La planta tiene instalaciones higiénicas y de clase mundial.</p> <p><b>F.4.</b> Se tiene cierta tecnología para la fabricación de los productos.</p> <p><b>F.5.</b> Muchas operaciones y procesos están estandarizados.</p>	<p><b><u>DEBILIDADES</u></b></p> <p><b>D1.</b> No se tiene caldera propia.</p> <p><b>D2.</b> No existe un departamento de investigación y desarrollo de nuevos medicamentos.</p> <p><b>D3.</b> Algunos departamentos de la corporación se encuentran en otra sede.</p> <p><b>D4.</b> La comunicación interna no permite a mandos intermedios y operativos conocer los objetivos de la organización</p>
	<p><b><u>OPORTUNIDADES</u></b></p> <p><b>01.</b> El mercado farmacéutico presenta un crecimiento constante debido al incremento poblacional.</p> <p><b>02.</b> Las políticas del Estado apoyan el uso de medicamentos genéricos y el desarrollo de empresas locales.</p> <p><b>03.</b> Existen muchos canales de distribución del producto, como farmacias, supermercados, cadenas farmacéuticas, etc.</p> <p><b>04.</b> El mercado del sector público considera la compra de medicamentos a bajo costo según licitaciones.</p>	<p><b><u>Estrategias FO (maxi – maxi)</u></b></p> <p><b>1.</b> Ofertar medicamentos genéricos en licitaciones públicas para cubrir la demanda de hospitales nacionales. (O1, O2, O4, F1, F2, F3, F4, F5)</p> <p><b>2.</b> Posicionar el producto en anaqueles de supermercados. (O1, O3, F1, F2, F3, F4, F5)</p> <p><b>3.</b> Distribuir productos de mayor consumo (como analgésicos, antiinflamatorios o antigripales) en plazas más populares como abarroterías y tiendas de barrio. (O1, O2, O3, F1, F2, F3, F4, F5)</p>
<p><b><u>AMENAZAS</u></b></p> <p><b>A1.</b> La crisis económica mundial actual.</p> <p><b>A2.</b> El crecimiento e inversión de empresas transnacionales.</p> <p><b>A3.</b> Fuerte expansión exportadora de países con una industria farmacéutica mayor y con más presencia en el mercado mundial.</p> <p><b>A4.</b> Barreras arancelarias en los mercados de exportación.</p>	<p><b><u>Estrategias FA (maxi – mini)</u></b></p> <p><b>1.</b> Realizar alianzas con otros laboratorios farmacéuticos. (F1, F2, F3, F4, F5, A1, A2, A3)</p> <p><b>2.</b> Incursionar en otros mercados centroamericanos. (F1, F2, F3, F4, F5, A2, A3)</p> <p><b>3.</b> Posicionar la marca en la mente de los consumidores de los mercados actuales. (F1, F2, A3, A4)</p>	<p><b><u>Estrategias DA (mini – mini)</u></b></p> <p><b>1.</b> Realizar un análisis del mercado para conocer a los consumidores y la competencia con el fin de orientar la producción a satisfacer necesidades. (D2, A1, A2)</p> <p><b>2.</b> Desarrollar nuevos productos genéricos mediante la creación de un departamento de investigación y desarrollo. (D1, A1)</p> <p><b>3.</b> Realizar actividades de integración y difusión del desempeño corporativo para encauzar a toda la organización a la consecución de objetivos comunes. (D3, D4, A2, A3)</p>

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.2. Características generales**

La manufactura de sólidos, tales como tabletas, cápsulas y granulados son el lado fuerte de la corporación, junto a la cadena de productos líquidos (jarabes y soluciones), que ofrece al mercado nacional y centroamericano. De lo cual puede fácilmente deducirse, que las áreas de fabricación más importantes dentro de la planta son las de sólidos y líquidos.

LANCASCO garantiza la calidad de sus productos a través de materias primas de calidad, análisis de producto terminado, estabilidad y fecha de expiración. Con esto se tiene la certeza, de manera confiable, que cada medicamento que llega al paciente es seguro, efectivo y de pureza aceptable; ya que su identidad química, color, consistencia, entre otras características, inciden en el consumo final.

#### **2.1.2.1. Industria**

La industria de manufactura de medicamentos se encuentra clasificada, dentro de las que se dedican a la transformación y modificación de la materia prima. Adicionalmente, en la empresa, el tipo de producción es intermitente y por procesos, la transformación de la materia prima se lleva a cabo en diversos centros productivos.

Las empresas farmacéuticas que se dedican a la producción de jarabes tienen como características específicas, cumplir con requisitos de carácter industrial, higiénicos, sanitarios, condiciones generales de los materiales y del personal.



El laboratorio, aparte de lo anteriormente mencionado, mantiene altos estándares de calidad y su producción se rige bajo buenas prácticas de manufactura (BPM); éstas se basan en el cumplimiento de requisitos en aspectos de:

- Personal
- Unidad de calidad
- Unidad de producción
- Instalaciones
- Equipo
- Orden maestra de productos
- Orden de producción
- Procedimientos de control de producción
- Envasado y etiquetado
- Controles de laboratorio e inspección
- Homogeneizado
- Recuperación, reproceso y retrabajo
- Control de almacenamiento y distribución
- Validación
- Devolución y quejas

#### **2.1.2.2. Higiene y sanitización**

Los establecimientos dedicados a la fabricación de medicamentos, deben ajustarse a un diseño o esquema que garantice el adecuado tratamiento técnico e higiénico-sanitario de las materias primas que se utilizan para la elaboración. Es por ello que los locales destinados a la elaboración, envasado y, en general, manipulación de materia prima, están debidamente aislados de otras áreas que representan riesgo de contaminación.

Las paredes, techos y pisos deben permanecer en perfecto estado de conservación y limpieza.

Maquinaria y demás elementos en contacto durante el proceso con el producto, son de características tales que no puedan transmitir al producto propiedades nocivas u originar reacciones químicas, al contacto con él.

El área debe mantenerse siempre en estado óptimo de limpieza, la que habrá de llevarse a cabo antes y después de iniciar la producción, por los métodos más apropiados para no levantar polvo y evitar contaminaciones. Debe mantenerse las temperaturas adecuadas, humedad relativa y conveniente circulación de aire, de manera que los productos no sufran alteración o cambio de sus características.

### **2.1.2.3. Materias primas**

Se utilizan productos químicos industriales en la fabricación. Los proveedores de éstos son escogidos y evaluados cuidadosamente. Con cada compra se recibe el certificado de análisis que respalda la pureza y calidad de la materia prima, de acuerdo a especificaciones de farmacopeas internacionalmente aceptadas. Adicionalmente, al ingresar a la bodega, se realizan las pruebas físicas, químicas y microbiológicas correspondientes.

Durante el proceso de fabricación y antes de ser liberados para su empaque, los productos también son sometidos a ciertos análisis.

#### **2.1.2.4. Personal**

El personal que trabaja en tareas de fabricación y envasado del jarabe cumple los siguientes requisitos:

- Utilizar ropa adecuada con la debida higiene y asepsia.
- Usar cofia, calzas y guantes.
- Queda prohibido comer, fumar y masticar chicle y/o tabaco en las áreas de fabricación.
- Todo operario aquejado de cualquier dolencia, padecimiento o enfermedad está obligado a notificar a sus jefes, quienes determinarán si puede realizar sus labores, sin que esto represente un peligro de contaminación al producto.

#### **2.1.3. Descripción general del proceso productivo en la empresa**

El proceso productivo general de la empresa hace referencia a los procesos que tienen en común, tanto la manufactura de líquidos, como sólidos, semisólidos y ampollas. Para cualquier producto, el proceso inicia cuando el departamento de mercadeo y ventas realiza los pronósticos de la demanda de cada medicamento.

Enseguida, con la colaboración de varios departamentos, se realiza la planificación de la producción para cubrir dicha demanda. Tomando como base lo planeado, se realiza el cálculo de la cantidad de materia prima a utilizar y si es necesaria la compra de la misma debido a las existencias en bodega.

Las materias primas utilizadas en la fabricación se reciben y almacenan bajo cuidadosas normas de higiene, temperatura e iluminación; realizándoseles pruebas fisicoquímicas y microbiológicas para certificar su calidad y pureza. Luego de girar la respectiva orden de producción, se realiza la selección y medición o pesado de los componentes requeridos para la elaboración de un lote de medicamentos.

Posteriormente se realiza la formulación del medicamento, mezclando las materias primas, según la fórmula química del mismo. Para todos los productos en dicha etapa se realizan también controles de calidad, en sus consistencia, composición química, dureza, viscosidad, etc., que guarde correspondencia con la formulación aprobada y registrada por el laboratorio.

A continuación, debido a la delicadeza de los productos farmacéuticos, se realiza el empaque de los mismos, asegurando condiciones particulares de acuerdo a cada producto. Luego el producto es almacenado para su final despacho y distribución.

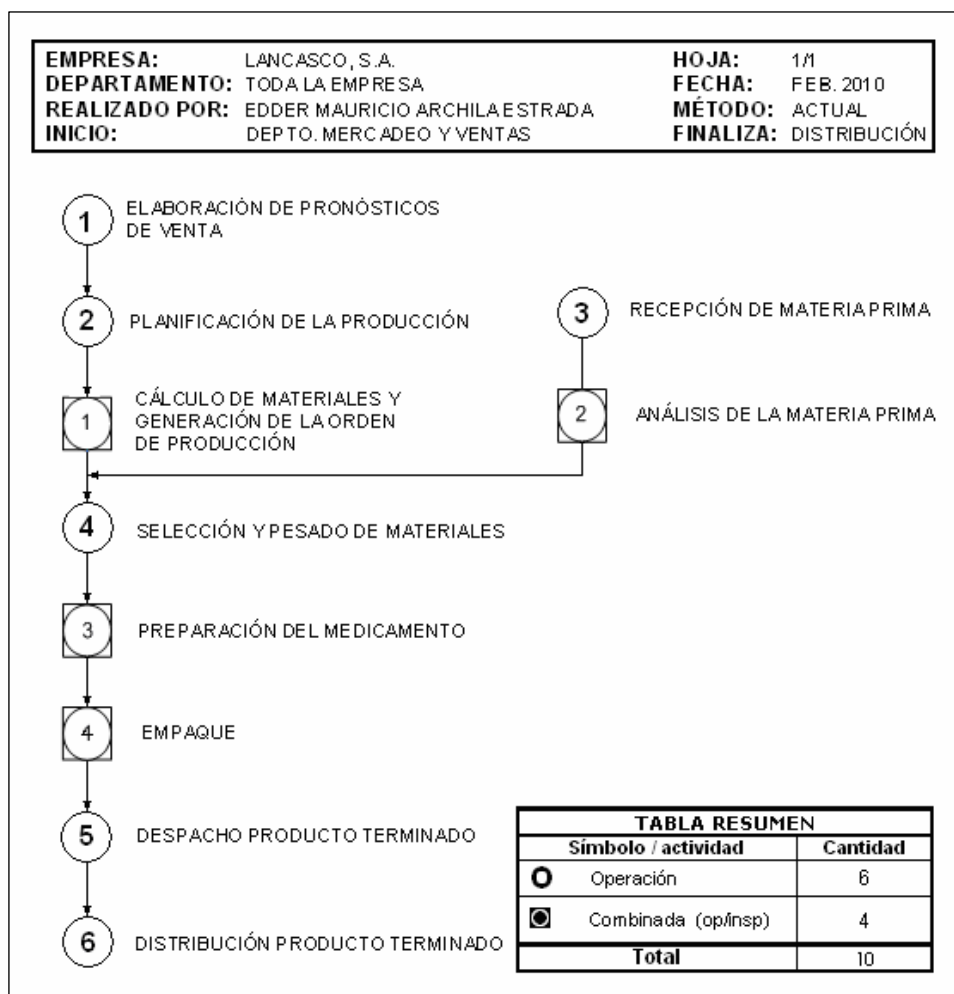
Los productos son fabricados de manera controlada, organizada y semiautomatizada. La gran mayoría de las operaciones y procesos que se realizan en la empresa se encuentran estandarizados según instructivos. Éstas son realizadas por personal adecuadamente capacitado auxiliado por equipo que no posee tecnología de punta, y por lo tanto puede mejorar considerablemente su eficiencia. Por ser una producción intermitente, las actividades varían respecto a la formulación y características del producto, lo que permite realizar una amplia variedad de productos con mínimas modificaciones. Sin embargo, la carga de trabajo en cada departamento es variable, existiendo por momentos algunos con alta sobre carga y otros subutilizados.

Para esto es necesario saber cuándo debe iniciar y terminar las órdenes de trabajo en cada departamento, para poder realizar nuevos pedidos.

### 2.1.3.1. Diagrama de operaciones del proceso

La figura 2 muestra únicamente las operaciones que se realizan para cualquier proceso productivo de la empresa.

Figura 2. **DOP fabricación LANCASCO**



Fuente: LANCASCO, S.A.

#### **2.1.4. Proceso productivo de jarabes**

El proceso productivo de jarabes, en este caso, hace referencia a todas las actividades dentro de la planta de manufactura, que permiten elaborar productos líquidos, como soluciones, jarabes, suspensiones y emulsiones.

##### **2.1.4.1. Descripción general y básica del proceso**

Las actividades que definen el proceso, se desarrollan en diversas áreas, las cuales son:

- Planificación y materia prima
- Preparado y mezclado
- Llenado
- Etiquetado y empaque
- Almacenamiento

###### **2.1.4.1.1. Planificación y materia prima**

Inicialmente, el área de mercadeo elabora pronósticos de venta del producto, teniendo en cuenta las ventas y demanda del pasado. Luego los encargados de los departamentos de bodega, logística y producción definen qué productos y en qué cantidad se necesita manufacturar para mantener el nivel óptimo de inventario.

Los niveles óptimos de inventario se calculan con base en políticas de la organización de mantener existencias para tres meses según los pronósticos de ventas.

Como herramienta para la planificación de la producción se utilizan gráficas de modelos deterministas (POQ), las cuales muestran el comportamiento del inventario de cada producto y permiten conocer el punto de reorden, es decir, el punto en que debe hacerse el pedido a producción antes de que se agote el inventario en curso, considerando la demanda promedio y días necesarios para que se compre la materia prima y fabrique el lote requerido.

Una vez definido qué se va a fabricar, se programan fechas de producción, teniendo en cuenta la producción en curso, el tiempo estimado de fabricación del lote, su tamaño y la disponibilidad de materia prima.

Posteriormente, con base en el tamaño del lote y formulación del medicamento, el jefe y supervisores de producción definen la cantidad de materia prima que será necesaria para la fabricación.

La planificación global se realiza de manera correcta, aunque en algunas ocasiones existen retrasos. Al cálculo de materiales siempre se le da cierta holgura para producir un poco más del tamaño del lote, previendo las mermas en el proceso.

La jefatura de producción gira una orden en la que se detalla el producto a fabricar, la materia prima a utilizar, las cantidades necesarias, la forma de preparación, de envasado y embalaje, a todas las áreas involucradas, para que además de estar informadas, se organicen para cumplir con las fechas de entrega.

La orden de producción llega primero al área de bodega de materia prima, donde se realiza la selección, medición o pesado y despacho de los componentes requeridos para la producción del lote.

Las materias primas básicas a utilizarse son:

- Agua desionizada: agua ultra pura obtenida en la empresa, luego del tratamiento de agua subterránea. Filtrada, con tratamiento UV y tratamiento de sistema de resina catiónica – aniónica. Es de alta resistividad y sin compuestos orgánicos, el pH debe encontrarse dentro de ciertos límites, entre 6.6 y 7.6.
- Sacarosa: contenida en el azúcar blanco refinado.
- Principio activo: sus características variarán según el tipo de jarabe, ya que a éste se debe el efecto farmacológico del medicamento.
- Excipientes: incluye colorantes, preservantes, correctivos, por lo tanto las características y especificaciones de cada materia prima variarán de acuerdo al producto a realizarse, pero son analizadas según requerimientos y normas internacionales.

Para toda materia prima, antes de su despacho, es importante conocer la fecha de expendio y vencimiento, el registro sanitario, el resultado de la inspección de envase y rótulo y caracteres organolépticos.

#### **2.1.4.1.2. Preparado y mezclado**

Existen varios métodos para preparar jarabes, dependiendo de las características físicas y químicas de las sustancias que entran en la preparación. Los ingredientes son sintetizados de acuerdo a su formulación maestra.



Luego, son mezclados con una solución de agua destilada en un recipiente de acero inoxidable con un agitador, llamado reactor; el objetivo es realizar una mezcla homogénea con todos los componentes del jarabe.

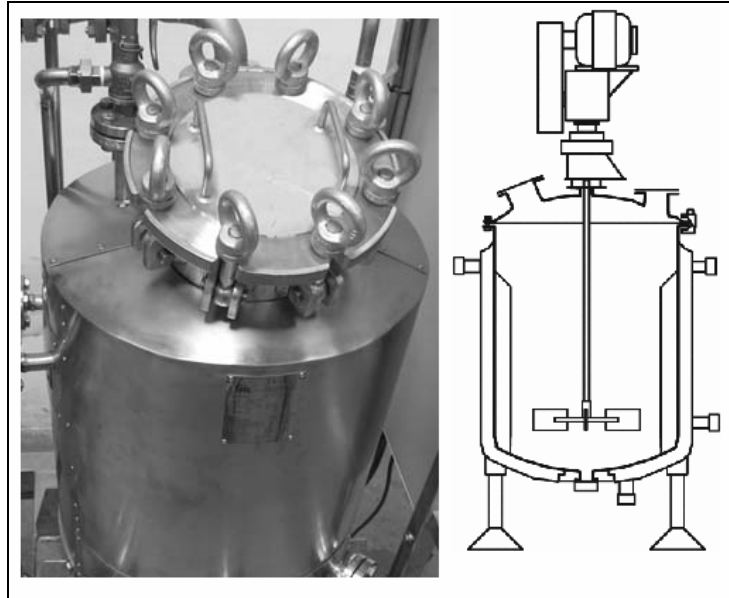
Ya preparada la mezcla se realizan pruebas de viscosidad, acidez, fisicoquímicas y microbiológicas. Para finalizar la operación en esta área, la solución se filtra y almacena en un tanque.

Se tienen dos áreas de preparación de jarabes, en ambas se realizan preparaciones, tanto en caliente como a temperatura ambiente. Según se observó, el área de jarabes 2, misma que es objeto de estudio, presenta problemas en las tuberías de ingreso y egreso de fluidos al reactor, lo que hace que el equipo sea ineficiente al momento de realizar el enfriamiento de la mezcla, esto representa retrasos en la producción e incremento de costos.

El personal de esta área se encuentra capacitado y por lo tanto, cumplen con los procedimientos e instructivos establecidos, aunque desconocen aspectos mínimos relacionados con el funcionamiento del equipo. Durante la preparación se llevan registros de las operaciones realizadas y se verifican las características del producto, mientras éste sufre las transformaciones necesarias para lograr el producto final.

También se cumplen los requerimientos de higiene y sanitización que exigen las buenas prácticas de manufactura, para garantizar un producto libre de contaminación.

Figura 3. **Fotografía / esquema reactor para fabricación de jarabes**



Fuentes: <http://www.cgil.es/equipos/reactores.php>, julio 2010.

#### **2.1.4.1.3. Llenado**

En esta etapa del proceso, el tanque de almacenamiento del jarabe se conecta con la llenadora, la cual dosifica el volumen de jarabe que se desea en cada frasco, previamente lavado y esterilizado.

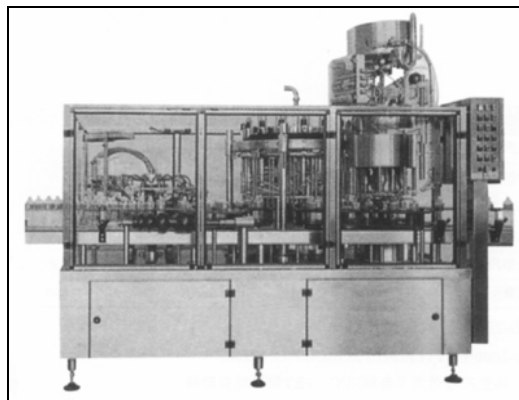
Se coloca una tapa al frasco y se ajusta con una máquina taponadora; luego sale por la banda transportadora para su empaque.

En esta actividad el operario debe conocer cómo operar las dos llenadoras/ taponadoras con las que cuenta esta área, y de esta manera tener un proceso automatizado y controlado.

El equipo se encuentra en buen estado y trabaja a un ritmo adecuado para el tránsito de productos que se tiene en el área; el mantenimiento que se le da es prácticamente correctivo, ya que se trata de maquinaria auto lubricada por la inocuidad que se debe manejar en un proceso como el farmacéutico.

Las condiciones y la distribución del área de trabajo son las correctas para realizar apropiadamente dicha operación, pues se cumplen los requerimientos de ventilación, iluminación, condiciones de seguridad, ubicación de las máquinas y del producto.

Figura 4. **Llenadora - taponadora**



Fuente: <http://www.aquapurificacion.com/portugues/llenadoraCGFR24248.htm>, julio 2010.

#### **2.1.4.1.4. Etiquetado y empaque**

En esta etapa la etiqueta es adherida al frasco, algunas veces se agrega un dosificador, luego se coloca en un estuche (pequeña caja de cartón), dentro del que también se coloca un folleto informativo; el estuche se identifica con un número de lote y fecha de vencimiento.

Finalmente se empaca e identifica la cantidad de producto deseado en un corrugado y se traslada al almacén de producto terminado.

El proceso de etiquetado, estuchado y codificado es realizado de forma automática por dos máquinas; el embalaje en el corrugado se realiza de manera semi-manual y la inserción del folleto se realiza manualmente.

Las dificultades que presenta este proceso son la preparación y configuración de la máquina de estuchado, ya que se utilizan estuches de diferentes tamaños, estas actividades las realizan los mecánicos a cargo. Cuentan con personal capacitado, a las máquinas se les da mantenimiento preventivo cada seis meses. El proceso se realiza siguiendo los requerimientos establecidos por las órdenes de producción e instructivos de operación.

Figura 5. **Estuchadora**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/cam/estuchadora-horizontal-br-automatica-intermitente-22251-385344.html>, julio 2010.

Figura 6. **Etiquetadora**



Fuente: <http://www.etima.es/Productos/ml1.htm>, julio 2010.

#### **2.1.4.1.5. Almacenamiento**

Al producto terminado se le realiza muestreo para verificar su calidad, aplicando la Norma MIL-STD 105 (muestreo de aceptación de lotes por atributos), para muestreo simple con nivel de inspección normal (ver anexo 1).

Ya en la bodega de producto terminado, los lotes de jarabes se encuentran organizados de tal manera que se permita una rotación correcta de las existencias, utilizando el modelo PEPS (primero en entrar primero en salir), por tratarse de productos perecederos.

Para el control del inventario se utiliza una aplicación informática en la que se realizan los ingresos y descargas de las unidades de producto. Para los ingresos, una vez realizado el análisis de la muestra y se hayan cumplido todos los parámetros exigidos en la orden de producción para liberarla y posteriormente almacenarla, se ingresa la información sobre cantidad, fecha de producción, vencimiento y número de lote.

En los egresos de producto terminado, conforme se va facturando, se realiza la descarga de los más antiguos dentro del inventario. La ventaja de este sistema de inventario es que se tiene acceso en tiempo real a la información.

Durante el almacenamiento se preservan ciertas condiciones especiales, como cadena de frío, temperatura, luz y humedad, controladas. Los productos que requieran controles especiales, se almacenan en áreas de acceso restringido y seguro.

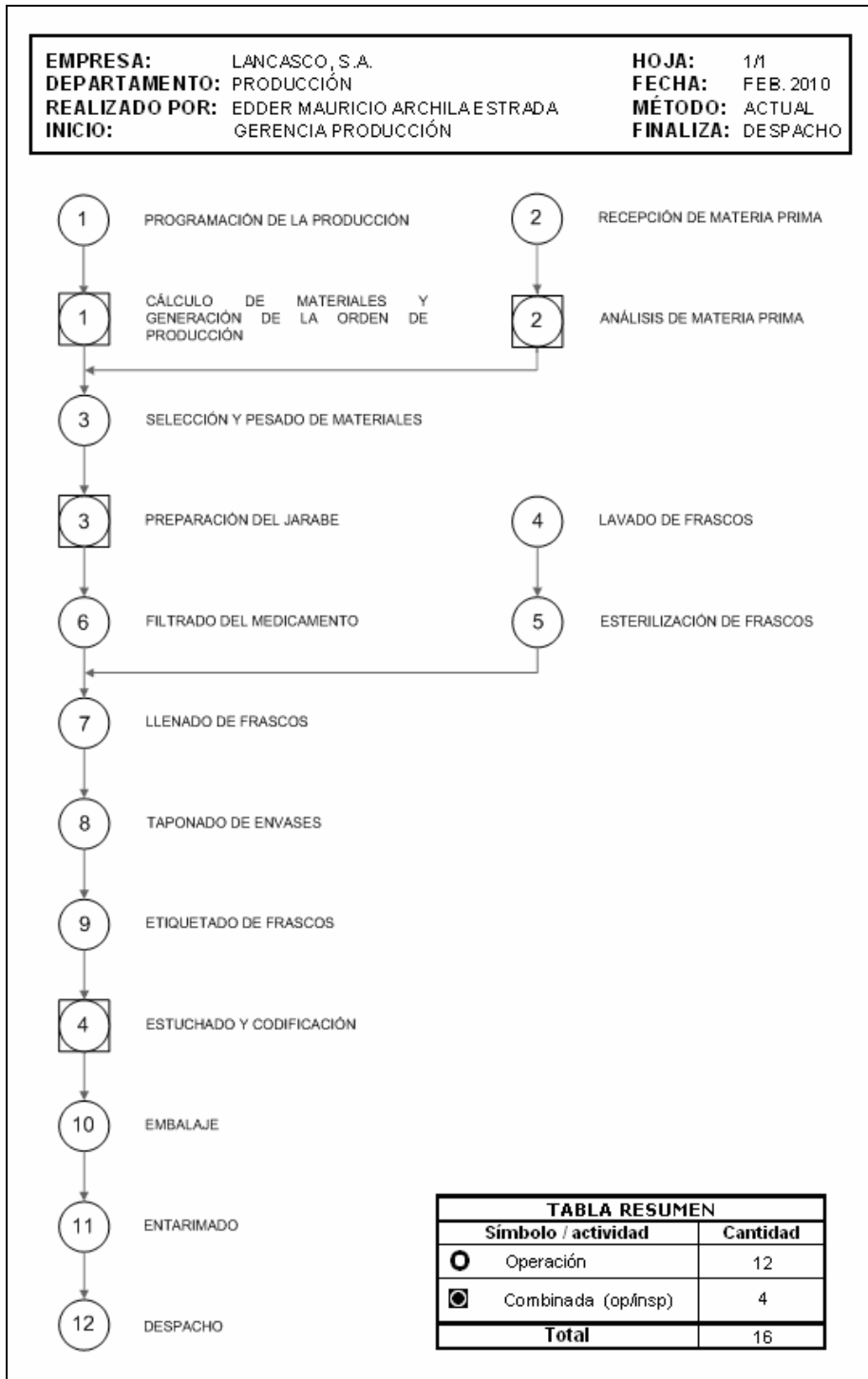
También existen áreas de cuarentena para productos de baja y devueltos. Como parte del almacenamiento de producto terminado, también se considera el área de embalaje final y despacho, destinada a la preparación de los productos para su distribución o dispensación.

Esta área cuenta con montacargas, bandas transportadoras y equipo de cómputo que se encuentra en buen estado, su personal se encuentra capacitado para realizar las labores asignadas.

#### **2.1.4.2. Diagrama de operaciones del proceso**

La figura 7 muestra únicamente las operaciones anteriormente descritas, mismas que son realizadas para la producción de jarabes.

Figura 7. DOP fabricación jarabes



Fuente: LANCASCO, S.A.

### **2.1.5. Proceso de preparación de jarabes en caliente**

La preparación difiere de la fabricación de jarabes, ya que lo primero es un subproceso de lo segundo. Refiriéndose esta preparación a la propia transformación de la materia prima, en el área de líquidos, utilizando calor, hasta formar una mezcla homogénea denominada jarabe.

#### **2.1.5.1. Descripción general del proceso de preparación**

Este proceso inicia cuando el área, tanques y equipo se encuentran en condiciones de completa higiene.

Primero se procede a abrir la válvula para llenar el reactor con agua desmineralizada. Mientras se alcanza un volumen de 1800 litros, se verifica el peso correcto de los ingredientes, según lo establecido y previamente calculado en la orden de producción; también se alistan y limpian los utensilios de fabricación, tales como: ollas, candela para filtrar, mangueras, agitadores; se verifica que las condiciones ambientales dentro del área de fabricación sean las adecuadas (temperatura, humedad, así como conductividad y pH del agua), y se accionan las aspas del agitador del reactor.

A continuación se agregan los ingredientes activos, alcohol, saborizantes y demás, dependiendo del jarabe que vaya a fabricarse, algunos de estos ingredientes se disuelven previamente en una olla con agua desmineralizada. Mientras se afora al volumen deseado, según lo establezca la orden de producción, generalmente se afora hasta 2 400 litros.



Se mide el pH de la mezcla, posteriormente se acciona el flujo de vapor hacia la chaqueta del reactor. Se agita y calienta la mezcla durante un intervalo de tiempo que permita la dilución completa de los ingredientes.

Transcurrido el tiempo necesario para que se homogenice la mezcla, se interrumpe el flujo de calor hacia el enchaquetado del reactor y se inicia el flujo de agua fría al mismo, con el fin de enfriar la mezcla para que pueda ser almacenada en tanques.

Entonces, se filtra el jarabe mientras se bombea el contenido total del reactor hacia los tanques de almacenamiento debidamente cerrados e identificados para su posterior envasado. Se envía una muestra a control de calidad para que la analicen y aprueben.

### 2.1.5.2. Análisis de tiempos

Para determinar los tiempos promedio de realización de las actividades, se midieron los mismos en la fabricación de dos tipos diferentes de jarabes con calor. La tabla III muestra, en minutos, los datos obtenidos.

Tabla III. Análisis de tiempos de las actividades

Actividad	Jarabe X (t, min)	Jarabe Y (t, min)	Tiempo promedio
Higienización del área y equipo	40	44	42
Llenado del reactor con agua desmineralizada	77	75	76
Verificar el peso correcto de la materia prima	21	25	23
Alistar y limpiar utensilios de fabricación	31	33	32
Verificar las condiciones ambientales y del agua	12	16	14
Encender el agitador del reactor	1	1	1
Disolver ingredientes	11	10	10.5

Continuación tabla III.

Actividad	Jarabe X (t, min)	Jarabe Y (t, min)	Tiempo promedio
Aforar	29	29	29
Agregar ingredientes	33	38	35.5
Medir el pH de la mezcla	9	9	9
Accionar el flujo de vapor hacia la chaqueta del reactor	0.5	0.5	0.5
Agitar y calentar la mezcla	88	92	90
Interrumpir el flujo de vapor	0.5	0.5	0.5
Detener el agitador	1	1	1
Accionar el flujo de agua fría hacia la chaqueta	0.5	0.5	0.5
Esperar a que enfríe la mezcla	870	930	900
Interrumpir el flujo de agua fría	1	1	1
Tomar muestra para revisión en calidad	3	3	3
Filtración del jarabe y llenado de tanques de almacenamiento	51	54	52.5

Fuente: elaboración propia.

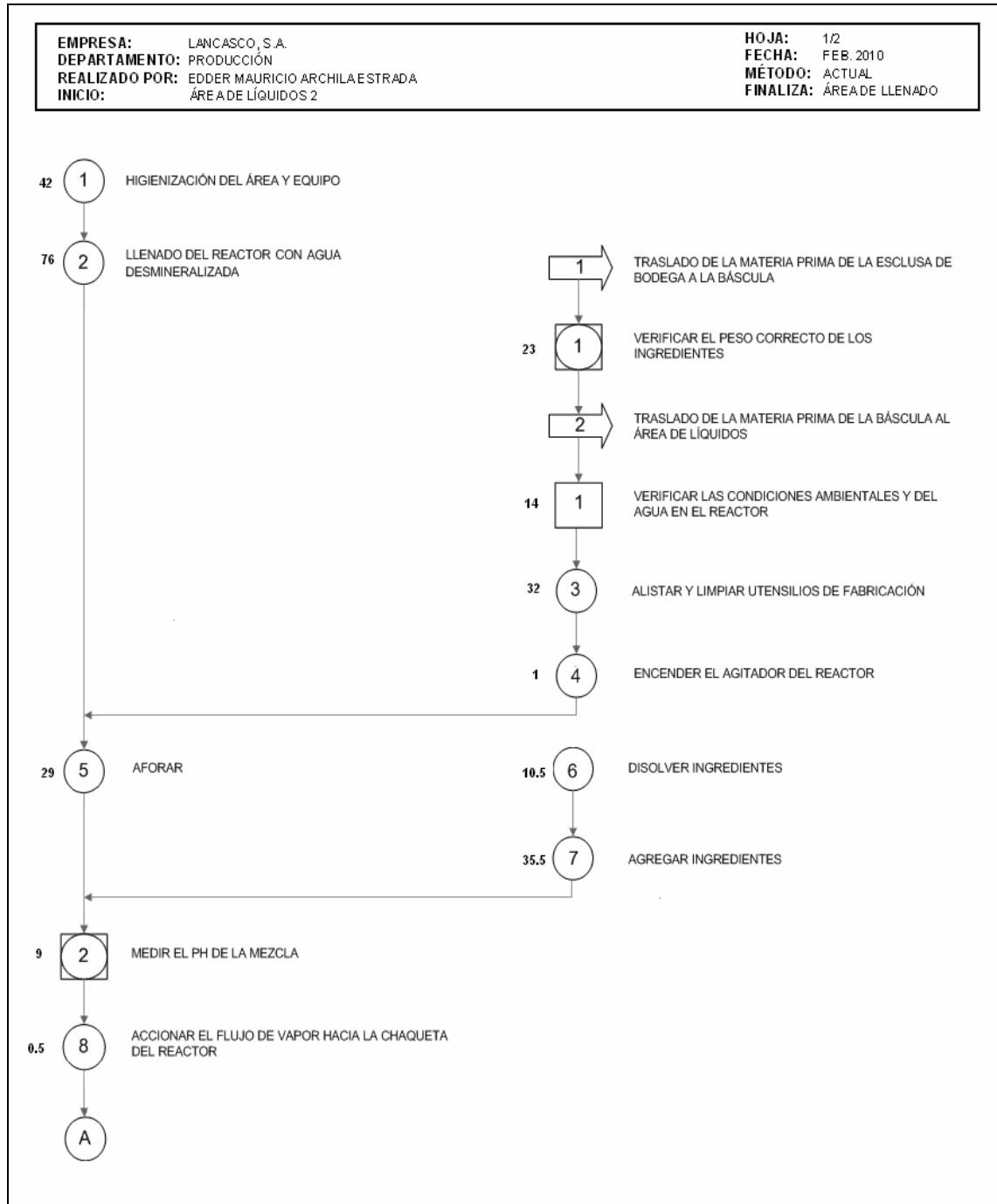
Se puede observar en la tabla III que la espera para enfriar el jarabe representa una demora muy larga.

### 2.1.5.3. Diagrama de flujo del proceso

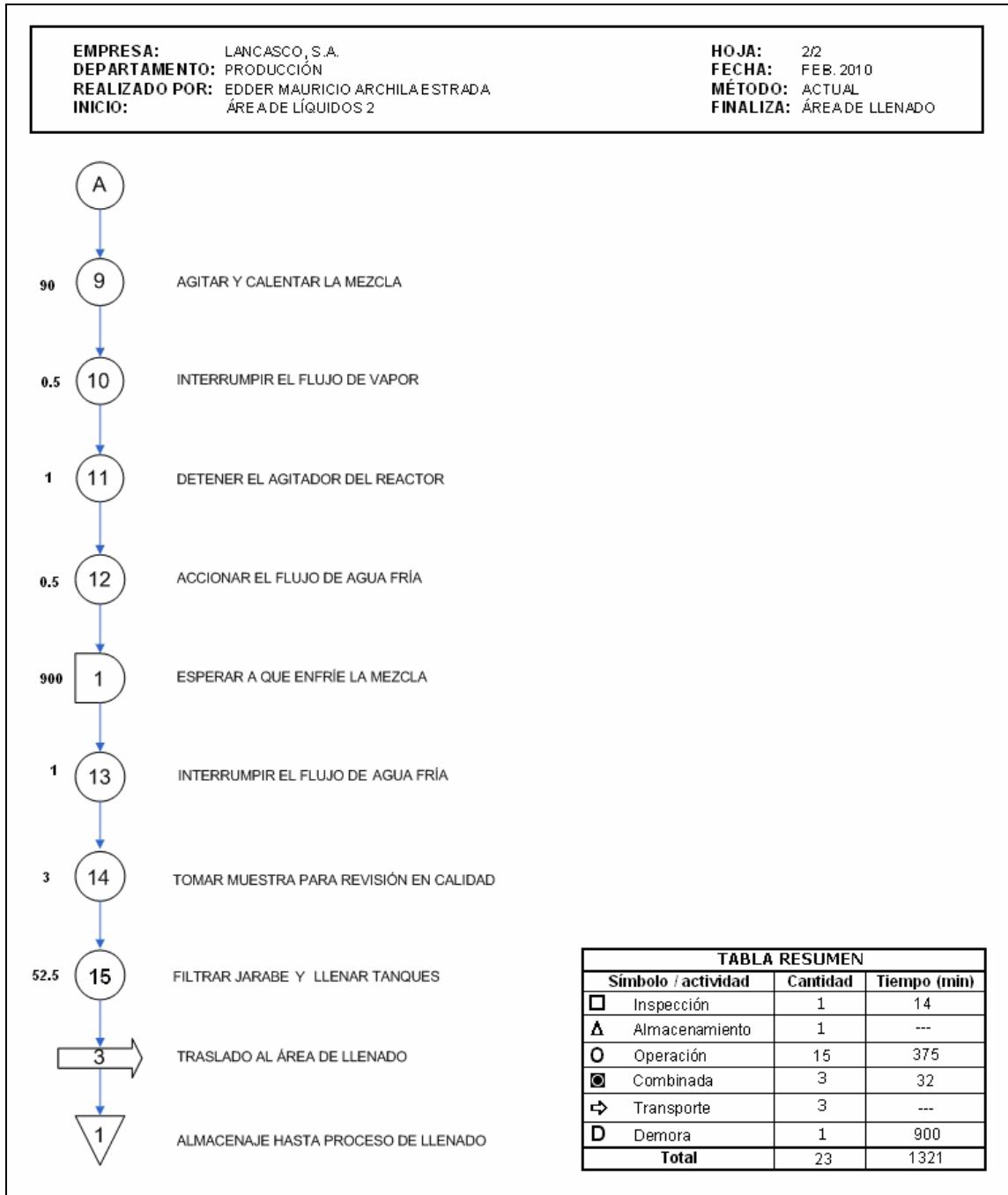
Durante la preparación, las principales dificultades que se presentan son el vaciado del azúcar en el reactor, para lo cual se necesitan al menos dos personas y de una columna volteadora de toneles; y la demora del enfriamiento de la masa de jarabe. Se trata de un proceso bastante controlado, cuyo producto se garantiza de excelente calidad a través del análisis de laboratorio de aspecto, color, olor, viscosidad, volumen promedio, densidad y pH.

El diagrama de la figura 8 muestra las actividades, inspecciones, demoras, almacenamientos y transportes para llevar a cabo la preparación de un lote de jarabes fabricados con calor:

Figura 8. DFP jarabes con calor



Continuación figura 8.



Fuente: LANCASCO, S.A.

#### 2.1.5.4. Materias primas

Una fórmula patrón, en general se ajusta a los siguientes parámetros:

- Principio activo: n %.
- Sacarosa: 45-65 %.
- Agua purificada (desionizada).
- En función de cada formulación pueden formar parte de la preparación otros componentes como: conservantes, correctores del sabor, aromas, entre otros.

Usualmente, los componentes utilizados para la fabricación de jarabes en caliente son:

- Agua ultra pura: conductividad máxima de 1,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , medida a 20 °C; el carbón orgánico total máximo de 0,5 mg/l; nitratos máximo 0,2 ppm; tiene menos contaminación bacteriana de 10 UFC/100 ml, determinado por filtración con membrana.
- Sacarosa: azúcar blanca, refinada de primera calidad (sacarosa 99,5%), olor, color y sabor característicos. Una dilución calentada no deberá tener olor ni sabor a melaza ni otros olores o sabores extraños.
- Principio activo (1 o más): sustancia medicinal que compone esencialmente el medicamento, las características y especificaciones del mismo varían según si el producto a fabricar es analgésico, anestésico, antibiótico, antihistamínico, antipirético o broncodilatador. Por ejemplo, si es un jarabe para la tos, el principio activo podría ser guayanesina, bromexina, efedrina, clorfeninamina o glicerina.

- Modificador de la solubilidad: facilita la disolución de los demás ingredientes, en la industria farmacéutica se utiliza el alcohol y también la glicerina.
- Modificador del pH: el ácido cítrico anhídrido es utilizado por laboratorios para obtener la acidez deseada en el producto; éste debe tener las siguientes características: estado físico sólido cristalino en polvo, color blanco, densidad aparente de 850 – 950 kg/m<sup>3</sup>, pH de 1,8 (sol. 5%), solubilidad de 56,7 g/ 100 ml agua y 38,3 g/100 ml etanol.
- Saborizantes: éstos mejoran el sabor del medicamento, el más conocido y generalmente más utilizado es el mentol que a su vez es refrescante del tracto respiratorio, el cual es un sólido cristalino de color blanco, densidad de 0 890 kg/m<sup>3</sup> y punto de fusión de 37 °C.
- Colorantes: definen el color que tendrá el jarabe, dentro de los más utilizados son los colorantes artificiales, que son solubles en agua, debido a la presencia de grupos de ácido sulfónico, y consecuentemente son fáciles de utilizar, generalmente en forma de sales sódicas.
- Conservadores antimicrobianos: los más difundidos en el mercado son el benzoato de sodio, metilparabeno y el propilparabeno, los cuales preservan el producto, evitando el crecimiento microbiológico.
- Antioxidantes: entre los más utilizados en laboratorios farmacéuticos se encuentra el ácido ascórbico (vitamina c), el cual se presenta en cristales blancos, requerido con 96% a 98% de pureza.

Algunas veces se utilizan también aromas. Los colorantes, conservantes, sustancias aromáticas, diluyentes, reguladores de pH son parte de los excipientes que se utilizan en la formulación; es decir, todos los componentes del medicamento diferentes del principio activo. En general, los excipientes se consideran sustancias inertes, que no tienen efecto farmacológico. Aún así, hay excipientes que sí pueden tener un efecto en determinadas circunstancias (alergias, intolerancias, reacciones cutáneas, etc.).

#### **2.1.5.5. Maquinaria y equipo**

El área de jarabes 2, lugar de análisis, donde se fabrican los jarabes, posee una diversidad de utensilios, instrumentos, equipos y máquinas para llevar a cabo dicho proceso. Se cuenta con ollas, agitadores, tubería flexible (mangueras), una columna elevadora y giratoria para tambos, un medidor de pH, filtro de candela, tamices, una bomba de líquidos, un reactor químico enchaquetado y sus respectivas tuberías.

Figura 9. **Columna elevadora y giratoria para tambos**



Fuente: <http://es.exportpages.com/picture/f7e0f5c5-d59f-4173-81f4-25e5c6d76fb4.jpg>, julio 2010.

El reactor químico es una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas; es decir, es el recipiente dentro del cual se prepara el jarabe, su capacidad de calentamiento y enfriamiento no es la óptima.

De lo anteriormente mencionado, únicamente a la columna elevadora para ambos se le practica un mantenimiento preventivo con rutinas establecidas.

Todas las máquinas y equipo se encuentran en muy buen estado de conservación, incluyendo los utensilios, pues están fabricados de acero inoxidable. La bomba de líquidos no fue seleccionada adecuadamente, dadas las viscosidades de los jarabes que se fabrican.

#### **2.1.6. Situación actual de las instalaciones**

Las instalaciones guardan ciertas características que garantizan una producción de calidad y segura para el consumidor.

Por ejemplo, las paredes del área de preparación están pintadas con pintura plástica de especial resistencia a los lavados y al calor. El techo y piso son impermeables, resistentes, lavables y dotados de esquinas redondeadas para evitar concentraciones de suciedad y facilitar su limpieza. Paredes, techos y suelos se mantienen en perfecta higiene.

Se dispone en todo momento de agua potable, en circuito que trabaja a presión constante, en cantidad suficiente para el enfriamiento de la chaqueta y para la limpieza y lavado de las instalaciones y accesorios, también se cuenta con suministro de aire comprimido, vapor y agua desionizada para la elaboración del producto.



Se tiene una muy buena ventilación e iluminación, ésta última tanto natural como artificial. El lugar mantiene durante la preparación de jarabes, las temperaturas adecuadas, humedad relativa y conveniente circulación de aire. El área de jarabes 2 presenta las dimensiones indicadas en la tabla IV.

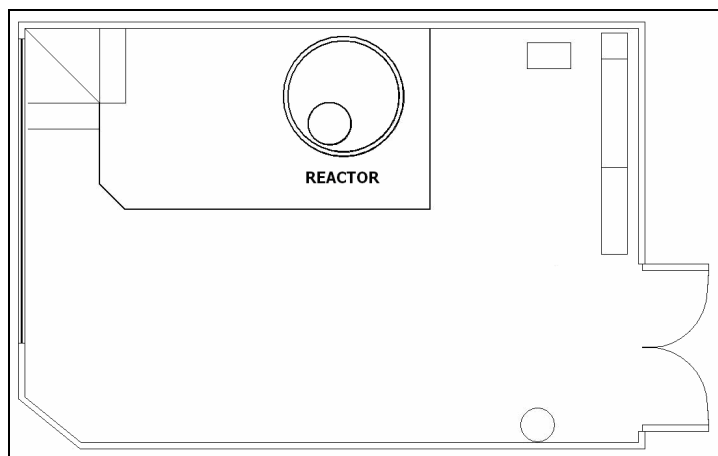
Tabla IV. **Dimensiones del área de preparación**

<b>Área de Jarabes 2</b>	
<b>Especificación</b>	<b>Medida</b>
Largo (m)	7.2
Ancho (m)	4.75
Alto (m)	3.5
Área total (m <sup>2</sup> )	34.2
Área entrepiso (m <sup>2</sup> )	7.88
Volumen total (m <sup>3</sup> )	119.7
Volumen equipo fijo (m <sup>3</sup> )	4.9
Volumen real (m <sup>3</sup> )	114.8

Fuente: LANCASCO, S.A.

La ilustración de la figura 10 muestra la vista en planta del área.

Figura 10. **Planta área de preparación**



Fuente: LANCASCO, S.A.

El área del entrepiso vista frontalmente, tiene la siguiente apariencia:

Figura 11. **Vista frontal área de preparación**



Fuente: LANCASCO, S.A.

En la figura 11 se observan dos rectángulos con puntos, éstos representan el lugar donde se encuentran las tomas de agua, vapor, aire comprimido y agua desmineralizada. Se suprimió el diagrama de las tuberías pues éstas se encuentran muy desordenadas.

#### **2.1.6.1. Reactor**

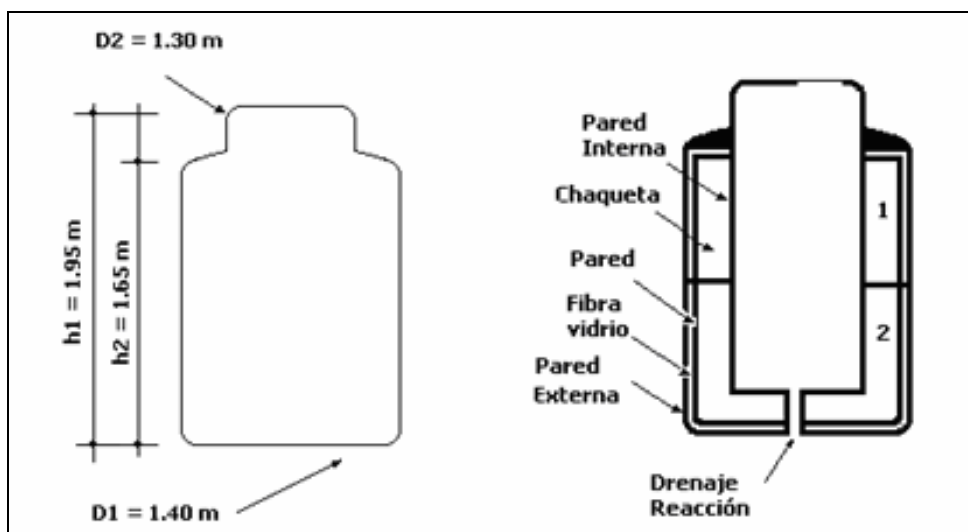
Está constituido por un recipiente cerrado, el cual posee un sistema de aislamiento térmico que consiste en un enchaquetado de fibra de vidrio, que cuenta con tuberías de entrada y salida de vapor y agua. Es utilizado para el calentamiento y enfriamiento del jarabe.

La inspección visual muestra un equipo en buenas condiciones, pero al observar su desempeño, éste presenta problemas para el calentamiento de la masa en lo relativo a la certeza de la presión interna del enchaquetado, y para el enfriamiento se considera muy ineficiente debido a que se necesita un período demasiado largo de tiempo para enfriar la masa, además, el drenaje de la chaqueta es bastante lento. El mantenimiento que se le practica se reduce a la limpieza de las paredes internas y externas antes de realizar la producción.

### 2.1.6.1.1. Descripción y características

El reactor está hecho de una lámina de 2 milímetros de espesor, de acero inoxidable 304 (el más utilizado en la fabricación de productos alimenticios y farmacéuticos). Tiene una capacidad de 2 500 litros. La siguiente ilustración muestra sus dimensiones y configuración:

Figura 12. Dimensiones y configuración reactor



Fuente: elaboración propia.

Posee un agitador accionado por un motor eléctrico, asimismo dos chaquetas para la transferencia de calor hacia y desde el interior del recipiente, es por ello que el reactor cuenta con orificios para entrada de vapor y agua de enfriamiento al enchaquetado, y la salida de condensado y agua de desecho del mismo; se tienen tuberías que transportan el agua de las tomas al enchaquetado, y hacia afuera de éste.

El calentamiento de la chaqueta se realiza con vapor de agua producido por una caldera, mientras que el enfriamiento se realiza con agua potable (a temperatura ambiente). El vapor, el condensado y el agua caliente resultado del enfriamiento no son reutilizados en el proceso, por lo que se conducen al desagüe.

#### **2.1.6.1.2. Orificios de entrada y salida de la chaqueta**

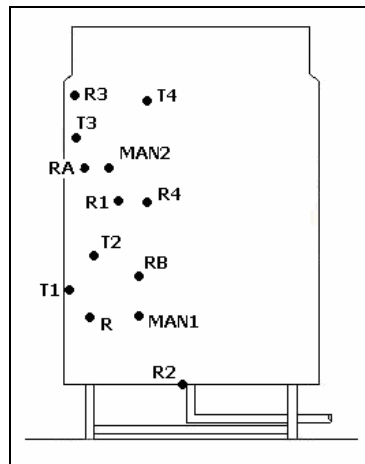
El reactor en su parte externa tiene orificios que permiten que las tuberías transporten hacia afuera y hacia adentro los fluidos para el calentamiento y enfriamiento del enchaquetado. Siendo éstos trece. Los agujeros están distribuidos actualmente de la siguiente manera:

- 2 para manómetros (MAN1, MAN2)
- 2 son para ingreso de vapor (RA, RB)
- 3 para ingreso de agua (R, R3, R4)
- 2 para desagüe/ condensado (R1, R2)
- 4 se encuentran sin uso (T1, T2, T3, T4)

Los conectores en la entrada y en la salida de la camisa son de  $\frac{3}{4}$ ", rosca externa.

A cada agujero se le asignó una nomenclatura de letras y números para su identificación, éstos vistos desde la lateral izquierda, se aprecian en la figura 13.

Figura 13. **Orificios reactor**



Fuente: elaboración propia.

Los orificios se encuentran mal dispuestos de acuerdo a la ubicación de las tomas, pero esto no se debe a errores de diseño, sino a que el reactor fue adquirido tomando en cuenta las características de las instalaciones de la antigua planta de producción y además, que el reactor se encuentra en una posición inadecuada, pues los orificios debieron quedar, de preferencia, en la parte posterior del mismo y no al costado como actualmente se encuentran.

De la misma manera, el sistema es ineficiente, debido a que cuando se realizó la instalación de las tuberías no se consideró aprovechar el total de orificios. Los orificios sin uso pueden servir, ya sea para mejorar el ingreso de agua en el enfriamiento o aumentar el drenaje de agua recalentada durante el mismo.

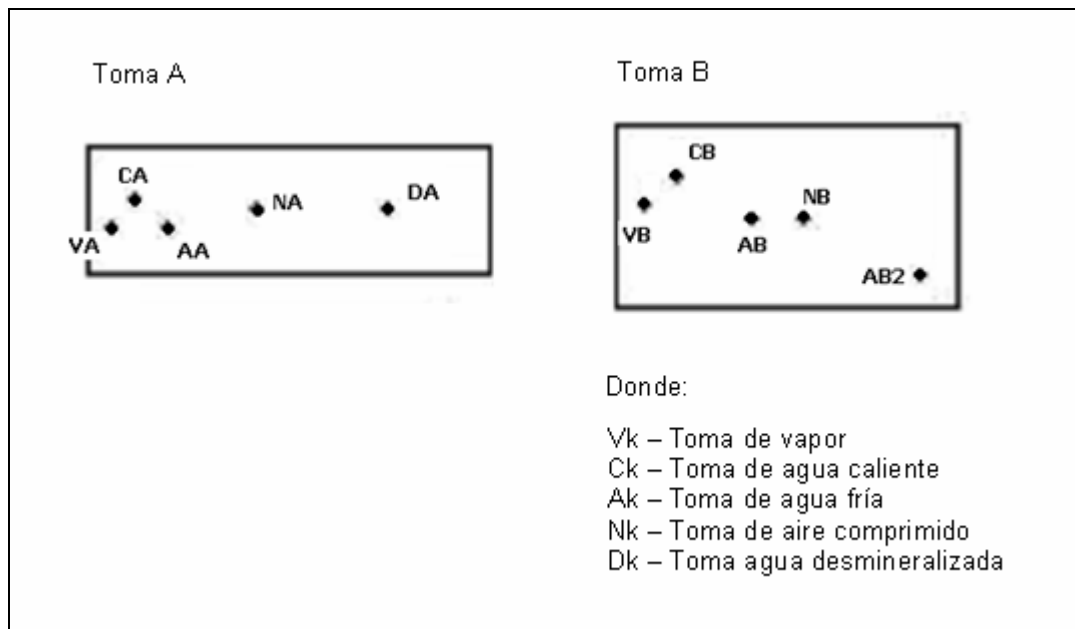
### 2.1.6.2. Tomas

En la pared se encuentran dos placas rectangulares, simulando un centro de mando donde se encuentran las tomas de agua fría (a temperatura ambiente), vapor, aire comprimido, agua caliente y agua desmineralizada.

Estas son llaves de bola o compuerta de  $\frac{3}{4}$ " que permiten recoger los fluidos de las redes respectivas, para transportarlos por medio de tuberías hasta el enchaquetado de reactor.

Las tomas situadas en el lado derecho de la vista frontal (ver figura 11) serán identificadas con la letra A, las de la izquierda con la letra B. Estas tienen la disposición detallada de la figura 14.

Figura 14. Tomas



Fuente: elaboración propia.

### **2.1.6.3. Tuberías**

Éstas se encargan de transportar los fluidos de calentamiento y enfriamiento hacia adentro y afuera del reactor.

Existe una red que lleva el vapor para el calentamiento de las tomas al enchaquetado (ver figura 17), otra red que transporta el agua fría de las tomas a la chaqueta para su enfriamiento (ver figura 18), y otra red que lleva el condensado y el agua fría recalentada desde el reactor hacia el desagüe, esta red también incluye el sistema de alivio de vapor, es decir las tuberías que transportan el vapor para que circule hacia el desagüe y se evite una sobre presión que dañe al reactor (ver figura 19).

El estado interno de las tuberías es incierto, pero por su tiempo de vida (más de 10 años) se presume que tengan ya cierta corrosión, debido a que se encuentran tal y como se instalaron la primera vez.

#### **2.1.6.3.1. Características y descripción**

Las tuberías son de hierro negro y galvanizado, cédula 40 (2.87 mm. de espesor); de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro. Éstas se encuentran mal señalizadas, en sus recorridos cuentan con codos, tees, uniones, válvulas de bola y otros accesorios dependiendo de la red; dichos conductos tienen aproximadamente unos 10 años de vida.

Su diseño es ineficiente y confuso, debido a que algunas de estas tuberías transportan más de un fluido, según la actividad del proceso que se esté realizando. La fotografía de la figura 15 muestra el enredo en que se encuentran.

Figura 15. **Estado actual de las tuberías**



Fuente: LANCASCO, S.A.

#### **2.1.6.3.2. Accesorios**

La instalación de tuberías de agua potable para el enfriamiento de la chaqueta del reactor la conforman una válvula de bola (toma), siete codos, una tee, dos válvulas de bola.

La red de tuberías de calentamiento del reactor (ingreso de vapor) posee seis codos, dos tees, dos manómetros, una válvula de bola (toma) y dos válvulas de bola.

La red de drenaje/ alivio de la presión en la chaqueta del reactor incluye tres válvulas de bola, tres trampas de vapor, dos válvulas de cheque, una válvula de seguridad, diecinueve codos.

Uno de los manómetros de la red de calentamiento se encuentra en desuso debido a que no funciona, los demás accesorios se encuentran en buenas condiciones.









### 2.1.6.3.3. Diagramas

Los diagramas de las figuras 17 a la 19 muestran de forma simplificada cómo están hechas las conexiones en las diversas redes de tuberías, tanto para la entrada como para la salida de fluidos de la chaqueta del reactor, sin considerar los codos y tees de cambio de dirección.

La ilustración de la figura 16 contiene la simbología utilizada para identificar cada elemento de los diagramas anteriormente mencionados.

Figura 16. **Simbología para diagramas de tuberías**

VALVULA DE BOLA		<table border="1"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>ACCESORIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ak</td> <td>Toma de agua</td> </tr> <tr> <td>An</td> <td>Válvula de bola para agua</td> </tr> <tr> <td>Cn</td> <td>Válvula de alivio de presión, drenaje o condensado</td> </tr> <tr> <td>Chn</td> <td>Válvula de cheque</td> </tr> <tr> <td>Dn</td> <td>Desagüe (repositora)</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>Manómetro</td> </tr> <tr> <td>Vk</td> <td>Toma de vapor</td> </tr> <tr> <td>Vn</td> <td>Válvula de bola para vapor</td> </tr> </tbody> </table>	SÍMBOLO	ACCESORIO	Ak	Toma de agua	An	Válvula de bola para agua	Cn	Válvula de alivio de presión, drenaje o condensado	Chn	Válvula de cheque	Dn	Desagüe (repositora)	Mn	Manómetro	Vk	Toma de vapor	Vn	Válvula de bola para vapor
SÍMBOLO	ACCESORIO																			
Ak	Toma de agua																			
An	Válvula de bola para agua																			
Cn	Válvula de alivio de presión, drenaje o condensado																			
Chn	Válvula de cheque																			
Dn	Desagüe (repositora)																			
Mn	Manómetro																			
Vk	Toma de vapor																			
Vn	Válvula de bola para vapor																			
VALVULA DE CHEQUE																				
VALVULA DE ALIVIO DE PRESION																				
TRAMPA DE VAPOR																				
FIN DE TUBERIA																				
MANOMETRO																				

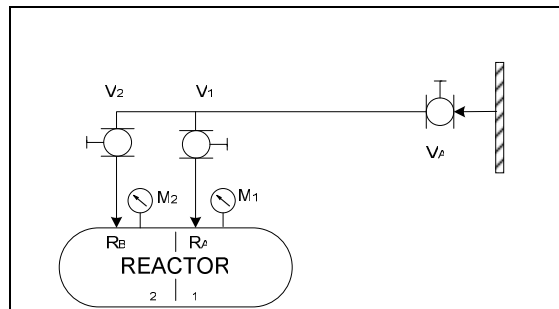
Fuente: Toro Productos Comerciales. Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba p. 11-13.

#### 2.1.6.3.3.1. Calentamiento

La construcción actual de la red de tuberías, de hierro negro, para el calentamiento de la chaqueta provoca que el vapor tenga un recorrido aproximado de 7,6 metros, desde la toma hasta el interior de la chaqueta.

La figura 17 muestra esquemáticamente, sin los cambios de dirección, la forma en que están dispuestos los accesorios.

Figura 17. **Diagrama calentamiento actual**



Fuente: elaboración propia.

La tabla V muestra los elementos que conforman esta red.

Tabla V. **Elementos calentamiento actual**

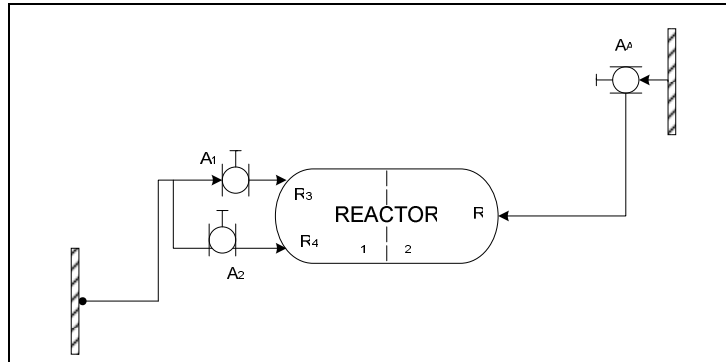
ELEMENTO	CANTIDAD	ID
Tomas	1	$V_A$
Válvulas de bola	2	$V_1, V_2$
Manómetros	2	$M_1, M_2$
Orificios utilizados	4	$R_A, R_B, MAN_1, MAN_2$

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6.3.3.2. Enfriamiento

Las tuberías para el enfriamiento de la chaqueta están hechas de hierro galvanizado y poseen una longitud de aproximadamente 16,1 metros. Enseguida se muestran las conexiones que los diseñadores originales de la red consideraron necesarias para hacer llegar el agua fría de las tomas a ambas chaquetas.

Figura 18. **Diagrama enfriamiento actual**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Elementos enfriamiento actual**

ELEMENTO	CANTIDAD	ID
Tomas	1	A <sub>A</sub>
Válvulas de bola	2	A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub>
Orificios utilizados	3	R, R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6.3.3. Drenaje/condensado

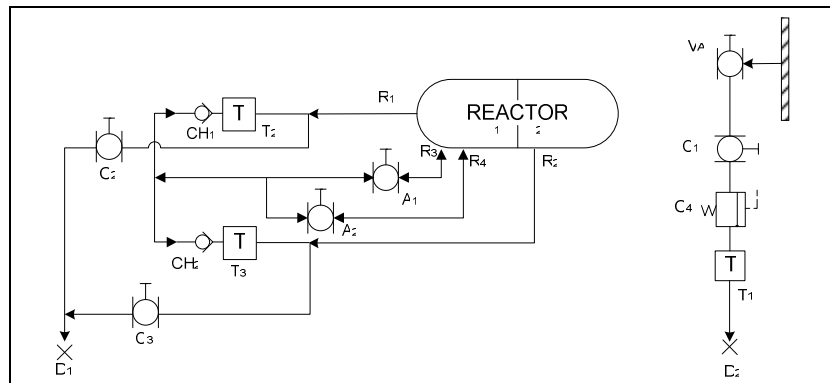
La red de alivio, drenaje o condensado, al igual que la red de vapor, está conformada por tubería de hierro negro y es también utilizada para extraer agua recalentada y condensados de la chaqueta al desagüe. Posee una longitud de tubería de aproximadamente 14,6 metros.

Cuando se realiza el alivio (proceso de evitar sobrepresiones mientras se ingresa vapor a la chaqueta), se tiene el inconveniente que uno de los manómetros no funciona y se asume que ambas chaquetas tienen la misma presión, lo cual podría ser peligroso tanto para el equipo como para el operario.

La válvula de alivio se encuentra a una distancia lejana de la chaqueta del reactor, por lo que su accionamiento probablemente sería retardado en caso de alguna emergencia por sobrepresión. Los demás accesorios están bien dispuestos y en correcto funcionamiento. Asimismo, la capacidad de drenado de agua recalentada es lenta, lo que ocasiona un enfriamiento retardado.

La figura 19 muestra, sin los cambios de dirección, la forma en que están dispuestos los accesorios

Figura 19. **Diagrama drenaje/condensado/alivio actual**



Fuente: elaboración propia.

Los elementos de esta red se muestran en la tabla VII.

Tabla VII. **Elementos drenaje/condensado/alivio actuales**

ELEMENTO	CANTIDAD	ID
Trampas de vapor	3	T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub>
Válvulas de seguridad	1	C <sub>4</sub>
Válvulas de chequeo	2	CH <sub>1</sub> , CH <sub>2</sub>
Válvulas de bola	3	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>
Orificios utilizados	4	R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub>

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.7. Funcionamiento del equipo**

A continuación se describe la forma en la que el operario manipula las válvulas y demás elementos para poner en funcionamiento la chaqueta del reactor, para las diversas fases en que ésta es útil en la fabricación de jarabes con calor.

#### **2.1.7.1. Calentamiento**

Se hace llegar el *batch* de jarabe a cierta temperatura, de acuerdo al jarabe que se esté fabricando, una vez el producto ha alcanzado la temperatura requerida según la farmacopea, es necesario mantenerlo a esa temperatura durante un tiempo determinado

El calentamiento de la chaqueta se realiza haciendo circular en ella vapor de agua. Posteriormente la chaqueta transfiere ese calor hacia el interior del reactor, donde se encuentra el jarabe en preparación.

Inicialmente se abre la toma con la válvula de bola  $V_A$ , lo que alimentará ambas chaquetas,  $V_1$  y  $V_2$  permanecerán abiertas, a menos que sea necesario cerrarlas, debido a una emergencia de sobre presión en la chaqueta.

Los manómetros colocados uno en cada chaqueta, muestran la presión interna (ver figuras 13 y 17). Durante el calentamiento se utilizan también las tuberías de aliviamiento.

La cantidad de vapor que ingresa a la chaqueta es la necesaria, esto se comprueba sabiendo que el proceso de calentamiento para un *batch* estándar se realiza en un período de tiempo considerado como el adecuado (1,5 horas).

### **2.1.7.2. Aliviamiento**

Esto ocurre durante el calentamiento, para evitar que se de una sobre presión que dañe o, en el peor de los casos, origine una explosión en el enchaquetado del reactor.

Cuando se inicia el calentamiento, las válvulas  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  permanecen cerradas para calentar las paredes internas de la chaqueta. Antes de llegar a cierta presión se abren las válvulas  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  para que el vapor fluya y transfiera su energía interna al jarabe, evitando que se condense dentro de la chaqueta. La válvula  $C_4$  permanece cerrada y se abre automáticamente únicamente si la presión manométrica aumenta a valores peligrosos para el equipo (ver figura 19). Finalizado el calentamiento se cierra  $C_1$  para iniciar el enfriamiento.

Este proceso aunque se realiza de forma eficiente, presenta el problema que requiere de un operario atento a los incrementos peligrosos de presión en el interior de la chaqueta, según lo muestre el manómetro  $M_1$ , único manómetro que funciona de los dos existentes (ver figuras 13 y 17).

### **2.1.7.3. Enfriamiento**

Para poder ser almacenado, el jarabe debe estar a temperatura ambiente, por lo que es necesario enfriarlo siempre después de haberlo calentado. Al inverso que en el calentamiento, en el enfriamiento el fluido contenido en la chaqueta, agua en este caso, absorbe la energía calorífica del jarabe contenido en el reactor.

Estando cerrada la válvula de la toma de vapor, se abren las válvulas  $A_A$ ,  $A_1$  y  $A_2$  (ver figura 18). Al igual que para calentar la chaqueta, ésta se llena primero del fluido. Una vez llena la chaqueta se abre la tubería de drenaje para hacer circular el agua y lograr enfriar el producto.

Este proceso es el más ineficiente, pudiendo llegar a demorarse hasta 15 horas, debido a que la cantidad de agua de enfriamiento es poca al igual que el drenaje de agua recalentada.

#### **2.1.7.4. Drenaje**

Durante el enfriamiento, a la vez que entra agua de enfriamiento, sale agua recalentada. Al iniciar el enfriamiento, mientras se llena la chaqueta,  $C_2$  y  $C_3$  se mantienen cerradas; una vez lleno el enchaquetado, se abren. Para finalizar el enfriamiento se cierran las válvulas de ingreso de agua, y se espera hasta dejar de salir agua de desecho de la chaqueta para cerrar nuevamente  $C_2$  y  $C_3$  (ver figura 19).

El drenaje de agua recalentada es un poco lento, por lo que cuesta enfriar la masa de jarabe. El operario desconoce para qué sirven ciertos tramos de dicha tubería.

## **2.2. Propuesta de rediseño de la instalación de tuberías**

El proyecto busca lograr una mejora en el proceso de fabricación de jarabes con calor, a través de la realización de un nuevo diseño de las redes de tuberías de ingreso de vapor y de agua y de la red de desagüe/alivio al reactor fabricante de jarabes.

Se utilizará un modelo matemático para calcular el tiempo de calentamiento actual, para comprobar la precisión del resultado en relación con el tiempo real de dicho proceso. De tratarse de un modelo confiable, éste se utilizará para calcular el tiempo de enfriamiento de la masa, luego de realizado el rediseño propuesto para las redes de tuberías. Asimismo se determinará el costo del proyecto y los beneficios de su ejecución, tomando en cuenta el ahorro de tiempo y monetario.

Con el nuevo diseño se eliminará el enredo y confusión que existe actualmente en las tuberías, evitando que las líneas tengan tantos cambios de dirección para el ingreso de fluidos.

Se prevé que el ingreso del flujo de vapor hacia la chaqueta del reactor sea por la parte inferior del mismo y que el flujo de agua fría ingrese a la chaqueta en mayor volumen, y por la parte superior para favorecer un funcionamiento más efectivo que el actual.

Está contemplada la colocación de instrumentos y accesorios que permitan mayor control sobre el funcionamiento del reactor, a la vez que se facilite la labor del operario sin ponerlo en riesgo, asegurando la calidad del producto.

Los beneficios se verán reflejados en la mejora de la interacción entre hombre y equipo y, como cualquier propuesta de relevancia, en el incremento de utilidades para la empresa.



### **2.2.1. Argumentos técnicos**

Las áreas de fabricación más importantes dentro de la planta son las de sólidos y líquidos, el proyecto se desarrollará en una de estas áreas críticas.

El no aprovechar los recursos tanto como se pueda, incide en los costos de una empresa, estando esto relacionado con la mano de obra, tiempos de entrega del producto y costos de oportunidad.

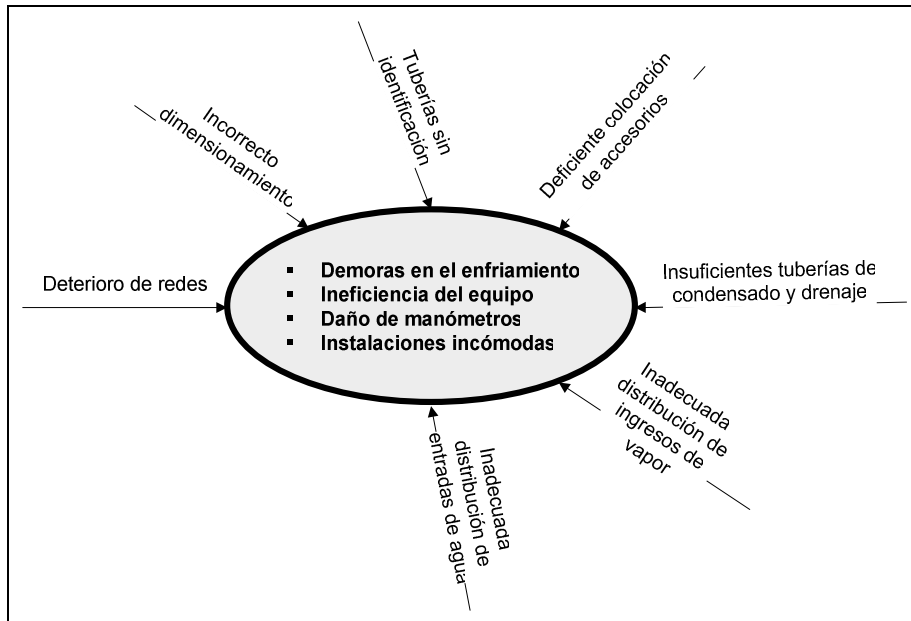
Es importante identificar acciones y proyectos que permitan reducir el costo de producción de los medicamentos, para obtener un mayor margen de utilidad que pueda utilizarse para inversión.

LANCASCO cuenta con varios equipos sofisticados para la producción de medicamentos, pero muchas veces no se aprovecha al máximo su eficiencia. El área de jarabes 2, lugar donde se fabrican jarabes, posee una diversidad de instrumentos, equipos y máquinas para llevar a cabo dicho proceso.

El deterioro, incorrecto dimensionamiento y deficiente distribución del sistema de suministro y drenaje de fluidos del reactor fabricante de jarabes, ocasiona la ineficiencia del equipo, daño de manómetros, instalaciones en determinado momento incómodas para el operario, y principalmente tiempos de enfriamiento demasiado largos para jarabes fabricados con calor.

El mapa mental de la figura 20 muestra los problemas que se tienen en el reactor y sus efectos, los cuales conducen a considerar necesaria la realización del proyecto

Figura 20. **Problemas y efectos en la fabricación de jarabes**



Fuente: elaboración propia.

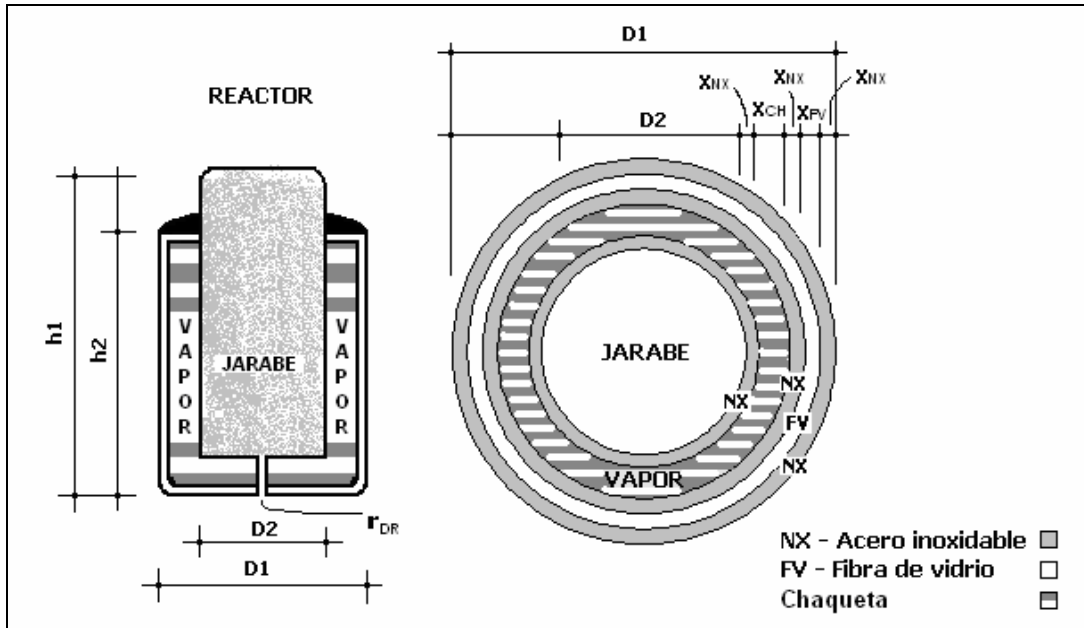
### 2.2.1.1. Condiciones iniciales

Se considerarán como condiciones iniciales todos los datos, características y aspectos relevantes que servirán como base para realizar los cálculos del tiempo de calentamiento actual y enfriamiento propuesto. En el área de preparación se trabaja a una atmósfera de presión y 20 °C.

#### 2.2.1.1.1. Chaqueta

El reactor tiene dos chaquetas para la transferencia de calor, las cuales para efectos de cálculo del calentamiento actual se consideran una sola (ver figura 21). El enfriamiento si se calculará considerando dos chaquetas distintas.

Figura 21. Dimensiones y materiales chaqueta



Fuente: elaboración propia.

Según la figura 21, la chaqueta está conformada por la parte sombreada en el dibujo de la izquierda y en el dibujo de la derecha por el área anular donde se identifica el vapor. Las medidas que serán utilizadas para realizar los cálculos necesarios, son las siguientes:

- Altura total del reactor ( $h_1$ ) = 1.95 m.
- Diámetro base del reactor ( $D_1$ ) = 1.40 m.
- Diámetro parte superior del reactor ( $D_2$ ) = 1.30 m.
- Altura hasta el cuello del reactor ( $h_2$ ) = 1.65 m.
- Grosor paredes de acero inoxidable ( $X_{NX}$ ) = 2 mm. (según especificaciones de fabricantes de reactores).
- Ancho recubrimiento aislante de fibra de vidrio ( $X_{FV}$ ) = 1.2 cm. (según especificaciones de fabricantes de enchaquetados).
- Radio del drenaje de la reacción ( $r_{DR}$ ) = 2.4 cm.

La altura total, el diámetro base, diámetro de la parte superior, la altura hasta el cuello y el radio del drenaje de la reacción fueron medidos directamente del exterior del reactor.

Los grosores de paredes de acero inoxidable y recubrimiento aislante de fibra de vidrio se establecieron según especificaciones estándar de fabricantes de reactores encaquetados, esto debido a que no se contaba con el manual del reactor y obviamente tampoco se podía realizar un corte transversal para conocer las medidas reales.

El espesor de la chaqueta, es decir el ancho del anillo del sector en que circula el vapor o agua, se dedujo a partir de la información que ya se tenía. Para conocer dicho valor, al diámetro base ( $D_1$ ) se restan los grosores de las paredes de acero inoxidable y el ancho de la fibra de vidrio, así como el diámetro de la parte superior del reactor (ver figura 21).

- Espesor de la chaqueta ( $X_{CH}$ ) = 3.2 cm.

$$X_{CH} = D_1/2 - D_2/2 - 3X_{NX} - X_{FV}$$

$$X_{CH} = 0.7 - 0.65 - 3(0.002) - (0.012) = 0.032 \text{ m}$$

- Volumen de la chaqueta ( $V_J$ ) = 0.2594 m<sup>3</sup>

$$V_J = \text{Área} * \text{altura}$$

$$V_J = \pi ((D_2/2 + X_{CH})^2 - (D_2/2)^2) * (h_2 - (4X_{NX} + 2X_{FV})) + \pi ((D_2/2)^2 - (r_{DR})^2) * (X_{CH})$$

$$V_J = \pi ((0.65 + 0.032)^2 - (0.65)^2) * (1.65 - (4(0.002) + 2(0.012))) +$$

$$\pi ((0.65)^2 - (0.024)^2) (0.032)$$

$$V_J = \pi (0.0426) (1.618) + \pi (0.4219) (0.032)$$

$$V_J = 0.2591 \text{ m}^3$$

- Área interna de transferencia de calor (área de la pared en contacto directo con el medio reaccionante),  $A_i = 7.7669 \text{ m}^2$

$$A_i = 2\pi \cdot \text{radio} \cdot \text{altura}$$

$$A_i = 2\pi (D_2/2 - X_{NX}) (h_2 - (5 X_{NX} + 2X_{FV} + X_{CH})) + \pi ((D_2/2 - X_{NX})^2 - (r_{DR} - X_{NX})^2)$$

$$A_i = 2\pi (0.65 - 0.002) (1.65 - (5 \cdot 0.002 + 0.024 + 0.032)) + \pi ((0.65 - 0.002)^2 - (0.024 - 0.002)^2)$$

$$A_i = 2\pi (0.648) (1.584) + \pi (0.4194)$$

$$A_i = 7.7669 \text{ m}^2$$

- Área externa de transferencia de calor (área de la pared que recibe directamente el calor del vapor en la chaqueta),  $A_o = 7.8028 \text{ m}^2$

$$A_o = 2\pi \cdot \text{radio} \cdot \text{altura}$$

$$A_o = 2\pi (D_2/2) (h_2 - (4 X_{NX} + 2X_{FV} + X_{CH})) + \pi ((D_2/2)^2 - (r_{DR})^2)$$

$$A_o = 2\pi (0.65) (1.65 - (4 \cdot 0.002 + 0.024 + 0.032)) + \pi ((0.65)^2 - (0.024)^2)$$

$$A_o = 2\pi (0.65) (1.586) + \pi (0.4219) = 7.8028 \text{ m}^2$$

### 2.2.1.1.2. Vapor

Es el fluido contenido dentro la chaqueta durante el calentamiento. Este cede su energía para aumentar la temperatura de la masa, posee las siguientes características:

- Presión de trabajo: 480.54 kPa (69.7 Psi).
- Temperatura de trabajo: 150.33 °C.
- Flujo de alimentación de vapor:  $2.91 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{seg}$
- Al llegar la presión manométrica dentro del enchaquetado a 60 Psi, se alivia el sistema.

Debido a que en las tomas del área de preparación de jarabes no existe información relacionada con las características del vapor, se realizaron ciertas mediciones en diversos puntos donde sí existe forma de obtener los datos.

Se obtuvo datos de las características del vapor en tres puntos distintos: en la propia caldera; a la salida de la misma, donde se tomó 10 datos que fueron posteriormente promediados; y en el cuarto de máquinas, el cual está próximo al área de fabricación. Las tablas VIII y IX muestran los valores obtenidos en el área de caldera y cuarto de máquinas.

Tabla VIII. **Datos en *display* de la caldera**

ELEMENTO	VALOR
Flujo másico	0.003 Kg/s
Presión	390.78 KPa (56.678 Psi)
Temperatura	150.95 °C

Fuente: datos de campo.

Tabla IX. **Datos del vapor a la salida de la caldera**

Presión (Bar)	Temp. (°C)	Presión (Bar)	Temp. (°C)
3.742	151.470	3.921	150.175
3.849	150.766	3.903	151.357
3.912	150.175	3.884	150.879
4.004	150.879	3.860	150.947
4.032	150.879	3.971	149.751
Presión promedio: 3.9078 bar.			
Temperatura promedio: 150.73 °C.			

Fuente: datos de campo.

- El manómetro del cuarto de máquinas muestra una presión de 379.212 KPa (55 Psi).

La información de las características del vapor a la salida de la caldera será utilizada para determinar el tipo de vapor que se utiliza en el enchaquetado.

$$T_{\text{cald}} = 150.73 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{man}} = 390.78 \text{ KPa}$$

$$P_{\text{atm}} = 101.325 \text{ KPa}$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{abs}} = (390.78 + 101.325) \text{ KPa}$$

$$P_{\text{abs}} = 492.11 \text{ kPa}$$

Se utilizará la tabla de presiones para agua saturada (ver anexo 2), para conocer todas las características del vapor a una presión absoluta de 492.11 KPa. Como la tabla muestra datos únicamente para 450 KPa y 500 KPa, será necesario realizar una interpolación, como la siguiente ecuación:

$$T_{\text{SAT@ 492.11 KPa}} = T_{\text{SAT@ 450 KPa}} - \frac{(P_{\text{@ 450 KPa}} - P_{\text{@ 492.11 KPa}})(T_{\text{SAT@ 450 KPa}} - T_{\text{SAT@ 500 KPa}})}{(P_{\text{SAT@ 450 KPa}} - P_{\text{SAT@ 500 KPa}})}$$

Tabla X. **Presiones, agua saturada – 492.11 KPa**

Presión (KPa)	Temp. Sat. (°C)	vf (m <sup>3</sup> /kg)	vg (m <sup>3</sup> /kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)
450	147.93	0.001088	0.4140	623.25	2120.7	2743.9
<b>492.11</b>	<b>151.24</b>	<b>0.001092</b>	<b>0.38107</b>	<b>637.55</b>	<b>2110.4</b>	<b>2747.9</b>
500	151.86	0.001093	0.3749	640.23	2108.5	2748.7

Fuente: ÇENGEL, Yunus. Termodinámica. p. 730.

El valor de la temperatura en la caldera ( $T_{cald} = 150.73 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) es muy similar al valor teórico de la temperatura de saturación para la presión de 492.11 KPa,  $T_{SAT@ 492.11 \text{ KPa}} = 151.24$  (con un error de -0.34%), y debido a sus características y condensación en tuberías, se comprueba el uso de vapor saturado.

Tomando en cuenta datos proporcionados por la empresa, previamente calculados, se estableció que la calidad de la mezcla es 98.6%.

- Características del vapor a utilizarse en la chaqueta

La presión del vapor en la chaqueta tendrá el valor de la presión del cuarto de máquinas, ya que ahí se encuentra el manómetro más cercano al área de fabricación.

$$P_{man} = 379.212 \text{ kPa (55 Psi)}$$

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

$$P_{abs} = 379.212 + 101.325$$

$$P_{abs} = 480.54 \text{ kPa}$$

Conociendo la presión absoluta de trabajo, 480.54 KPa, realizando interpolaciones y con la ayuda de las tablas de presiones para agua saturada, se podrán determinar propiedades del vapor de agua, tal como la temperatura de saturación, volumen específico, entalpías, energía interna y entropía. Dichas propiedades se utilizarán posteriormente para realizar ciertos cálculos.



Tabla XI. **Presiones, agua saturada – 480.54 KPa (A)**

Presión (KPa)	Temp. Sat. (°C)	vf (m <sup>3</sup> /kg)	vg (m <sup>3</sup> /kg)	hf (KJ/Kg)	hfg (KJ/Kg)	hg (KJ/Kg)
450	147.93	0.001088	0.4140	623.25	2120.7	2743.9
<b>480.54</b>	<b>150.33</b>	<b>0.001091</b>	<b>0.3901</b>	<b>633.62</b>	<b>2113.3</b>	<b>2746.8</b>
500	151.86	0.001093	0.3749	640.23	2108.5	2748.7

Fuente: ÇENGEL, Yunus. Termodinámica. p. 730.

Tabla XII. **Presiones, agua saturada – 480.54 KPa (B)**

Presión (KPa.)	uf (KJ/Kg)	ufg (KJ/Kg)	ug (KJ/Kg)	sf (KJ/Kg-K)	sfg (KJ/Kg-K)	sg (KJ/Kg-K)
450	622.77	1934.9	2557.6	1.8207	5.0359	6.8565
<b>480.54</b>	<b>633.10</b>	<b>1926.8</b>	<b>2559.8</b>	<b>1.8451</b>	<b>4.9899</b>	<b>6.8350</b>
500	639.68	1921.6	2561.2	1.8607	4.9606	6.8213

Fuente: ÇENGEL, Yunus. Termodinámica. p. 730.

X = calidad de la mezcla = 0.986

T = T<sub>SAT@480.54 KPa</sub> = 150.33 °C

### 2.2.1.1.3. Agua potable

Es el fluido contenido dentro la chaqueta durante el enfriamiento. Absorbe el calor de la masa para enfriarla, tiene las siguientes características:

- Densidad: 1000 kg/m<sup>3</sup> (densidad a temperatura ambiente)
- Temperatura de trabajo: 20 °C (ambiente)
- Flujo de alimentación de agua: 4.53 x10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/seg (0.1196 gal/s)

Para determinar el valor del flujo de alimentación de agua, dado que no existen medidores del mismo, se realizó un experimento que consistió en cronometrar el tiempo necesario para que se llenara un recipiente de 3 galones. Se realizaron dos mediciones en dos puntos diferentes del circuito de agua potable con el fin de determinar si existe el mismo flujo en diferentes puntos de dicho circuito.

Luego, con la ecuación:  $\text{caudal} = \text{volumen} / \text{tiempo}$ , se determinó experimentalmente dicho valor. La tabla XIII muestra la tabulación de la información obtenida con dicho experimento.

Tabla XIII. **Datos para determinar el flujo de alimentación de agua**

	<b>Volumen (galones)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (Volumen / tiempo)</b>
1	3	27.46	0.1092
2	3	23.52	0.1276
3	3	24.31	0.1234
4	3	25.38	0.1182
	<b>Promedio</b>	<b>25.17</b>	<b>0.1196</b>

Fuente: datos de campo.

#### **2.2.1.1.4. Jarabe**

Conocido también como medio reaccionante, ya que en el mismo se lleva a cabo la reacción de miel y otros ingredientes hasta obtener el producto, sus características son las siguientes:

- Densidad: 1423.07 kg/m<sup>3</sup> (de la miel a 20 °C)
- Temperatura de calentamiento: 80 °C
- Tamaño de *batch*: 2400 Litros
- Calor específico de la miel (Cp) = 0.62 kCal/kg-°C

Se consideró como materia prima la miel, pues esta es la que más se utiliza para la fabricación de jarabes en la empresa. Generalmente, la temperatura del producto se eleva hasta 80 °C, según lo establecido en farmacopeas, punto a partir del cual se disuelven fácilmente todas las materias primas; se mantiene dicha temperatura por cierto tiempo para homogenizar la mezcla.

Para determinar el volumen de la reacción que se llevará a cabo dentro del reactor, es decir la cantidad de jarabe contenida en el mismo, se asumió que se trabaja con el lote de mayor tamaño que se produce en el tanque, en este caso 2 400 litros.

$$V = 2400 \text{ L} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 2.4 \text{ m}^3$$

Enseguida se determina la masa de jarabe

$$M = \rho * V$$

$$M = 1423.07 \text{ kg/m}^3 * 2.4 \text{ m}^3$$

$$M = 3415.37 \text{ kg}$$

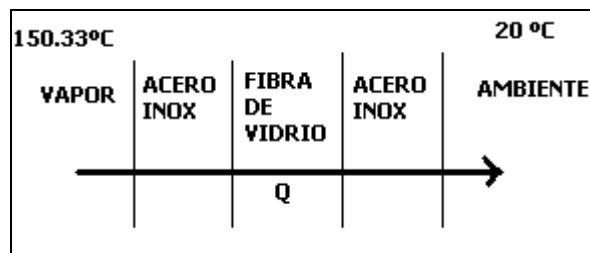
### **2.2.1.2. Transferencia de calor**

Las tipos de transferencias de calor que se dan para el calentamiento en el reactor son:

- Radiación y convección (de la chaqueta al exterior): existen pérdidas del calor contenido en la chaqueta, ya que este intenta escapar hacia fuera de la estructura del reactor.

Parte de este calor se disipa en el recubrimiento aislante de fibra de vidrio, una parte se irradia al ambiente y otra se disipa en las paredes de acero inoxidable. Esta transferencia de calor se da de la manera en que lo muestra la figura 22.

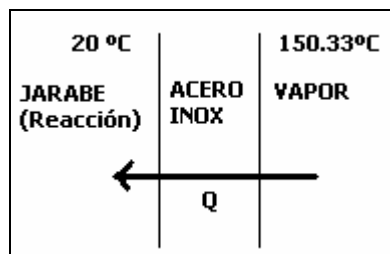
Figura 22. **Transferencia de calor de la chaqueta al exterior**



Fuente: elaboración propia.

- Convección (de la chaqueta al jarabe): la transferencia de calor es por convección, debido a que este proceso involucra la conducción y el movimiento de un fluido, en este caso el vapor. La presencia de movimiento volumétrico en el fluido incrementa la transferencia térmica entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las tasas de transferencia de calor. Esta transferencia se lleva a cabo como se presenta en el esquema de la figura 23.

Figura 23. **Transferencia de calor de la chaqueta al jarabe**



Fuente: elaboración propia.

Para conocer los valores de las transferencias de calor es necesario realizar el cálculo de ciertos coeficientes:

- Coeficiente de transferencia de calor interno (medio reaccionante – pared)
- Coeficiente de transferencia de calor externo (fluido de la camisa – pared)

#### **2.2.1.2.1. Coeficiente de transferencia de calor interno**

El coeficiente de transferencia de calor interno ( $\mu_i$ ), es decir el coeficiente relacionado con el calor que transmite la pared interna del reactor al medio reaccionante (jarabe) y viceversa, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\mu_i = \frac{Nu\lambda_r}{D_i}$$

Donde:

$\lambda_r$  = coeficiente de conductividad térmica del medio reaccionante

$Nu$  = número de Nusselt

$D_i$  = diámetro interno (del área de contacto de la pared y el jarabe)

Para poder determinar el valor de dicho coeficiente es necesario realizar ciertos cálculos previamente.

$$Pr = \frac{C_p \eta_r}{\lambda_r}$$

Donde:

Pr = número de Prandtl

Cp = calor específico de la masa reaccionante (miel)

$\eta_r$  = viscosidad dinámica del medio reaccionante (miel) a temperatura ambiente

$\lambda_r$  = coeficiente de conductividad térmica del medio reaccionante.

$$C_{P_{JAR}} = 0.62 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * \frac{4.1868 \text{ kJ}}{1 \text{ kCal}} = 2.60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$\eta_r = 18,900 \text{ cP} * \frac{10^{-3} \text{ kg/m-s}}{1 \text{ cP}} = 189 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}$$

$$\lambda_r = 128 \times 10^{-5} \frac{\text{cal}}{\text{cm} * \text{s}^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ kCal}}{1000 \text{ Cal}} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} * \frac{4.1868 \text{ kJ}}{1 \text{ KCal}} * \frac{1 \text{ kW}}{1 \text{ kJ/s}}$$

$$\lambda_r = 5.359 \times 10^{-4} \frac{\text{kW}}{\text{m}^\circ\text{C}}$$

$$Pr = \frac{C_p (\eta_r)}{\lambda_r} = \frac{(2.60)(189)}{0.5358 \times 10^{-3}} = 915468.75$$

El número de Prandtl representa la relación que existe entre el espesor de la capa límite de velocidad y la capa límite térmica, éste se emplea tanto en convección forzada como natural. El resultado anterior refleja que la cantidad de movimiento se difunde por el fluido a una velocidad mucho mayor que el calor. Conociéndose el valor del número de Prandtl, a continuación se determina el número de Reynolds.

$$Re = \frac{\omega(D_{agi})^2 \rho}{\eta_r}$$

Donde:  $Re$  = número de Reynolds

$\omega$  = revoluciones por minuto del agitador del reactor

$D_{agi}$  = diámetro de la hélice del reactor

$\rho$  = densidad de la masa reaccionante (miel)

El reactor posee un motor que trabaja a 50 Hz, tratándose de un motor de 60 Hz y 1720 rpm, entonces las revoluciones por segundo a las que gira la hélice marina de 3 palas para la agitación de la reacción dentro del equipo serían:

$$\omega = 1720 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{50\text{Hz}}{60\text{Hz}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 23.88 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$D_{agi} = 0.20 \text{ m}$$

$$\rho = 1423.07 \text{ kg/m}^3$$

$$Re = \frac{\omega(D_{agi})^2 \rho}{\eta_r} = \frac{23.88(0.20)^2(1423.07)}{189} = 7.19$$

El valor del número de Reynolds es un indicativo del tipo de flujo del fluido, por ser  $Re < 2300$  se trata de un flujo laminar. Conocer los valores del número de Prandtl y Reynolds, permite determinar el número de Nusselt, que a su vez permitirá determinar el coeficiente de conducción.

$$Nu = aRe^b Pr^c \left( \frac{\eta_r}{\eta_p} \right)^d$$

Donde:  $Nu$  = número de Nusselt

$\eta_p$  = viscosidad dinámica del medio reaccionante (miel) a la temperatura final

En este caso, la temperatura final de la miel serán los 80 °C a los que se calentará la mezcla.

$$\eta_p = 100\text{cP} * \frac{10^{-3}\text{kg/m-s}}{1\text{cP}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m-s}}$$

Para determinar los coeficientes a, b, c, d se utiliza la tabla XIV, cuya selección se hará con el uso del número de Reynolds,  $Re$ , previamente calculado. Como el número de Reynolds obtenido es menor a 400, y debido a las características del agitador, se utilizarán los coeficientes dados para una turbina tipo A.

Tabla XIV. **Coeficientes para número de Reynolds según agitador**

Tipo de agitador	Re	a	b	c	d
Turbina (A)	<400	0.54	2/3	1/3	0.14
Turbina (B)	≥ 400	0.74	2/3	1/3	0.14
"Impeller" (vitrificado)	$2 \times 10^{-4} \leq Re \leq 2 \times 10^6$	0.33	2/3	1/3	0.14
Ancla	$30 < Re < 300$	1	0.5	1/3	0.14
Ancla	$300 < Re < 5000$	0.38	2/3	1/3	0.14

Fuente: GRAU VILALTA, Dolors. Estudio del comportamiento de reactores discontinuos y semicontinuos: modelización y comprobación experimental. p. 21.

$$Nu = a * Re^b Pr^c \left( \frac{\eta_r}{\eta_p} \right)^d$$

$$Nu = (0.54)(7.19)^{2/3} (915468.75)^{1/3} (189/1)^{0.14}$$

$$Nu = 407.06$$

El número de Nusselt representa la relación que existe entre el calor transferido por convección a través del fluido y el que se transferiría si sólo existiese conducción; cuanto mayor es, más eficaz es la convección.



El resultado obtenido para el número de Nusselt muestra que la convección es eficaz. Finalmente, ya con dicho valor se calcula el coeficiente de transmisión de calor interno ( $\mu_i$ ).

$$\mu_i = \frac{Nu\lambda_r}{D_i}$$

$$D_i = D_2 - 2X_{NX} = 1.30 - 0.002(2)$$

$$D_i = 1.296 \text{ m}$$

$$\mu_i = \frac{Nu\lambda_r}{D_i} = \frac{407.06(5.359 \times 10^{-4})}{1.296} = 0.1683 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

El valor del coeficiente de transferencia de calor interno se interpreta como el flujo de calor que se transfiere por grado de temperatura, de la pared que conecta la chaqueta con el reactor a la masa de jarabe, o viceversa.

#### 2.2.1.2.2. Coeficiente de transferencia de calor externo

El coeficiente de transferencia de calor externo para el vapor ( $\mu_{OS}$ ), es el coeficiente relacionado con el calor que transmite el vapor en el interior del enchaquetado a la pared externa del reactor, colindante con la camisa; se calcula con la siguiente ecuación:

$$\mu_{OS} = \frac{Nu\lambda_{FL}}{D_{eq}}$$

Donde:  $\lambda_{FL}$  = coeficiente de conductividad térmica, fluido de la camisa

$D_{eq}$  = diámetro equivalente

$$D_{eq} = d_o - d_i$$

$$D_o = \text{diámetro externo} = D_2$$

$$D_i = \text{diámetro interno} = D_o - 2X_{NX}$$

$$D_{eq} = D_o - D_i = D_o - (D_o - 2X_{NX})$$

$$D_{eq} = 2X_{NX} = 2 (0.002)$$

$$D_{eq} = 0.004 \text{ m}$$

Debido a que se trata de fluidos distintos y en condiciones distintas, no puede utilizarse el mismo número de Nusselt previamente calculado, ni puede calcularse de la misma manera, por lo que se utiliza la siguiente expresión:

$$Pr = \frac{C_J \eta_{FL}}{\lambda_{FL}}$$

Donde:

$Pr$  = número de Prandtl

$C_J$  = calor específico del fluido que circula por la camisa (vapor)

$\eta_{FL}$  = viscosidad dinámica del fluido de la camisa (vapor)

$\lambda_{FL}$  = coeficiente de conductividad térmica del fluido de la camisa

$$C_J = C_p \text{ VAPOR @ } 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C_J = 2.3175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_{FL} = 2.353 \times 10^{-5} \frac{\text{kW}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$$

$$\eta_{FL} = 0.000014 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$Pr = \frac{C_J \eta_{FL}}{\lambda_{FL}} = \frac{(2.3175)(0.000014)}{2.353 \times 10^{-5}} = 1.38$$

Este número de Prandtl, cercano a 1, demuestra que la cantidad de movimiento y calor se difunden por el fluido a una velocidad similar. Habiendo determinado el valor del número de Prandtl se determina otro dato importante, el número de Grashof.

$$Gr = \frac{D_{eq}^3 \rho_J g \beta |T_M - T_J|}{\eta_{FL}^2}$$

Donde: Gr = número de Grashof

g = gravedad

$\beta$  = coeficiente de expansión volumétrica (vapor)

$\rho_J$  = densidad del fluido en la camisa (vapor)

$T_M$  = temperatura pared

$T_J$  = temperatura chaqueta

Como valor de la temperatura de la pared se utiliza el valor inicial de la misma, es decir 20 °C (temperatura ambiente). El vapor que entra en la chaqueta disminuye su densidad al encontrarse dentro de ésta e iniciar la transferencia de calor.

$\rho_{si}$  = densidad del vapor al entrar en la chaqueta

$\rho_{si}$  =  $\rho$  vapor @480.54KPa (ver tabla XI)

x = 0.986

$v = v_f + x v_{fg} = 0.001091 + 0.986 (0.3901 - 0.001091)$

$v = 0.3847 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\rho_{si} = 1/\nu = 1/0.3847$$

$$\rho_{si} = 2.5997 \text{ kg/m}^3$$

$$T_J = 150.33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$\rho_J = \rho_s$  = densidad del vapor dentro de la chaqueta

$$\rho_s = 2.571 \text{ kg/m}^3$$

$$\beta = 2.38 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$T_M = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Gr} = \frac{D_{eq}^3 \rho_J g \beta |T_M - T_J|}{\eta_{FL}^2}$$

$$\text{Gr} = \frac{(0.004)^3 (2.571)(9.81)(2.38 \times 10^{-3}) |20 - 150.33|}{(0.000014)^2}$$

$$\text{Gr} = 2554.56$$

El número de Grashof representa la relación que existe entre las fuerzas de empuje y las fuerzas viscosas que actúan sobre el fluido. Es un indicativo del régimen de flujo en convección. El resultado obtenido muestra que se tiene una buena transferencia de calor por convección natural.

Con los valores del número de Prandtl y Grashof se puede determinar el número de Nusselt para el vapor en movimiento dentro de la chaqueta.

$$\text{Nu} = 0.8 * k * \text{Pr}^{0.33} \text{Gr}^{0.33}$$

Donde: k = constante que depende de la circulación del fluido en la camisa

k = 0.15 (por ser fluido laminar).

$$Nu = 0.8 * k * Pr^{0.33} Gr^{0.33}$$

$$Nu = 0.8 * 0.15 * (1.38)^{0.33} (2554.56)^{0.33}$$

$$Nu = 1.7767$$

El anterior número de Nusselt indica que si sólo existiese transferencia de calor por conducción en este proceso, el intercambio de calor sería más eficaz que de la manera en que se da. Finalmente, se calcula el coeficiente de transferencia de calor externo para vapor.

$$\mu_{os} = \frac{Nu \lambda_{FL}}{D_{eq}} = \frac{1.7773(2.353 \times 10^{-5})}{0.004}$$

$$\mu_{os} = 0.0105 \frac{KW}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Se transfiere calor del vapor a la pared de acero inoxidable que limita la chaqueta de la masa de jarabe a una tasa de 0.0105 kilowatt por cada metro cuadrado de pared por grado centígrado del vapor.

### 2.2.1.3. Fase de calentamiento

Para determinar si el tiempo de calentamiento teórico es similar al práctico, es necesario realizar ciertos cálculos:

- Pérdida de calor por radiación y convección
- Balance de masa en la chaqueta
- Balance de energía en la pared
- Balance de energía de la reacción

### 2.2.1.3.1. Pérdida de calor por radiación y convección

No toda la energía contenida en la camisa es aprovechada durante el calentamiento de la masa dentro del reactor, parte de esta se disipa en las paredes aislantes y hacia el ambiente.

Con la ecuación de la figura 24 puede calcularse la pérdida de calor total por radiación y convección de la pared al exterior del enchaquetado, asumiéndose cada lado de la chaqueta como un tubo vertical aislado.

Figura 24. Ecuación pérdida de calor

$$Q_{RC} = \frac{\text{Fuerza motriz de la transferencia}}{\frac{1}{r_o \mu_{cv}} + \frac{1}{k_{01}} \ln\left(\frac{r_1}{r_o}\right) + \frac{1}{k_{12}} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{k_{23}} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{1}{r_3 \mu_3}}$$

Fuerza motriz de la transferencia

$2\pi L_o(T_J - T_b)$

Resistencia interna debida a la convección

Resistencias debidas a la conducción del tubo y los aislantes

Resistencia externa debida a la convección y radiación

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$L_o$  = longitud (alto de la pared de la camisa)

$T_J$  = temperatura dentro de la chaqueta

$T_b$  = temperatura del ambiente (externa al reactor)

$\mu_{cv}$  = coeficiente de condensación del vapor

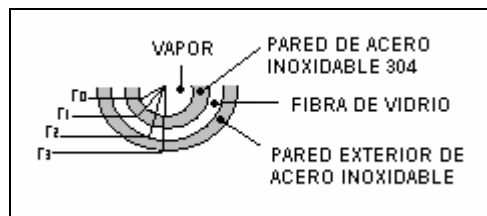
$\mu_3$  = coeficiente de transferencia de calor por convección y radiación

$k_{nm}$  = conductividad térmica del material

$r_n$  = radios

La ilustración de la figura 25 muestra la sección transversal de la chaqueta, es decir la estructura interna del centro de la chaqueta hacia el exterior.

Figura 25. Radios pérdida de calor



Fuente: elaboración propia.

$$r_0 = X_{CH} / 2 = 0.016 \text{ m}$$

$$r_1 = r_0 + X_{NX} = 0.018 \text{ m}$$

$$r_2 = r_1 + X_{FV} = 0.03 \text{ m}$$

$$r_3 = r_2 + X_{NX} = 0.032 \text{ m}$$

$$k_{NX} = \text{conductividad térmica acero inoxidable} = 16.94 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{FV} = \text{conductividad térmica fibra de vidrio} = 0.043 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Para conocer la resistencia a la transferencia de calor, es necesario conocer aparte de los coeficientes anteriores, otros coeficientes relacionados con las pérdidas. El coeficiente de condensación de vapor de agua dentro de un tubo vertical (forma básica de la chaqueta del reactor), puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$\mu_{cv} = \frac{4000}{L_o^{1/4} (T_s - T_M)^{1/3}}$$

Donde:  $L_o$  = longitud de la pared, en pies

$\mu_{cv}$  = coeficiente de condensación del vapor, en BTU/hr\*ft<sup>2</sup>°F

$T_s$  = temperatura vapor, en °F

$T_M$  = temperatura pared interna del tubo (reactor), en °F

Es preciso calcular previamente, la temperatura que alcanzará la pared interna ( $T_M$ ), ya que lógicamente no será la misma temperatura que la del vapor dentro de la chaqueta sino un valor bastante próximo, utilizando la siguiente ecuación:

$$T_M = T_i + \Delta T_i$$

Donde:  $T_i$  = temperatura inicial en el interior de la chaqueta

$\Delta T_i$  = cambio de temperatura inicial de la pared interna

$$\Delta T_i = \frac{1/\mu_i}{1/\mu_i + D_i/D_o * \mu_{os}} \Delta T$$

Donde:

$\mu_i$  = coeficiente de transferencia de calor interno

$\mu_{os}$  = coeficiente de transferencia de calor externo

$D_i$  = diámetro pared que limita chaqueta y reactor, parte interna

$D_o$  = diámetro pared que limita chaqueta y reactor, parte externa

$T_i$  = temperatura inicial en la chaqueta, cercana a la pared

$\Delta T$  =  $T_s - T_i$



$$\mu_i = 0.1683 \text{ kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

$$\mu_{os} = 0.0105 \text{ kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

$$D_o = D_2 = 1.30 \text{ m}$$

$$D_i = D_o - 2X_{NX} = 1.296 \text{ m}$$

$$T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 150.33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_i = \frac{1/\mu_i}{1/\mu_i + D_i/D_o * \mu_{os}} \Delta T$$

$$\Delta T_i = \frac{1/0.1683}{1/0.1683 + 1.296/1.30 * 0.0105} (150.33 - 20)$$

$$\Delta T_i = \frac{5.941}{5.951} (130.33)$$

$$\Delta T_i = 130.10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_M = T_i + \Delta T_i$$

$$T_M = 20 + 130.10 = 150.10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con el valor de la temperatura que alcanza la pared (150.1 °C), se puede calcular el coeficiente de condensación del vapor.

$$T_s = 150.33 \text{ }^\circ\text{C} = 302.59 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_M = 150.10 \text{ }^\circ\text{C} = 302.18 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T = T_s - T_M = 302.59 - 302.18$$

$$\Delta T = 0.414 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$L_o = h_2 - (4X_{NX} + 2X_{FV})$$

$$L_o = 1.65 - (4(0.002) + 2 * 0.012) = 1.618 \text{ m} = 5.31 \text{ pies}$$

$$\mu_{cv} = \frac{4000}{L_o^{1/4} \Delta T^{1/3}}$$

$$\mu_{cv} = \frac{4000}{(5.31)^{0.25} (0.414)^{1/3}}$$

$$\mu_{cv} = 3535.78 \frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} * \frac{1 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{0.17612 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\mu_{cv} = 20,075.99 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El coeficiente de condensación del vapor ( $\mu_{cv}$ ) indica que por la acción de la condensación del vapor, luego que éste ha cedido cierto potencial de su energía, se pierden alrededor de 20 kW por grado Celsius y metro cuadrado de pared.

De la misma manera, el coeficiente de transferencia de calor por radiación y convección,  $\mu_3$ , que compone la resistencia a la transferencia de calor de la superficie del aislante al aire, es una combinación de dos mecanismos simultáneos, convección y radiación. La siguiente ecuación permite evaluar ambos coeficientes simultáneamente:

$$\mu_3 = 9.74 + 0.07 (T_3 - T_b)$$

Donde:  $T_3$  = temperatura de la pared externa del reactor, colindante con el ambiente

$T_b$  = temperatura ambiente

$$T_3 = 40^\circ\text{C}$$

$$T_b = 20^\circ\text{C}$$

$$\mu_3 = 9.74 + 0.07 (40-20)$$

$$\mu_3 = 11.14 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con los valores de ambos coeficientes se procede al cálculo de la pérdida de calor por radiación y convección.

$$L_O = 1.618 \text{ m}$$

$$T_J = T_s = 150.33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_b = 20^\circ\text{C}$$

$$r_0 = 0.016 \text{ m}$$

$$r_1 = 0.018 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.03 \text{ m}$$

$$r_3 = 0.032 \text{ m}$$

$$k_{01} = k_{23} = k_{NX} = 16.94 \text{ W/m}\cdot\text{C}$$

$$k_{12} = k_{FV} = 0.043 \text{ W/m}\cdot\text{C}$$

$$\mu_3 = 11.14 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

$$\mu_{CV} = 20074.477 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$$

$$Q_{RC} = \frac{2 \pi L_O (T_J - T_b)}{\frac{1}{r_0 \mu_{CV}} + \frac{1}{k_{01}} \ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right) + \frac{1}{k_{12}} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{k_{23}} \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right) + \frac{1}{r_3 \mu_3}}$$

$$Q_{RC} = \frac{1324.96}{3.113 \times 10^{-3} + 0.0070 + 11.8797 + 0.0038 + 2.8052}$$

$$Q_{RC} = 90.55 \text{ W}$$

Debido a que se asume cada lado de la chaqueta como un tubo vertical aislado, la pérdida total de calor por radiación y convección es el doble del valor anteriormente calculado, o sea,  $Q_{RCT} = 2 \cdot Q_{RC} = 90.55 \cdot 2 = 181.1 \text{ W}$ .

Lo anteriormente descrito significa que se pierde un total de 181.1 joules de energía calorífica por segundo.

### 2.2.1.3.2. Balance de masa en la chaqueta

Permite determinar el tiempo en el cual la chaqueta se llenará de vapor.

$$\rho_s V_J / t_{BMC} = F_s \rho_{si} - Wc$$

Donde:  $\rho_s$  = densidad del vapor dentro de la chaqueta

$V_J$  = volumen chaqueta

$\rho_{si}$  = densidad de vapor al entrar en la chaqueta

$F_s$  = flujo volumétrico de vapor de agua

$Wc$  = velocidad de condensación del flujo másico de vapor

$t_{BMC}$  = tiempo de balance de masa en la chaqueta

Para establecer la velocidad a la que se condensa el vapor se utiliza la siguiente ecuación.

$$Wc = \frac{\mu_{OS} A_O (T_J - T_M)}{Hs - hc}$$

Donde:  $\mu_{OS}$  = coeficiente de transferencia de calor externo para vapor

$A_O$  = área externa de transferencia de calor

$T_M$  = temperatura pared

$T_J$  = temperatura chaqueta

$Hs$  = entalpía de entrada del vapor

$hc$  = entalpía de salida del vapor

$$\mu_{OS} = 0.0105 \text{ kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

$$T_M = 150.10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_J = 150.33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A_o = 7.8028 \text{ m}^2$$

La entalpía del vapor de entrada es la entalpía del vapor generado por la caldera, es decir, vapor de agua a 480.54 kPa y con una calidad de 0.986.

$$x = 0.986$$

$$H_s = h_{@480.54\text{KPa}}$$

$$h = h_f + xh_{fg} = 633.62 + 0.986(2113.25)$$

$$h = 2717.28 \text{ kJ/kg}$$

$$H_s = 2717.28 \text{ kJ/kg}$$

Debido a que parte del vapor dentro de la chaqueta se condensará, el valor de  $h_c$  es la entalpía de líquido condensado a la presión de entrada del vapor.

$$h_c = h_f_{@480.54\text{KPa}}$$

$$h_c = 633.62 \text{ kJ/kg}$$

$$W_c = \frac{\mu_{os} A_o (T_J - T_M)}{H_s - h_c}$$

$$W_c = \frac{0.0105 * 7.8028 * (150.33 - 150.10)}{2717.28 - 633.62}$$

$$W_c = 9.04 \times 10^{-6} \text{ kg/s}$$

$$\rho_{si} = 2.5997 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s = 2.571 \text{ kg/m}^3$$

$$V_J = 0.2591 \text{ m}^3$$

$$F_s = 0.02905 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con todos los datos necesarios, se realiza el balance.

$$\rho_s V_J / t_{BMC} = F_s \rho_{Si} - Wc$$

$$2.571(0.2591)/t = 0.02905(2.5997) - 9.04 \times 10^{-6}$$

$$t = 0.6661/0.0755$$

$$t = .8.82 \text{ s}$$

Los cálculos anteriores permiten afirmar que la chaqueta se llena de vapor en aproximadamente 8.82 segundos.

### 2.2.1.3.3. Balance de energía en la pared

El balance de energía de la pared entre la chaqueta y la reacción permitirá determinar el tiempo necesario para que la pared alcance la temperatura a la cual transferirá el calor del vapor a la masa de miel.

Figura 26. Ecuación balance de energía en la pared

Transferencia de calor pared - reacción
Transferencia de calor vapor - pared
Pérdidas por radiación y convección

$$\rho_M C_M V_M \frac{\Delta T_i}{t_{BEP}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M) + \mu_{os} A_o (T_J - T_M) + Q_{RCT}$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$\rho_M$  = densidad pared acero inoxidable

$C_M$  = calor específico pared

$V_M$  = volumen pared

- $\Delta T_i$  = cambio de temperatura inicial de la pared interna  
 $\mu_i$  = coeficiente de transmisión de calor interno  
 $A_i$  = área interna de transferencia de calor  
 $T_{R2}$  = temperatura final de la reacción (jarabe)  
 $\mu_{OS}$  = coeficiente de transmisión de calor externo para vapor  
 $A_0$  = área externa de transferencia de calor  
 $T_J$  = temperatura chaqueta  
 $t_{BEP}$  = tiempo balance de energía pared  
 $Q_{RCT}$  = pérdida total de calor  
 $T_M$  = temperatura pared interna

$$\rho_M = 8000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_M = C_p \text{ acero inoxidable 304} = 0.5024 \text{ kJ/kg-}^\circ\text{C}$$

$$T_J = 150.33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{R2} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_i = 0.1683 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_{OS} = 0.0105 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_i = 130.10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A_0 = 7.8028 \text{ m}^2$$

$$A_i = 7.7669 \text{ m}^2$$

$$T_M = 150.10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{RCT} = 0.1811 \text{ kW}$$

$$V_M = \pi (r_o^2 - r_i^2) L = \pi ((D_o/2)^2 - (D_i/2)^2) L_o$$

$$V_M = \pi ((D_o/2)^2 - ((D_o - 2X_{NX})/2)^2) L_o$$

$$V_M = \pi ((1.3/2)^2 - ((1.3 - 2 \cdot 0.002)/2)^2) (1.618)$$

$$V_M = \pi ((0.65)^2 - (0.648)^2) (1.618)$$

$$V_M = 1.32 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$\rho_M C_M V_M \frac{\Delta T_i}{t_{BEP}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M) + \mu_{os} A_o (T_J - T_M) + Q_{RCT}$$

$$8000 * 0.5024 * 0.0132 * 130.10/t = 0.1683 * 7.7669 * (80 - 150.1) +$$

$$0.0105(7.8028)(150.33 - 150.1) + 0.1811$$

$$6900.01/t_{BEP} = -91.62 + 0.0188 + 0.1811$$

$$t_{BEP} = 6900.01 / - 91.4303$$

$$t_{BEP} = 75.47 \text{ s}$$

Los procedimientos matemáticos realizados conducen a la conclusión de que se necesitan 75.47 segundos para que la pared alcance el equilibrio, durante el cual transferirá el calor del vapor a la masa de miel, a una tasa constante.

#### 2.2.1.3.4. Balance de energía de la reacción

Este balance de energía se relaciona con el tiempo en que el vapor cederá energía calorífica a la masa de miel hasta calentarla a la temperatura deseada.

$$\rho C_P V \frac{\Delta T_R}{t_{BER}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M)$$

Donde:  $\rho$  = densidad masa reaccionante (miel)

$C_p$  = calor específico miel

$V$  = volumen miel

$\mu_i$  = coeficiente de transmisión de calor interno

$A_i$  = área interna de transferencia de calor

$\Delta T_R$  = cambio de temperatura en la reacción (jarabe)

$T_{R2}$  = temperatura final de la reacción (jarabe)

$T_M$  = temperatura pared

$t_{BEP}$  = tiempo balance de energía reacción



$$\rho = 1423.07 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 2.5958 \text{ kJ/kg-}^\circ\text{C}$$

$$V = 2.4 \text{ m}^3$$

$$\mu_i = 0.1683 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A_i = 7.7669 \text{ m}^2$$

$$T_M = 150.10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{R2} = 80 \text{ }^\circ\text{C (temperatura a la que se lleva la masa, según la farmacopea)}$$

Para determinar el cambio de temperatura que sufre la reacción, se utilizan los datos de la temperatura inicial y la temperatura a la cual es necesario elevar la masa para facilitar la disolución del ingrediente activo y los excipientes.

$$\Delta T_R = T_{R2} - T_{R \text{ inicial}}$$

$$\Delta T_R = 80 - 20$$

$$\Delta T_R = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho C_p V \frac{\Delta T_R}{t_{\text{BER}}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M)$$

$$1423.07 * 2.60 * 2.4 * 60/t = 0.1683 * 7.7669(80 - 150.1)$$

$$531940.01/t = -91.62$$

$$t = 5805.73 \text{ s}$$

Se necesita 5805.73 segundos (alrededor de 96 minutos), para que el vapor caliente toda la masa de miel hasta la temperatura deseada.

### 2.2.1.3.5. Tiempo de calentamiento

El tiempo para calentar la miel estará representado por el tiempo necesario para llenar la chaqueta con vapor, el tiempo para calentar la pared que separa la camisa de la reacción y el tiempo en que el vapor cede energía a la reacción hasta llevarla a la temperatura deseada.

Es decir, el tiempo de calentamiento de la reacción es la suma de los tiempos de los balances de masa y energía anteriormente calculados.

$$t_{\text{CAL}} = t_{\text{BMC}} + t_{\text{BEP}} + t_{\text{BER}}$$

$$t_{\text{CAL}} = 8.82 + 75.47 + 5805.73$$

$$t_{\text{CAL}} = 5890.02 \text{ s} = 98.17 \text{ min.}$$

Este dato se asemeja bastante al tiempo de calentamiento establecido en el análisis de tiempos reales de preparación, el cual es de 90 min. (1.5 hr). La variación se debe a que los datos son teóricos, pero según se comprobó son bastante confiables.

Para calcular la precisión de los datos teóricos, con respecto a la información real, se realiza la siguiente operación:

$$\text{Precisión} = 100\% - \% \text{ error}$$

$$\text{Precisión} = 100\% - \frac{(98.17 - 90)}{90} * 100\%$$

$$\text{Precisión} = 90.93\%$$

Esto indica que usando dicho modelo matemático se obtiene un dato del tiempo de calentamiento con una certeza aproximada del 90.9%.

#### **2.2.1.4. Fase de enfriamiento**

Según se analizó, actualmente este proceso puede demorar hasta 15 horas para algunos jarabes.

#### **2.2.2. Descripción de la propuesta**

Se utilizará tubería de hierro negro (HN) sin costura, cédula 40, según especificación de la Norma ASTM A106, cuyas características de presión y temperatura de servicio sean compatibles con las de diseño.

Se tomó como temperatura de diseño la máxima de los fluidos a transportar (vapor a 150 °C) y como presión máxima total en la instalación se consideró 100 Psi, es decir, las tuberías resistirán un incremento de presión hasta 40% mayor que la presión de trabajo.

Se selecciona cédula 40, ya que en el mercado nacional generalmente se encuentran únicamente cédulas 40 y 80, siendo la cédula 40 la de menor grosor de pared. Según la especificación de la Norma ASTM A53, ésta soporta una presión de hasta 700 Psi, lo cual es suficiente para la presión que se necesita que soporte la red.

Las tuberías tendrán diámetros de  $\frac{3}{4}$ " y 1", las cuales permiten velocidades adecuadas de circulación. Para el ingreso, tanto de vapor como de agua se utilizará tubería  $\frac{3}{4}$ ", es decir el diámetro que actualmente se usa, por dos razones: la primera, porque las tomas de las redes de distribución de ambos fluidos y los orificios de entrada al enchaquetado son de  $\frac{3}{4}$ ", y la segunda, porque el flujo no es turbulento dentro del enchaquetado y no se produce demasiado condensado ni golpe de ariete (en el caso del vapor).

La tubería de 1" será utilizada para el drenaje, aumentando de esta manera, la capacidad de drenado.

Se requiere tubería sin rosca, para poder cortar los segmentos de tubo del tamaño deseado, las roscas se fabricarán con la máquina roscadora que se tiene en la empresa, éstas serán del tipo NPS (rosca recta) o del tipo que tengan las válvulas que se hayan comprado.

La tubería se unirá con sella tuberías con PTFE, o cualquier otro material sellante o adhesivo resistente a la acción del agua y vapor. El PTFE, o politetrafluoroetileno o teflón, es un polímero similar al polietileno, cuya toxicidad es prácticamente nula y se caracteriza también por su impermeabilidad, manteniendo sus cualidades en ambientes húmedos.

Las válvulas y accesorios de la instalación serán de materiales adecuados a la temperatura y presión de diseño, conexiones rectas y roscadas NPS. Al realizar la compra de todo lo requerido para el rediseño de las tuberías, comprobar los materiales, valores máximos de presión y temperatura. Si el límite operativo máximo del producto es inferior al del sistema en el que se va a instalar, asegurarse la inclusión de un dispositivo de seguridad en el sistema para evitar una sobre presión.

Para la instalación de las tuberías, primero se realizará la de vapor, luego la de agua y finalmente la de desagüe. Después de la instalación o mantenimiento, deben realizarse pruebas con el propósito de asegurar que el sistema está totalmente listo para su funcionamiento.

Al realizar la instalación es importante primero identificar los orificios del reactor, según lo establecido en la figura 13, seguidamente realizar la instalación según las figuras 27 y 33 para la red de vapor, figuras 28 y 31 para la red de agua, figuras 29, 36, 37 y 38 para la red de descarga (alivio, desagüe y drenaje). Luego de armar las redes, estas deben pintarse según se indique e identificarse con cintas marcadoras que deben ir espaciadas 1 metro o menos en la tubería, o a los intervalos de distancia regulares que se considere necesario.

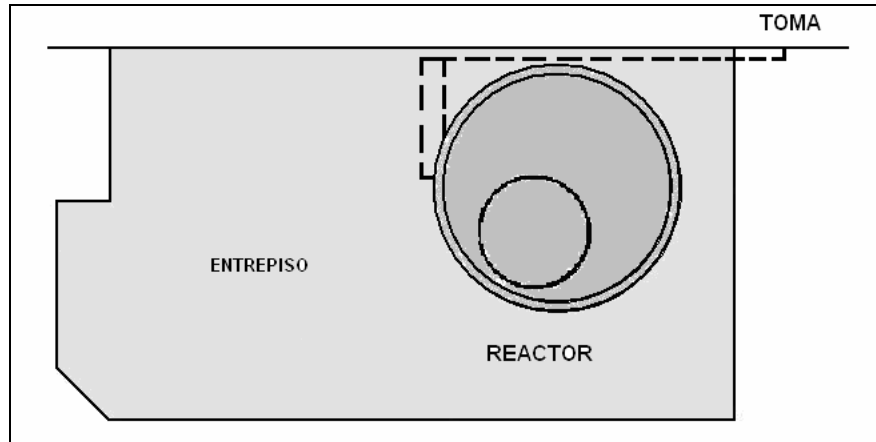
El tiempo de realización de la instalación se estima de 3 semanas, con la colaboración de 1 mecánico asistido por algún encargado de la preparación de jarabes en dicha área. Programada para el mes de diciembre, mientras la planta se encuentre en su receso por vacaciones de fin de año.

### **2.2.3. Diagramas situación prevista**

Los diagramas para cada línea de fluido muestran, visto desde planta, la forma en que deben realizarse las conexiones de accesorios, aunque no exactamente la manera en que las tuberías se verán en el área. La posición exacta de los tubos y accesorios se verá in situ, durante la instalación propiamente. Esto aplica para todas las tuberías.

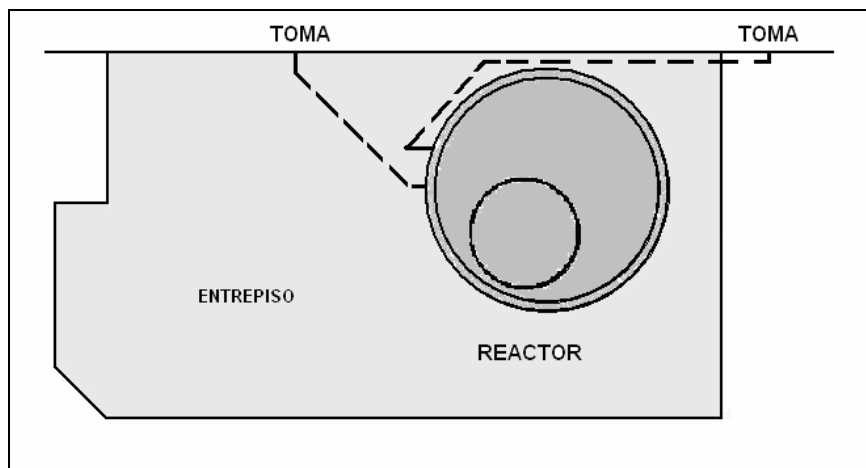
A continuación se muestran en planta, los bosquejos de la forma en que deben realizarse las instalaciones de las tuberías de cada fluido, para utilizar la cantidad de material calculado; las líneas punteadas representan las tuberías.

Figura 27. **Esquema planta instalación de vapor propuesta**



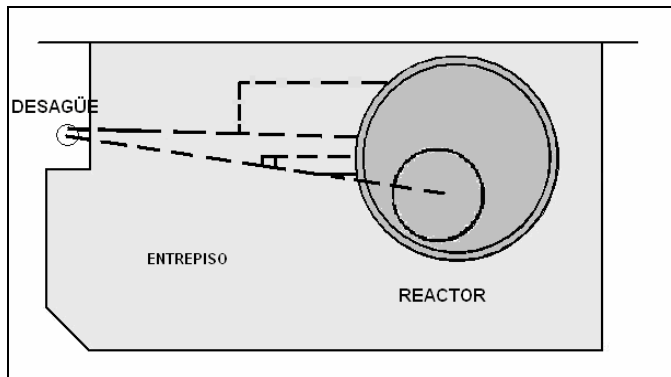
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Esquema planta instalación de agua propuesta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Esquema planta instalación de drenajes propuesta**

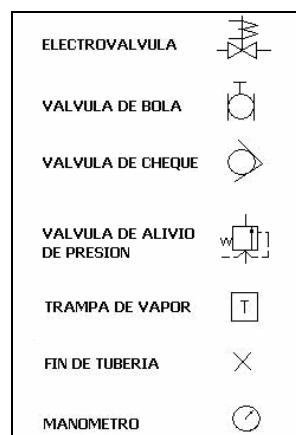


Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4. Rediseño del ingreso de agua

La ilustración de la figura 30 muestra la simbología a utilizarse en los diagramas de las tuberías:

Figura 30. **Simbología para diagramas de tuberías rediseñadas**

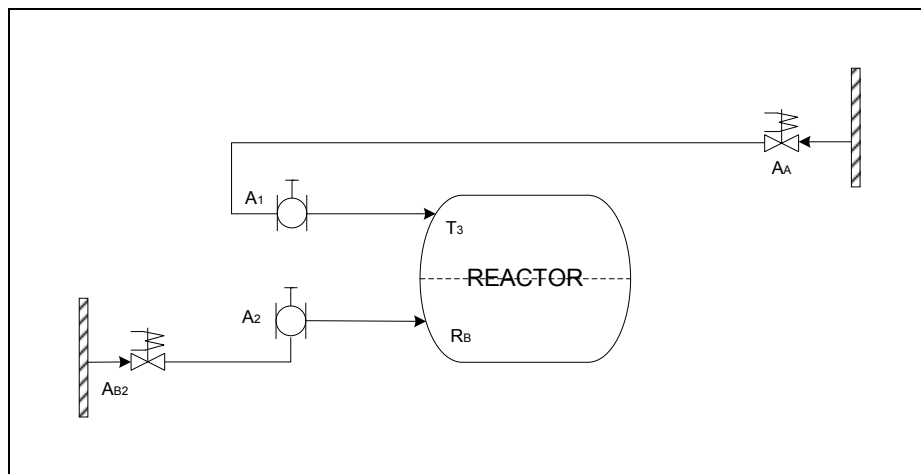


Fuente: Toro Productos Comerciales. Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba.

p. 11-13.

De la toma A y B<sub>2</sub> se obtendrá el agua para el enfriamiento, las tuberías transportarán el fluido hasta el enchaquetado, ingresará a la chaqueta superior por el orificio T<sub>3</sub> y a la inferior por R<sub>B</sub>. Se consideró el ingreso de agua en orificios situados en las partes superiores de ambas chaquetas, ya que el agua fría tiene una mayor densidad que el vapor, y por ende, al mezclarse ambos fluidos, el agua fría irá al fondo del enchaquetado (ver figura 31).

Figura 31. **Diagrama propuesto tubería de agua**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.4.1. Tuberías

Las consideraciones que deben tenerse para seleccionar las tuberías a utilizarse para el rediseño de la red de agua son el caudal, el tipo y las dimensiones.



#### **2.2.4.1.1. Caudal**

El caudal que se tiene en ambas tomas es el mismo, sabiendo que las tomas proceden de la misma red de distribución. Cada toma alimentará de agua a una chaqueta para su enfriamiento. Ingresan entonces 0 1197 galones de agua por segundo a cada chaqueta.

#### **2.2.4.1.2. Tipo de tuberías**

Se utilizará tubería HN, de sección circular, cédula 40 con diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, resistente a altas temperaturas, a pesar que no estará en contacto directo con el vapor.

Se utiliza tubería HN sin costuras, puesto que ésta permite que el fluido tenga un mejor desplazamiento, disminuyendo la turbulencia; la sección circular se eligió porque el círculo es la forma geométrica que tiene mayor área con el menor perímetro.

Las presiones que se manejan en esta red, son bastante bajas en comparación con la presión máxima que soporta la cédula 40 (ver anexo 3), la pared más delgada de tubos, de acuerdo a los productos que ofrece el mercado local.

La selección del diámetro de la tubería se basó en dos aspectos: primero: los diámetros de los orificios del enchaquetado del reactor, y segundo: la importancia del cambio de sección en el rediseño de la tubería.

El diámetro, tanto de los orificios de entrada, como de la toma de la red de distribución de agua, son de  $\frac{3}{4}$  “.

Además, el caudal es considerado fijo, pues existe un bombeo constante en la red de distribución; el aumentar o disminuir la sección de la tubería únicamente cambiará la velocidad del agua, lo cual no es relevante en este estudio, pues lo que interesa saber es la cantidad de agua que entrará por segundo en el enchaquetado (caudal).

#### **2.2.4.1.3. Dimensiones**

Según especificaciones del fabricante, la tubería seleccionada tiene 2.87 milímetros de espesor y un diámetro externo de 26.7 milímetros (ver anexo 3). Se realizaron medidas en el área, considerando la misma como un plano XYZ, y de acuerdo a esto, a la posición de las tomas y la ubicación de los orificios de entrada, se determinó que será necesario el uso de 7 metros de tubería para realizar dicha instalación.

#### **2.2.4.2. Señalización**

Se utilizará pintura para altas temperaturas color aluminio, para recubrir todas las paredes externas de los tubos de la red, posteriormente se aplicará sobre esta base, pintura anticorrosiva color verde. Según Norma DIN-2403 Color identificativo de tuberías (ver anexo 4).

#### **2.2.4.3. Accesorios**

Se usan dos válvulas de bola y dos electroválvulas (ver tabla XV). Las electroválvulas se accionan con un pulsador para iniciar el flujo de agua hacia el interior de la chaqueta para su enfriamiento. Es recomendable que las electroválvulas se activen con botones de enclavijado mecánico.

Las válvulas de bola se mantendrán siempre abiertas y se cerrarán, manualmente, únicamente en caso de ser necesario. Se emplearán también cuatro codos de 45° y siete de 90° (ver tabla XVIII).

El funcionamiento de la electroválvula puede verse afectado por la presencia de partículas sólidas en suspensión, es aconsejable por tanto asegurarse de la ausencia de virutas, partículas o depósitos de cualquier naturaleza en el seno del fluido. Antes de conectar la bobina verificar que las condiciones de servicio (tensión nominal, frecuencia) corresponden a los datos indicados sobre la placa. Todos los accesorios deben tener rosca 3/4".

Tabla XV. **Datos técnicos electroválvulas para agua**

Tensión nominal	230V~ 50-60 Hz 9W
Conexión	R3/4" G
Presión trabajo	0,1 +20 bar
Temperatura de funcionamiento	-10 a +90°C

Fuente: consultas catálogos de proveedores.

Figura 32. **Accesorios rediseño tubería de agua**



ELECTROVÁLVULA

VÁLVULA DE BOLA

CODO 90°

CODO 45°

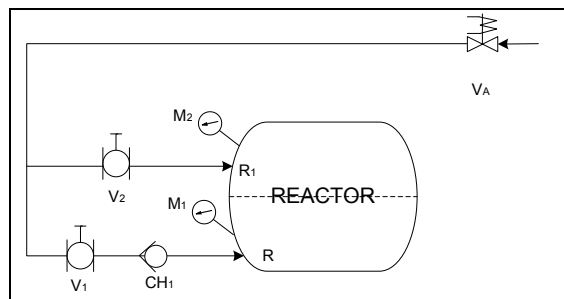
Fuente: <http://www.facenil.com/>.

## 2.2.5. Rediseño del ingreso de vapor

De la toma A se obtendrá el vapor para el calentamiento, las tuberías transportarán el fluido hasta el enchaquetado, que ingresará a la chaqueta superior por el orificio  $R_1$  y a la inferior por R.

Se consideró el ingreso del vapor en orificios situados en las partes inferiores de ambas chaquetas, ya que el vapor debido a su densidad y características tenderá a subir dentro del enchaquetado (ver figura 33).

Figura 33. Diagrama propuesto tubería de vapor



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.5.1. Tuberías

Las características que debe poseer la red de alimentación de vapor al enchaquetado, se describen a continuación, así como los criterios para la selección de determinadas características.

#### 2.2.5.1.1. Tipos de tuberías

Se utilizará tubería de hierro negro, sin costuras, de sección circular.

Tubos con cédula 40, diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, resistentes a temperaturas próximas a los 150 °C y presión de 100 Psi. A las tuberías colocadas en tramos paralelos al suelo es recomendable dejarles pendiente de aproximadamente 3%, en la dirección de avance del vapor, para evitar golpe de ariete y facilitar el drenaje del condensado.

Se utiliza tubo con sección circular de hierro negro sin costuras, ya que permite un mejor desplazamiento del vapor, disminuyendo la turbulencia y la generación de condensado. Se utiliza cédula 40, pues este grosor de pared resiste una presión de hasta 700 Psi, y la red tendrá una presión máxima de trabajo de 100 Psi (ver anexo 3).

El diámetro, tanto de los orificios de entrada, como de la toma de la red de distribución de vapor, son de  $\frac{3}{4}$  “, por eso se seleccionó el mismo diámetro de tubo, pues si hubieran cambios de sección, habrían pérdidas de presión, se formaría condensado, aumentarían las posibilidades de producirse golpe de ariete y también se incrementarían los costos de la instalación pues sería necesario utilizar accesorios adicionales, como reducciones excéntricas.

#### **2.2.5.1.2. Dimensiones**

Se tomó medidas en el área, considerando la misma como un plano XYZ, y de acuerdo a esto, a la posición de la toma de vapor y la ubicación de los orificios de entrada, se estima el uso de 5 metros de tubería, se busca tener la menor cantidad de cambios de dirección posibles para evitar la formación de condensado.

### 2.2.5.2. Señalización

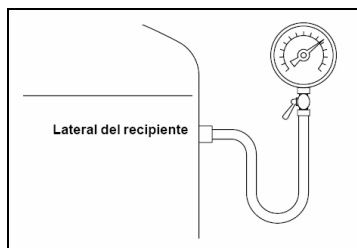
Para señalar las tuberías de vapor se utilizará pintura resistente a altas temperaturas, color rojo, según lo establece la Norma DIN-2403 - color identificativo de tuberías (ver anexo 4).

### 2.2.5.3. Accesorios e instrumentos de medición

Codos, válvulas, manómetros y demás accesorios serán de materiales resistentes a altas temperaturas (mínimo 200 °C), de rosca  $\frac{3}{4}$ ". Se utilizan dos válvulas de bola, que se mantendrán siempre abiertas y se cerrarán únicamente en caso de una emergencia. Se utilizará una electroválvula, que también se activa con pulsador de enclavijado mecánico.

Se requiere para cada chaqueta el uso de un manómetro de glicerina con rango de 0-100 Psi (ver tablas XVI, XVIII). También se emplearán aproximadamente 8 codos de 90°, una tee y una válvula de cheque, esta última servirá a la hora de purgar condensado. Se recomienda que se monten válvulas en todos los manómetros para facilitar su calibración y mantenimiento; deben estar protegidos del calor por un sifón en 'U' y una válvula. El sifón debe llenarse con agua antes de montar el manómetro.

Figura 34. **Manómetro con sifón y válvula**



Fuente: catálogo Spirax Sarco.

Figura 35. **Accesorios rediseño tubería de vapor**



Fuente: <http://www.facenil.com/>.

Tabla XVI. **Datos técnicos principales accesorios red de vapor**

Accesorio	Especificaciones
Electrovalvula	<b>Tensión nominal:</b> 220V~ 50-60 Hz 9W <b>Conexión:</b> R ¾" G <b>Presión trabajo:</b> 0.1 ÷20 bar <b>Temperatura de funcionamiento:</b> 0 a 250°C
Manómetro	Máximo 100 mm de diámetro con escala en Psi. Rango 0- 100 Psi, para vapor. ¾ " NPT macho Temperatura máxima servicio: 200°C.
Válvula de cheque	Cheques cortina, con asiento plano, sello bronce-bronce con inclinación de 45°, para vapor <b>Rosca:</b> NPT, 3/4" <b>Sello:</b> Metálico <b>Presión de trabajo:</b> 125 Psi.

Fuente: consultas catálogos de proveedores.

## **2.2.6. Rediseño de sistema de descarga**

Esta red está conformada por todas las tuberías que se encargan de transportar los fluidos hacia fuera del enchaquetado.

### **2.2.6.1. Descripción**

La red de alivio funciona durante el calentamiento (cuando ingresa vapor al enchaquetado); el diagrama de desagüe aplica durante el enfriamiento para permitir que el agua circule hacia afuera del enchaquetado en dirección al desagüe. El diagrama de drenaje o purga representa las tuberías que serán utilizadas para extraer por completo el agua del enchaquetado.

### **2.2.6.2. Diagramas**

En seguida se muestran las redes de descarga de fluidos, éstas poseen tuberías en común, pero se clasifican según sea el proceso en alivio, desagüe o drenaje.

#### **2.2.6.2.1. Alivio**

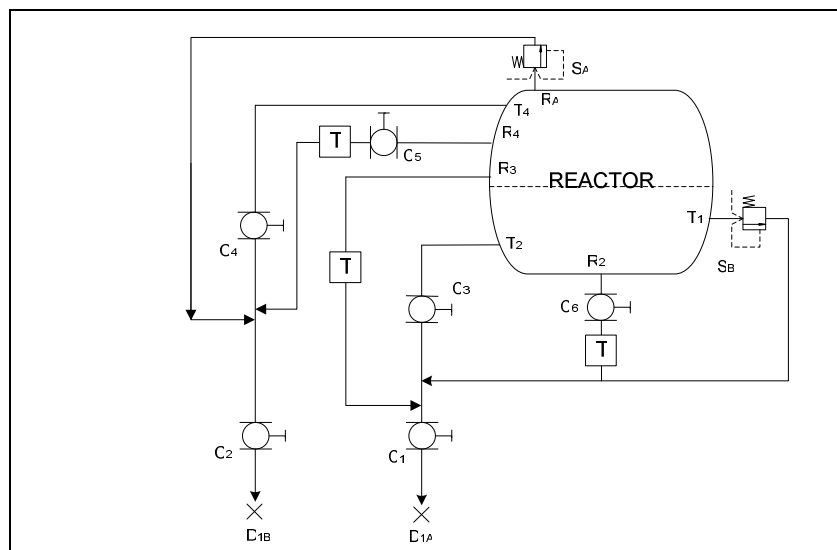
Se da durante el ingreso de vapor al enchaquetado para darle circulación al vapor y evitar que suceda una sobrepresión. En la figura 36, el diagrama representa casi toda la red de descarga de fluidos en el enchaquetado, a excepción de la conexión del orificio R, que es por donde ingresa el vapor durante el calentamiento.

Los orificios T<sub>4</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, y R<sub>2</sub> son utilizados para darle salida al vapor contenido en la chaqueta.



Las válvulas de seguridad  $S_A$  y  $S_B$  se accionarán automáticamente en caso de existir una presión que pueda dañar el enchaquetado. Se usarán dos ramales principales que conectarán el enchaquetado al desagüe, desde los orificios  $T_4$  y  $R_2$  hasta el único desagüe con que se cuenta.

Figura 36. **Diagrama propuesto tubería de alivio**

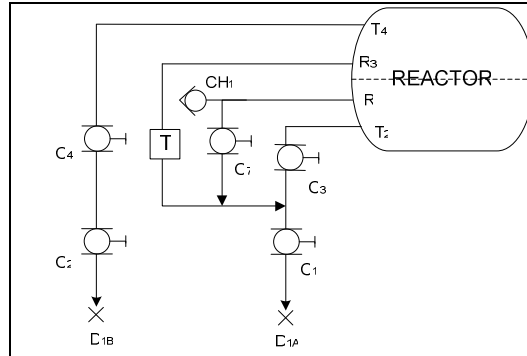


Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6.2.2. Desagüe

Tal y como se observa en el diagrama de la figura 37, se contará con cuatro orificios para la salida del agua recalentada durante el enfriamiento:  $T_4$ ,  $R_3$ ,  $R$ ,  $T_2$ .

Figura 37. **Diagrama propuesto tubería de desagüe**

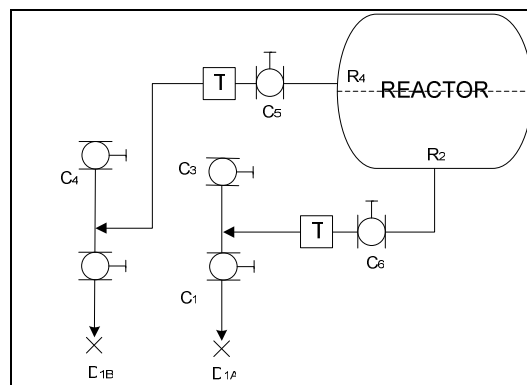


Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6.2.3. Drenaje

Para la purga de las chaquetas se necesita transportar el agua por las tuberías conectadas desde los orificios R<sub>4</sub> y R<sub>2</sub> hasta el desagüe.

Figura 38. **Diagrama propuesto tubería de drenaje**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6.3. Tuberías

Las tuberías que se considerarán como principales son la que conducen de los agujeros  $T_4$  y  $R_2$  del enchaquetado hacia el desagüe, éstas serán con tubería de 1 pulgada de diámetro. El resto de tuberías es de  $\frac{3}{4}$ " y se conectarán a las tuberías principales con reductores.

Se tomó medidas en el área, considerando la misma como un plano XYZ, y de acuerdo a esto, a la posición de los orificios en el enchaquetado y la ubicación del desagüe se estableció que se necesitará usar aproximadamente 23 metros de tubo de hierro negro sin costura cédula 40.

Con el rediseño de estas tuberías aumentará el caudal de agua de desecho, es por eso que se utilizarán tubos de 1 pulgada en la tubería principal para disminuir la velocidad de salida del agua, y de esa manera evitar salpicaduras en el área. Las demás tuberías, es decir, las de salida de los orificios  $R_4$ ,  $R_A$ ,  $R_3$ ,  $T_2$ ,  $T_1$  y  $R$ , serán de  $\frac{3}{4}$ ", pues este es el diámetro de dichos orificios, este diámetro se utilizará hasta unirse a las tuberías principales, mediante reductores de 1" a  $\frac{3}{4}$ ".

Se utiliza tubo con sección circular de hierro negro sin costuras y cédula 40, ya que por las mismas pasará, tanto vapor como agua recalentada, y por consiguiente es importante tener un tubo fabricado de material resistente a altas temperaturas y a la presión máxima de trabajo (100 Psi).

#### **2.2.6.4. Señalización**

Pintura color aluminio para alta temperatura será necesaria para recubrir toda la red, pues este color es muy similar al gris que exigen las normas de seguridad industrial para la identificación de tuberías de desagüe (ver anexo 4).

#### **2.2.6.5. Accesorios**

Se requiere el uso de dieciséis codos de  $\frac{3}{4}$ ", nueve codos de 1", seis tees de 1", dos tees de  $\frac{3}{4}$ ", ocho reductores de 1" a  $\frac{3}{4}$ ", tres trampas de vapor con rosca de  $\frac{3}{4}$ ", dos válvulas de seguridad con rosca  $\frac{3}{4}$ ", cinco válvulas de bola de  $\frac{3}{4}$ " y dos válvulas de bola de 1".

Dos válvulas de seguridad de 60 Psi se colocarán en la red, las cuales según su funcionamiento serán capaces de evacuar el vapor, al alcanzarse la presión anterior, para evitar daños en el enchaquetado (ver tablas XVII, XVIII).

Es recomendable en lugar de usar trampas de vapor termodinámicas como las que se utilizan actualmente, la adquisición de purgadores (trampas) de vapor de presión equilibrada, de preferencia el modelo BPT13S de Spirax Sarco. De no ser esto posible, utilizar trampas termostáticas que cuenten con filtro para evitar que las mismas se dañen, debido a la acumulación de suciedad, realizándose su instalación en tramos de tubería horizontal.

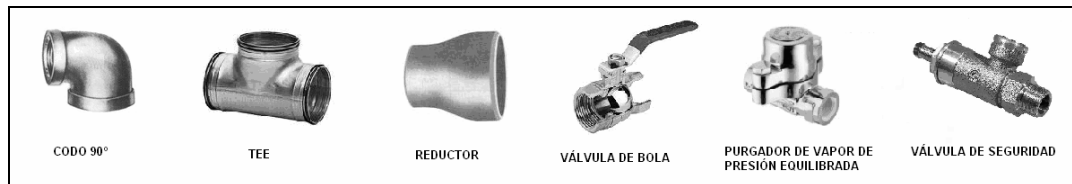
Las especificaciones de los accesorios más importantes se presentan en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Datos técnicos accesorios red de descarga**

Accesorio	Especificaciones	Identificativo en gráficos
Trampa de vapor	<b>Modelo recomendado:</b> BPT 13S, Spirax Sarco <b>Conexión:</b> Rectas ¾" roscadas NPT. <b>Temperatura máxima admisible:</b> 250 °C. <b>Presión máxima admisible:</b> 16 bar (aprox. 232 Psi.).	T
Válvula de seguridad	<b>Presión de accionamiento:</b> 60 Psi. <b>Presión máxima admisible:</b> 250 Psi. <b>Temperatura máx. permisible:</b> 200 °C - 300 °C.	S <sub>A</sub> , S <sub>B</sub>
Válvula de bola	<b>Rosca:</b> NPT, ¾" <b>Presión de trabajo:</b> 125 Psi. <b>Temperatura de trabajo:</b> 200 °C - 300 °C	C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub>
Válvula de bola	<b>Rosca:</b> NPT, 1" <b>Presión de trabajo:</b> 125 Psi. <b>Temperatura de trabajo:</b> 200 °C - 300 °C.	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>

Fuente: consultas catálogos de proveedores.

Figura 39. **Accesorios rediseño tubería de descarga**



Fuente: Fuente: <http://www.facenil.com/>.

### 2.2.7. Presupuesto del rediseño

La tabla XVIII muestra los gastos en materiales y mano de obra que contempla el rediseño.

Tabla XVIII. Presupuesto del rediseño

TIPO	ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL
TUBERÍA	Tubo galvanizado ¾" (6 m)	3	Q 160.00	Q 480.00	
	Tubo galvanizado 1" (6 m)	3	Q 230.00	Q 690.00	Q 1,170.00
ACCESORIOS	Reductor 1" a ¾"	8	Q 9.80	Q 78.40	
	Codos 90°, ¾"	31	Q 10.00	Q 310.00	
	Codos 90°, 1"	9	Q 14.00	Q 126.00	
	Codos 45°, ¾"	4	Q 12.00	Q 48.00	
	Tes ¾"	3	Q 10.00	Q 30.00	
	Tes 1"	6	Q 15.00	Q 90.00	
	Coplas ¾"	5	Q 9.00	Q 45.00	
	Coplas 1"	3	Q 14.00	Q 42.00	
	Electroválvulas agua ¾"	2	Q 2,500.00	Q 5,000.00	
	Electroválvulas vapor ¾"	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00	
	Válvulas de bola ¾"	9	Q 300.00	Q 2,700.00	
	Válvulas de bola 1"	2	Q 235.00	Q 470.00	
	Válvulas de seguridad	2	Q 1,200.00	Q 2,400.00	
	Válvulas de cheque ¾"	2	Q 75.00	Q 150.00	
	Trampas de vapor ¾"	3	Q 950.00	Q 2,850.00	
Manómetros	2	Q 350.00	Q 700.00	Q18,039.40	
MATERIALES	Pintura resistente al calor	2	Q 475.00	Q 950.00	
	Pintura anticorrosiva	1	Q 80.00	Q 80.00	
	Pintura resistente al calor	1	Q 475.00	Q 475.00	
	Sellatubería con PTFE	6	Q 75.00	Q 450.00	
	Relés	3	Q 150.00	Q 450.00	
	Botones con enclavijado	3	Q 75.00	Q 225.00	
	Cable de electricidad* (m)	5	Q 5.00	Q 25.00	
	Mangueras para aire comprimido (m)	5	Q 20.00	Q 100.00	
	Materiales varios (Cintas adhesivas, brochas, disco para pulidora, etc.)	1	Q 200.00	Q 200.00	Q 2,955.00
	MANO DE OBRA	Personal	2	Q 2,333.00	Q 4,666.00
SUBTOTAL					Q26,830.40
IMPREVISTOS (15%)					Q 4,024.56
TOTAL					Q30,854.96

\* Valores variables de acuerdo al mercado, sujetos al tipo de cambio.  
Tasa de cambio a octubre 2010: Q. 8.07 por 1 USD.

Fuente: cotizaciones varios proveedores.

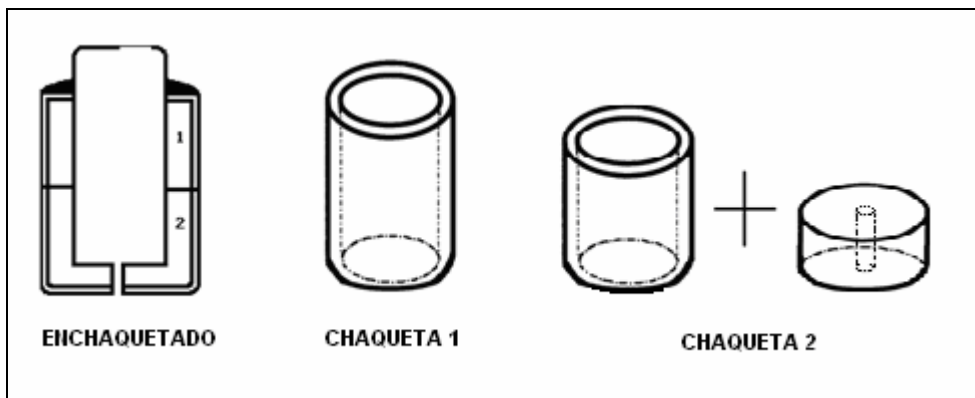
### 2.2.8. Enfriamiento debido al rediseño

Con el rediseño de tuberías se busca mejorar la eficiencia del proceso de enfriamiento de jarabes, esto entre otras cosas, mediante la reducción del tiempo de realización del mismo. Para dicho propósito, conviene determinar el tiempo estimado para enfriar 2 400 L de jarabe de 80 °C a 20 °C.

### 2.2.8.1. Enchaquetado

El reactor posee dos chaquetas útiles para el enfriamiento y calentamiento de los jarabes que ahí se fabrican, las cuales se considerarán individualmente para los cálculos del enfriamiento. Se identifica a cada una con un número, como se muestra en la figura 40.

Figura 40. **Chaquetas**



Fuente: elaboración propia.

- Chaqueta 1

Se tienen las mismas dimensiones que fueron indicadas en los cálculos de la fase de calentamiento. Ambas chaquetas tienen 0.808 m de altura (h).

$A_{oJ1}$  = área externa de transferencia de calor para la chaqueta 1

$$A_{oJ1} = 2\pi(D_2/2) h$$

$$A_{oJ1} = 2\pi(0.65) (0.808)$$

$$A_{oJ1} = 3.2999 \text{ m}^2$$

$A_{iJ1}$  = área interna de transferencia de calor para la chaqueta 1

$$A_{iJ1} = 2\pi (D_2/2 - X_{NX}) h$$

$$A_{iJ1} = 2\pi(0.65-0.002) (0.808)$$

$$A_{iJ1} = 3.2898 \text{ m}^2$$

$V_{M1}$  = volumen de pared para la chaqueta 1

$$V_{M1} = \pi ((D_2/2)^2 - (D_2/2 - X_{NX})^2) h$$

$$V_{M1} = \pi ((0.65)^2 - (0.65-0.002)^2)(0.808)$$

$$V_{M1} = 6.5897 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$V_{J1}$  = volumen chaqueta 1

$$V_{J1} = \pi ((D_2/2 + X_{CH})^2 - (D_2/2)^2) h$$

$$V_{J1} = \pi ((0.65 + 0.032)^2 - (0.65)^2) (0.808)$$

$$V_{J1} = 0.1082 \text{ m}^3$$

Los cálculos anteriores se interpretan de la siguiente manera para la chaqueta 1:

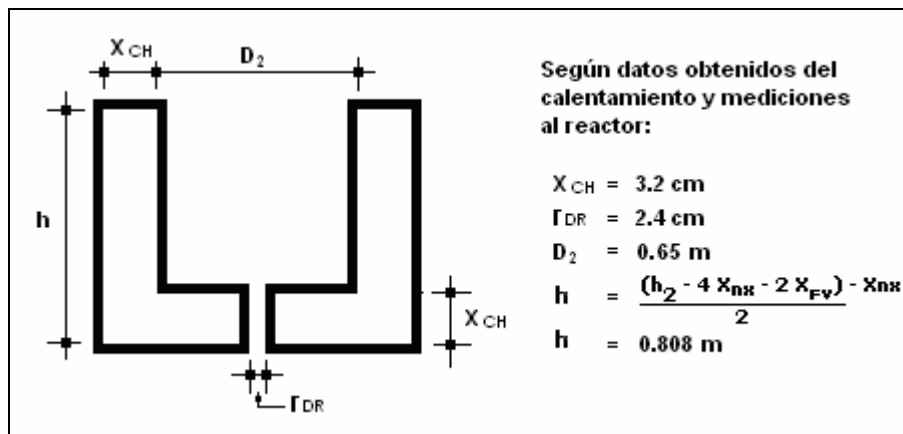
- El área de pared en contacto con el jarabe es de 3,2898 m<sup>2</sup>.
- El área de pared en contacto con el agua (fluido de enfriamiento) es de 3,2999 m<sup>2</sup>.
- El volumen de la pared de acero inoxidable que limita el jarabe con el agua de enfriamiento dentro de la chaqueta es 6,5897 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>.
- El volumen de agua que cabe dentro de la chaqueta es 0 1709 m<sup>3</sup>.



- Chaqueta 2

Está constituida prácticamente por dos anillos de diferentes dimensiones (ver figura 40). La sección longitudinal tiene la apariencia mostrada en la figura 41 y al igual que la chaqueta 1, las dimensiones son las mismas que fueron indicadas en los cálculos de la fase de calentamiento.

Figura 41. Dimensiones chaqueta 2



Fuente: elaboración propia.

$A_{oJ2}$  = área externa de transferencia de calor para la chaqueta 2

$$A_{oJ2} = 2\pi(D_2/2) (h - X_{CH}) + \pi ((D_2/2)^2 - r_{DR}^2)$$

$$A_{oJ2} = 2\pi(0.65)(0.808 - 0.032) + \pi (0.65^2 - 0.024^2)$$

$$A_{oJ2} = 4.4948 \text{ m}^2$$

$A_{iJ2}$  = área interna de transferencia de calor para la chaqueta 2

$$A_{iJ2} = 2\pi (D_2/2 - X_{NX}) (h - X_{CH}) + \pi ((D_2/2 - X_{NX})^2 - r_{DR}^2)$$

$$A_{iJ2} = 2\pi(0.65 - 0.002)(0.808 - 0.032) + \pi ((0.65 - 0.002)^2 - 0.024^2)$$

$$A_{iJ2} = 4.4768 \text{ m}^2$$

$V_{M2}$  = volumen de pared para la chaqueta 2

$$V_{M2} = \pi ((D_2/2)^2 - (D_2/2 - X_{NX})^2)(h - X_{CH}) + \pi ((D_2/2)^2 - (r_{DR})^2)(X_{NX})$$

$$V_{M2} = \pi ((0.65)^2 - (0.65 - 0.002)^2)(0.808 - 0.032) + \pi ((0.65)^2 - (0.024)^2)(0.002)$$

$$V_{M2} = 8.9798 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$V_{J2}$  = volumen chaqueta 2

$$V_{J2} = \pi ((D_2/2 + X_{CH})^2 - (D_2/2)^2)(h) + \pi ((D_2/2)^2 - r_{DR}^2)(X_{CH})$$

$$V_{J2} = \pi ((0.65 + 0.032)^2 - (0.65)^2)(0.808) + \pi ((0.65)^2 - (0.024)^2)(0.032)$$

$$V_{J2} = \pi (0.0426)(0.808) + \pi (0.4219)(0.032)$$

$$V_{J2} = 0.1506 \text{ m}^3$$

Para la chaqueta 2, según los cálculos anteriores, se tienen las siguientes características:

- El área de la pared en contacto con el jarabe es de 4,4768 m<sup>2</sup>.
- El área de pared en contacto con el agua (fluido de enfriamiento) es de 4,4948 m<sup>2</sup>.
- El volumen de la pared de acero inoxidable que limita el jarabe con el agua de enfriamiento dentro de la chaqueta es de 8,9798 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>.
- El volumen de agua que cabe dentro de la chaqueta es 0 1855 m<sup>3</sup>.

### 2.2.8.2. Coeficiente de transferencia de calor externo

El valor del coeficiente de transferencia de calor interno ( $\mu_i$ ) es el mismo, ya que el fluido dentro del reactor seguirá siendo miel.

En cambio que, el coeficiente de transferencia de calor externo ( $\mu_{os}$ ) cambiará, porque dentro de la camisa para el enfriamiento, el fluido será agua en vez de vapor.

Se determinará entonces un coeficiente de transferencia de calor externo para agua ( $\mu_{ow}$ ), sabiendo que variarán únicamente los parámetros del fluido dentro de la camisa.

$$\mu_{ow} = \frac{Nu \lambda_{FL}}{D_{eq}}$$

Donde:  $\lambda_{FL}$  = coeficiente de conductividad térmica del fluido de la camisa

$D_{eq}$  = diámetro equivalente

Puesto que únicamente se conoce el valor del diámetro equivalente, es necesario realizar ciertos cálculos para determinar el valor del coeficiente. Se calcula entonces, el número de Nusselt utilizando la siguiente expresión:

$$Pr = \frac{C_J \eta_{FL}}{\lambda_{FL}}, \text{ donde:}$$

Pr = número de Prandtl

$C_J$  = calor específico del fluido que circula por la camisa (agua)

$\eta_{FL}$  = viscosidad dinámica del fluido de la camisa (agua)

$\lambda_{FL}$  = coeficiente de conductividad térmica del fluido de la camisa (agua)

$$C_J = C_p_{\text{AGUA @ } 20^\circ\text{C}} = 1.924 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_{\text{FL}} = 9.8 \times 10^{-4} \frac{\text{kW}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$$

$$\eta_{\text{FL}} = 0.001003 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$\text{Pr} = \frac{C_J \eta_{\text{FL}}}{\lambda_{\text{FL}}} = \frac{(1.924)(0.001003)}{9.8 \times 10^{-4}} = 1.969$$

El número de Prandtl determinado, significa que la cantidad de movimiento se difunde por el fluido a casi el doble de velocidad que el calor. Habiendo determinado dicho valor, se calcula otro que será útil, el número de Grashof.

$$\text{Gr} = \frac{D_{\text{eq}}^3 \rho_J g \beta |T_M - T_J|}{\eta_{\text{FL}}^2}$$

Donde: Gr = número de Grashof

g = gravedad

$\beta$  = coeficiente de expansión volumétrica (agua)

$\rho_J$  = densidad del fluido en la camisa (agua)

$T_M$  = temperatura pared

$T_J$  = temperatura chaqueta

Como valor de la temperatura de la pared se utiliza el valor inicial de la misma en el enfriamiento, es decir, la temperatura que posee la pared al finalizar el calentamiento, 150.1 °C.

$$\rho_J = \rho_{\text{agua @ } 20^\circ\text{C}}$$

$$\rho_J = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\beta = 2.07 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

$$T_M = 150.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_J = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_{eq} = 0.004 \text{ m.}$$

$$Gr = \frac{D_{eq}^3 \rho_J g \beta |T_M - T_J|}{\eta_{FL}^2}$$
$$Gr = \frac{(0.004)^3 (1000)(9.81)(2.07 \times 10^{-4}) |150.1 - 20|}{(0.001003)^2}$$
$$Gr = 16.807$$

El resultado obtenido muestra que la transferencia de calor por convección natural, no es muy eficiente dada la naturaleza del proceso. Con los valores del número de Prandtl y Grashof se determina el número de Nusselt.

$$Nu = 0.8 * k * Pr^{0.33} Gr^{0.33}$$

Donde: k = constante que depende de la circulación del fluido en la camisa  
k = 0.15 (por ser flujo laminar).

$$Nu = 0.8 * k * Pr^{0.33} Gr^{0.33}$$
$$Nu = 0.8 * 0.15 * (1.969)^{0.33} (16.807)^{0.33}$$
$$Nu = 0.3808$$

Este número de Nusselt indica que si el calor se transfiriera por conducción, el proceso de intercambio térmico sería mucho más eficiente que por convección. Finalmente, se calcula el coeficiente de transferencia de calor externo para vapor, sabiendo que  $D_{eq} = 0.004 \text{ m.}$

$$\mu_{ow} = \frac{Nu \lambda_{FL}}{D_{eq}} = \frac{0.3808(9.8 \times 10^{-4})}{0.004}$$

$$\mu_{ow} = 0.0933 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Se transfieren 0.0933 kilowatt de calor por cada metro cuadrado de pared por grado Celsius de temperatura de la pared de acero inoxidable al agua de enfriamiento.

Para determinar los tiempos relacionados con el enfriamiento de la reacción, al igual como se procedió con el calentamiento, es necesario realizar balances de masa y energía. Previamente, debe también realizarse el cálculo de la temperatura final de la pared interna (pared limítrofe entre reacción y enchaquetado) para la etapa de enfriamiento.

$$\Delta T_i = \frac{1/\mu_i}{1/\mu_i + D_i/D_o * \mu_{ow}} \Delta T$$

Donde:

$\mu_i$  = coeficiente de transferencia de calor interno

$\mu_{os}$  = coeficiente de transferencia de calor externo

$D_i$  = diámetro pared que limita chaqueta y reactor, parte interna

$D_o$  = diámetro pared que limita chaqueta y reactor, parte externa

$T_i$  = temperatura inicial en la chaqueta, cercana a la pared

$\Delta T = T_w - T_i$

$$\mu_i = 0.1683 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ C$$

$$\mu_{ow} = 0.0933 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ C$$

$$D_o = D_2 = 1.30 \text{ m}$$

$$D_i = D_o - 2X_{NX} = 1.296 \text{ m}$$

$$T_i = 150.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_w = \text{temperatura del agua} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_i = \frac{1/\mu_i}{1/\mu_i + D_i/D_o * \mu_{ow}} \Delta T$$

$$\Delta T_i = \frac{1/0.1683}{1/0.1683 + 1.296/1.30 * 0.0933} (20 - 150.1)$$

$$\Delta T_i = \frac{5.941}{6.035} (-130.1)$$

$$\Delta T_i = -128.09^\circ\text{C}$$

$$T_M = T_i + \Delta T_i$$

$$T_M = 150.1 - 128.09$$

$$T_M = 22.01 \text{ }^\circ\text{C}$$

El valor de la temperatura de la pared ( $T_M$ ) se interpreta como la temperatura a la que tiene que llegar la pared hasta que el jarabe posea la temperatura para considerarse enfriado (temperatura ambiente).

### 2.2.8.3. Balance de masa en las chaquetas

Este balance permite determinar el tiempo en que se llena la chaqueta de agua, antes de comenzar el drenaje para que el agua recalentada se vaya renovando con agua fría. Se realiza un balance para cada chaqueta.

$$\frac{V_J}{t_{BMLL}} = Fw_o$$

Donde:

$V_J$  = volumen chaqueta

$F_{WO}$  = flujo volumétrico de alimentación de agua fría

$$F_{wo} = 4.53 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Chaqueta 1

$$\frac{V_{J1}}{t_{BMLL1}} = F_{wo}$$
$$t_{BMLL1} = \frac{V_{J1}}{F_{wo}} = \frac{0.1082}{4.53 \times 10^{-4}}$$
$$t_{BMLL1} = 238.85 \text{ s}$$

- Chaqueta 2

$$\frac{V_{J2}}{t_{BMLL2}} = F_{wo}$$
$$t_{BMLL2} = \frac{V_{J2}}{F_{wo}} = \frac{0.1506}{4.53 \times 10^{-4}}$$
$$t_{BMLL2} = 332.48 \text{ s}$$

Los resultados anteriores indican que la chaqueta 2 tarda más tiempo en llenarse con agua de enfriamiento.

#### 2.2.8.4. Balance de energía chaquetas

Se calculó el gasto volumétrico para cada chaqueta, considerando la altura a la que se localizan los orificios laterales en la chaqueta para la salida del líquido de la misma.



Las salidas para cada chaqueta son las siguientes:

$$\text{Chaqueta 1: } V_{S1} = 1.42 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Chaqueta 2: } V_{S2} = 3.82 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Entonces el volumen de agua que ingresa a la chaqueta será:

$$F_w = F_{w0} - V_s$$

$$F_{w1} = (4.53 - 1.42) \times 10^{-4} = 3.11 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F_{w2} = (4.53 - 3.82) \times 10^{-4} = 7.10 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

El balance de energía en las chaquetas permitirá conocer el tiempo en que la temperatura de la chaqueta desciende, debido a la acción del agua hasta encontrar el equilibrio entre el fluido de enfriamiento y el jarabe.

$$\rho_J C_J V_J \frac{\Delta T_J}{t_{BEC}} = \rho_J C_J F_w T_{JO} + \mu_{OW} A_0 (T_M - T_J)$$

- Donde:
- $\rho_J$  = densidad del agua de la chaqueta
  - $C_J$  = calor específico agua de la chaqueta
  - $V_J$  = volumen de agua para llenar la chaqueta
  - $\Delta T_J$  = cambio de temperatura dentro de la chaqueta
  - $F_w$  = flujo de alimentación de agua
  - $T_{JO}$  = temperatura del flujo de alimentación de agua
  - $\mu_{OW}$  = coeficiente de transferencia de calor externo
  - $A_0$  = área externa de transferencia de calor
  - $T_M$  = temperatura de la pared interna
  - $T_J$  = temperatura dentro de la chaqueta

$t_{BEC}$  = tiempo balance de energía chaqueta

$$\rho_J = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_J = C_p \text{ agua @20 }^\circ\text{C} = 1.924 \text{ kJ/kg-}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_J = 150.33 - 20 = 130.33 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_{OW} = 0.0933 \text{ kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

$$T_{JO} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_J = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_M = 22.01 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Chaqueta 1

$$\rho_J C_J V_J \frac{\Delta T_J}{t_{BEC}} = \rho_J C_J F_W T_{JO} + \mu_{OW} A_O (T_M - T_J)$$

$$1000(1.924)(0.1082)(130.33)/t_{BEC} = 1000(1.924)(3.11 \times 10^{-4})(20) + 0.0933(3.2999)(22.01 - 20)$$

$$27131.68/t_{BEC} = 12.59$$

$$t_{BEC} = 2155.02 \text{ s}$$

- Chaqueta 2

$$\rho_J C_J V_J \frac{\Delta T_J}{t_{BEC}} = \rho_J C_J F_W T_{JO} + \mu_{OW} A_O (T_M - T_J)$$

$$1000(1.924)(0.1506)(130.33)/t_{BEC} = 1000(1.924)(7.10 \times 10^{-5})(20) + 0.0933(4.4948)(22.01 - 20)$$

$$37767.07/t_{BEC} = 3.57$$

$$t_{BEC} = 10579.01 \text{ s}$$

El tiempo que tarda la chaqueta 2 es alrededor del cuádruple del tiempo que requiere la chaqueta 1 para alcanzar el equilibrio térmico.

### 2.2.8.5. Balance de energía de la pared

Debido a que el fluido transmisor de la energía (jarabe) se encuentra en reposo y el fluido que absorbe el calor (agua) se encuentra en constante renovación, se trata de un tipo de transferencia de calor distinto al del calentamiento y el cálculo se realiza de otra manera.

Este balance busca encontrar el tiempo que tarda la pared en alcanzar la temperatura a la cual dejará de transferir el calor de la reacción al agua de enfriamiento.

$$\rho_M C_M V_M \frac{\Delta T_M}{t_{BEP}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M) + \mu_{OW} A_o (T_J - T_M)$$

Donde:

$\rho_M$  = densidad pared acero inoxidable

$C_M$  = calor específico pared

$V_M$  = volumen pared

$T_M$  = temperatura pared

$\mu_i$  = coeficiente de transmisión de calor interno

$A_i$  = área interna de transferencia de calor

$T_{R2}$  = temperatura final de la reacción

$\mu_{OW}$  = coeficiente de transmisión de calor externo para vapor

$A_o$  = área externa de transferencia de calor

$T_J$  = temperatura chaqueta

$t_{BEP}$  = tiempo balance de energía pared

$\rho_M$  = densidad del acero inoxidable 304 = 8000 kg/m<sup>3</sup>

$C_M$  = Cp del acero inoxidable 304 = 0.5024 kJ/kg-°C

$$T_M = 22.01 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_i = 0.1683 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{R2} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu_{OW} = 0.0933 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_M = \Delta T_i = -128.09 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_J = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Chaqueta 1

$$\rho_M C_M V_M \frac{\Delta T_M}{t_{BEP}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M) + \mu_{OW} A_o (T_J - T_M)$$

$$8000 * 0.5024 * 0.0065897 * (-128.09) / t_{BEP} = 0.1683 * 3.2898 * (20 - 22.01) + 0.0933(3.3)(20 - 22.01)$$

$$-6641.17/t_{BEP} = -1.11 - 0.619$$

$$t_{BEP} = 6641.17 / -1.73$$

$$t_{BEP} = 1959.01 \text{ s}$$

- Chaqueta 2

$$\rho_M C_M V_M \frac{\Delta T_M}{t_{BEP}} = \mu_i A_i (T_{R2} - T_M) + \mu_{OW} A_o (T_J - T_M)$$

$$8000 * 0.5024 * 8.98 \times 10^{-3} * (-128.09) / t_{BEP} = 0.1683 * 4.4768 * (20 - 22.01) + 0.0933(4.4948)(20 - 22.01)$$

$$4622.27 / t_{BEP} = -1.51 - 0.619$$

$$t_{BEP} = 4622.27 / -2.357$$

$$t_{BEP} = 1961.08 \text{ s}$$

El tiempo que tarda la pared en alcanzar el equilibrio térmico es similar para ambas chaquetas.

### 2.2.8.6. Tiempo de enfriamiento

Este tiempo será el del enfriamiento de la chaqueta inferior, que es la de mayor tamaño y por ende cuyos tiempos calculados en los balances respectivos son mayores.

$$t_{\text{ENF}} = t_{\text{BMLL}} + t_{\text{BEC}} + t_{\text{BEP}}$$

$$t_{\text{ENF}} = 332.48 + 10579.01 + 1961.08$$

$$t_{\text{ENF}} = 12872.57 \text{ s}$$

$$t_{\text{ENF}} = 3.58 \text{ hr.}$$

El tiempo total de enfriamiento, con el rediseño propuesto, para 2 400 L de jarabe fabricado con calor es de aproximadamente 3 horas 34 minutos.

### 2.2.9. Análisis de costos

En el análisis del costo tanto para el proceso de calentamiento como el de enfriamiento de un *batch* de 2 400 L. de jarabe a base de miel, se omiten los costos por materia prima, dado que la mejora propuesta no tiene ninguna incidencia en la cantidad o porcentaje de materiales utilizados para la fabricación.

Dicho análisis se hizo con base en los tiempos en que se llevará a cabo el proceso y todas las variables que se ven afectadas por la duración del mismo.

Inciden las siguientes variables: potencia eléctrica consumida por luminarias, aire acondicionado, motor de la hélice de agitación, fluido consumido (sea agua, vapor o aire comprimido), mano de obra.

Los costos calculados son variables de acuerdo al mercado y al tipo de cambio, pero para cálculos futuros se puede tomar como referencia la tasa de cambio a octubre 2010: Q 8,07 por 1 USD.

### 2.2.9.1. Situación actual

Según se establece previamente en este estudio, los tiempos de calentamiento y enfriamiento actualmente son 1.5 y 15 horas respectivamente. Las tablas XIX y XX muestran los costos por hora.

Tabla XIX. **Costo calentamiento actual**

<b>PROCESO: Calentamiento actual</b>				
		<b>Consumo</b>	<b>Precio *</b>	<b>Costo (Q/hr)</b>
Potencia eléctrica	Luminarias	200 W	Q 1,66/kWh	Q 0,33
	Aire acondicionado	1350 W	Q 1,66/kWh	Q 2,24
	Motor hélice	1.25 kW	Q 1,66/kWh	Q 2.08
Fluido utilizado	Vapor	0.083 kg/s	Q 3,50/kg	Q 1 045,80
Mano de obra			Q 3 500/mes	Q 14,38
<b>Total</b>				Q 1 064,83

\* Valores variables según el mercado

Fuente: cotizaciones varios proveedores.

Tabla XX. **Costo enfriamiento actual**

<b>PROCESO: Enfriamiento actual</b>		<b>Consumo</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo hora normal (Q/hr)</b>	<b>Costo hora extra (Q/hr)</b>
Potencia eléctrica	Luminarias	200 W	Q 1,66/kWh	Q 0,33	Q 0,33
	Aire acondicionado	1350 W	Q 1,66/kWh	Q 2,24	Q 2,24
Fluido utilizado	Agua	0.000453 m <sup>3</sup> /s	Q. 2,50/m <sup>3</sup>	Q 4,08	Q 4,08
Mano de obra			Q 3 500/mes	Q 14,38	Q 21,57
<b>Total</b>				Q 21,03	Q 28,22

\* Valores variables según el mercado

Fuente: cotizaciones varios proveedores.

El proceso de calentamiento del jarabe actualmente dura 1.5 horas y el costo por hora es de Q 1 064,83, el calentamiento tiene entonces un costo, excluyendo materia prima, de Q 1 597,25.

El proceso de enfriamiento, actualmente dura 15 horas, el costo por hora normal es de Q 21,03 y por hora extra de Q 28,22. En el peor de los casos, se asumen 8 horas de jornada diurna normal de trabajo, 4 extras y el resto del tiempo el jarabe permanece enfriándose sin el uso de agua, luminarias y mano de obra. El enfriamiento cuesta entonces actualmente, excluyendo la materia prima, Q 281,12.

### 2.2.9.2. Situación propuesta

Con la implementación de la propuesta, los tiempos de calentamiento y enfriamiento serían 1.5 y 3.58 horas respectivamente. Las tablas XXI y XXII muestran los costos para ambos procesos.

Tabla XXI. Costo calentamiento propuesta

<b>PROCESO: Calentamiento propuesta</b>				
		<b>Consumo</b>	<b>Precio*</b>	<b>Costo (Q/hr)</b>
Potencia eléctrica	Luminarias	200 W	Q 1,66/kWh	Q 0,33
	Aire acondicionado	1350 W	Q 1,66/kWh	Q 2,24
	Motor hélice	1.25 kW	Q 1,66/kWh	Q 2,08
Fluido utilizado	Vapor	0.083 kg/s	Q 3,50/kg	Q 1 045,80
Otros	Electroválvulas	2	Q 0,08/hr	Q 0,16
Mano de obra			Q 3 500/mes	Q 14,38
<b>Total</b>				Q 1 064,99

\* Valores variables según el mercado

Fuente: cotizaciones varios proveedores.

Tabla XXII. **Costo enfriamiento propuesta**

<b>PROCESO: Enfriamiento propuesta</b>				
		<b>Consumo</b>	<b>Precio *</b>	<b>Costo HN (Q/hr)</b>
Potencia eléctrica	Luminarias	200 W	Q 1,66/kWh	Q 0,33
	Aire acondicionado	1350 W	Q 1,66/kWh	Q 2,24
Fluido utilizado	Agua	0.000453 m <sup>3</sup> /s	Q 2,50/m <sup>3</sup>	Q 4,08
Otros	Electroválvulas	3	Q 0,08/hr	Q 0,24
Mano de obra			Q 3 500/mes	Q 14,38
<b>Total</b>				Q 21,27
* Valores variables según el mercado				

Fuente: cotizaciones varios proveedores.

El calentamiento propuesto dura lo mismo, 1.5 horas, y el costo por hora, excluyendo materia prima, es de Q 1 064,99, casi lo mismo que actualmente, con la diferencia que aumenta el costo por hora en unos centavos, por el uso de electroválvulas. Por tanto, la realización de dicho proceso representa un desembolso de Q 1 597,49.

El enfriamiento dura 3,58 horas y su costo por hora es de Q 21,27, este proceso tiene entonces un costo, excluyendo materia prima, de Q 76,15.

### **2.2.9.3. Comparación costos actuales y propuestos**

Para determinar los beneficios económicos del rediseño, conviene realizar una comparación de los costos actuales con los propuestos. La siguiente tabla muestra los costos para ambos procesos y para el funcionamiento global de la chaqueta, es decir todo el proceso de fabricación de jarabes con calor, tanto actualmente como de la forma propuesta.



Tabla XXIII. Comparación de costos

Proceso	Costo (Q./hr.)			Costo (Q./ batch)		
	Actual	Propuesto	Ahorro	Actual	Propuesto	Ahorro
Calentamiento	Q 1 064,83	Q 1 064,99	(Q 0,16)	Q 1 597,25	Q 1 597,49	(Q 0,24)
Enfriamiento	Q 21,03	Q 21,27	(Q 0,24)	Q 281,12	Q 76,15	Q 204,97
<b>Total</b>	Q 1 085,86	Q 1 086,26	(Q 0,40)	Q 1 878,37	Q 1 673,64	Q 204,73

Fuente: cotizaciones varios proveedores.

El costo por hora aumentará en Q 0,40, pero disminuirá la cantidad de horas destinadas para la fabricación, lo que trae como consecuencia que para producir un *batch* se ahorrará Q 204,73. El tiempo de calentamiento sería de 1.5 horas y el de enfriamiento 3.58 hrs., por lo que el total de utilización del enchaquetado sería de 5.08 horas. Si se asume como tiempo actual, el tiempo máximo permitido para que labore un empleado (12 hrs.), se ahorran 6.92 horas por *batch*.

#### 2.2.9.4. Análisis de rentabilidad

Para determinar la rentabilidad o viabilidad de la ejecución del proyecto se realizará el cálculo del *payback* o tiempo en que se espera la recuperación del capital invertido.

$$Payback = \frac{\text{inversión}}{\text{ganancia}}$$

Se puede establecer que se producen dos *batches* mensualmente de jarabes con calor, de enero a noviembre, por lo que el ahorro anual sería:

$$\text{Ahorro monetario anual} = \frac{Q.204.73}{\text{batch}} * \frac{2 \text{ batch}}{\text{mes}} * \frac{11 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro monetario anual} = Q.4,504.06 / \text{año}$$

$$\text{Aumento disponibilidad anual} = \frac{6.92 \text{ h}}{\text{batch}} * \frac{2 \text{ batch}}{\text{mes}} * \frac{11 \text{ meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Aumento disponibilidad anual} = 152.24 \text{ h} / \text{año}$$

Si la disponibilidad aumenta, y se supone que se fabrican más *batches* del mismo producto, se pueden producir:

$$\text{Batches} = (152.24 \text{ hr./año}) / (5.08 \text{ h/} \textit{Batch}) = 29 \text{ Batches al año.}$$

Suponiendo que con el aumento de la disponibilidad, debido a la reducción del proceso, se aproveche cierto porcentaje de este aumento para fabricar otras 11 órdenes del mismo tamaño (menos del 40% de utilización de la disponibilidad), se tendría otro ahorro anual de Q 2 252,03.

$$\begin{aligned} \textit{Payback} &= \text{inversión} / \text{ganancia} \\ &= Q 30 854,96 / (Q 4 504,6 + Q 2 252,03) \\ &= 4.57 \text{ años} \end{aligned}$$

Este tiempo se reducirá, debido a que en los flujos de efectivo aumentan las utilidades por el incremento de los ingresos por ventas y la ampliación de la disponibilidad, tanto del área como del personal, para fabricar otros productos.

### 2.2.10. Resultados esperados de la propuesta

Actualmente, el tiempo total del funcionamiento de la chaqueta para la producción de un *batch* de 2 400 litros de jarabe es de 16.5 horas, con un costo de Q 1 878,37.

El funcionamiento del enchaquetado, es decir, los procesos de calentamiento y enfriamiento con el método propuesto se reducen a 5.08 horas por *batch*, con un costo de Q 1 673,64.

El beneficio es:

- Ahorro de Q 204,73 por *batch*
- Aumento mínimo de la disponibilidad por *batch* producido, de 6.92 horas
- Se tiene un beneficio anual mínimo de Q 4 504,06

La nueva disposición de los ingresos de agua al enchaquetado del reactor para el enfriamiento origina una reducción del tiempo en que actualmente se lleva a cabo dicho proceso. Esta reducción del tiempo se debe a que aumenta el flujo de agua que ingresa al enchaquetado para el enfriamiento, así como la salida del agua recalentada.

La mejora se verá reflejada en la disminución de costos, aumento del tiempo disponible para el equipo y el operario y por ende, el incremento del margen de utilidad en la producción de jarabes.


El operario sabrá con certeza para qué se utiliza cada válvula y el fluido que transporta cada tubería debidamente señalizada, lo que facilitará y agilizará el uso del equipo en el área.

Se tendrán instrumentos y accesorios que aseguren el funcionamiento adecuado y sin peligro principalmente de la red de vapor.


### 2.2.11. Mantenimiento preventivo de nuevas tuberías

Se diseñó un instructivo estándar de operación que contiene la información relacionada con el mantenimiento de las nuevas tuberías.

Figura 42. **Instructivo estándar de operación para mantenimiento preventivo de nuevas tuberías**

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – MAN- X01</b>
	<b>Mantenimiento preventivo para nuevas tuberías en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 1 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCOS, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Mantenimiento
<p><b>1. Introducción</b></p> <p>La finalidad del mantenimiento preventivo es encontrar y corregir los problemas menores antes de que éstos provoquen fallas, manteniendo un nivel de servicio adecuado. El mantenimiento preventivo para nuevas tuberías en el área de jarabes 2 consistirá en una serie de medidas para preservar el estado ideal de las tuberías rediseñadas. Esto incluye limpieza, ajuste, reemplazo e inspección de ciertas partes vulnerables, pero no se excluye el mantenimiento que a diario ya realiza el operador del equipo.</p>		
<p><b>2. Objetivo</b></p> <p>Aumentar la seguridad del equipo y reducir la probabilidad de fallas mayores.</p>		
<p><b>3. Alcance/ periodicidad</b></p> <p>El mantenimiento se realizará anualmente, y mientras el reactor fabricante de jarabes no esté en funcionamiento. Dicha labor será realizada por un mecánico o personal encargado de mantenimiento, asistido por un ayudante.</p>		
<p><b>4. Procedimiento</b></p> <p>A continuación se explica cómo debe realizarse el mantenimiento preventivo anual para las nuevas tuberías en el área de jarabes 2.</p>		
<p><b>4.1. Método de trabajo.</b></p> <p>Primero, cerciorarse que la descarga de los drenajes del equipo sea la correcta, las válvulas permitan el flujo de los fluidos.</p> <p>Previo al desmontado o reparación de las tuberías, se deberá enfriar siempre el sistema, comprobar que el equipo ha quedado sin presión y flujo y que se tienen adecuadas condiciones para realizar el trabajo.</p> <p>Verificar que no exista ningún tipo de averías como: fugas, obstáculos en los tubos, desgaste mecánico, corrosión tanto interna como externa, deformaciones, grietas o ruptura de tubos o accesorios.</p> <p>También es importante realizar un adecuado mantenimiento preventivo de las válvulas y demás instrumentos de la tubería de vapor.</p>		

Continuación figura 42.

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – MAN- X01</b>
	<b>Mantenimiento preventivo para nuevas tuberías en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Mantenimiento
<p>Las válvulas deben ser inspeccionadas con regularidad para comprobar que están trabajando correctamente, y periódicamente deben ser desmontadas totalmente para verificar que sus distintos elementos no presentan anomalías, así como que su interior esté limpio de acumulaciones de moho, incrustaciones o sustancias extrañas.</p> <p>Se limpia con solvente adecuado, deben limpiarse todos los contactos de los diversos accesorios y componentes eléctricos. Revisar la calibración de manómetros.</p> <p>Al volver a montar, asegurarse que las caras de unión están limpias y las conexiones debidamente hechas.</p> <p>Siempre usar las herramientas correctas, equipos de protección, acatar los procedimientos de seguridad y seguir las instrucciones de mantenimiento del fabricante de cada accesorio.</p> <p><b>4.2. Materiales y herramientas</b></p> <p>Lo básico para realizar el mantenimiento anteriormente descrito es:</p> <p><b>Material gastable:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desengrasante</li> <li>• Grasa</li> <li>• Sella tuberías con PTFE</li> <li>• Lubricante aflojatodo</li> <li>• Wípe</li> </ul> <p><b>Repuestos mínimos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empaques</li> <li>• Tuercas</li> <li>• Tornillos</li> </ul> <p><b>Herramientas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brocha</li> <li>• Destornilladores</li> <li>• Llaves mixtas</li> <li>• Llave stillson</li> </ul> <p><b>4.3. Control</b></p> <p>Se utiliza la hoja de control de mantenimiento CR – MJ2 – T01 "Hoja de control de rutina de mantenimiento preventivo planificado para tuberías nuevas en el área de jarabes 2", la cual servirá para registrar la realización de dicho mantenimiento.</p>		

Fuente: elaboración propia.

Para control de la realización del mantenimiento preventivo de las nuevas tuberías, se diseñó el formato de la figura 43. No se consideró necesario el diseño de una hoja de rutina de mantenimiento, puesto que se considera que debido a la periodicidad anual del mantenimiento preventivo y a que se realizarán las mismas actividades en cada inspección, este documento se hace innecesario, pues su contenido se encuentra incluido en el instructivo estándar de operación.

Figura 43. **Hoja de control de mantenimiento preventivo de nuevas tuberías**

CR – MJ2- T01		CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO		
Versión: 1.0				
Página: 1 / 1		HOJA DE CONTROL DE RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO PARA TUBERÍAS NUEVAS EN EL ÁREA DE JARABES 2		
Depto.: Producción				
Área: Jarabes 2				

EQUIPO		OBSERVACIONES
ID		
	Comprobar el funcionamiento gral. del equipo y condiciones a simple vista, desarmar la tubería.	
	Verificar que no exista ningún tipo de averías como: fugas, obstáculos en los tubos, desgaste mecánico, corrosión, deformaciones, grietas o ruptura de tubos o accesorios.	
	Efectuar limpieza integral de superficies externas e internas de tubos y accesorios.	
	Verificar fugas en válvulas eléctricas y de bola, así como la presencia de acumulaciones de moho, incrustaciones o sustancias extrañas.	
	Verificar el estado del manómetro.	
	Verificar el funcionamiento de trampas de vapor.	
	Verificar estado de válvulas de seguridad.	
	Limpiar los contactos de los diversos accesorios y componentes eléctricos.	
	Asegurarse que las conexiones estén debidamente hechas.	

Código de técnico		Firma del técnico	
Fecha de realización		Tiempo de ejecución	

Recomendaciones:

- Complementar la ejecución de la rutina con el manual del fabricante, si éste está disponible.
- Revisar el número de inventario y repintar si es necesario.
- Siempre complete toda la información.

Fuente: elaboración propia.


## 2.2.12. Uso de nuevas instalaciones

De efectuarse la propuesta, es necesario realizar instructivos estándar de operación que contengan información relacionada con el manejo del equipo, de acuerdo al proceso de transferencia de calor que se vaya a efectuar.


### 2.2.12.1. Calentamiento

La figura 44 muestra la forma de uso de las válvulas de las tuberías de vapor rediseñadas para calentar el enchaquetado del reactor.

Figura 44. **Instructivo estándar de operación para calentamiento con nuevas tuberías**

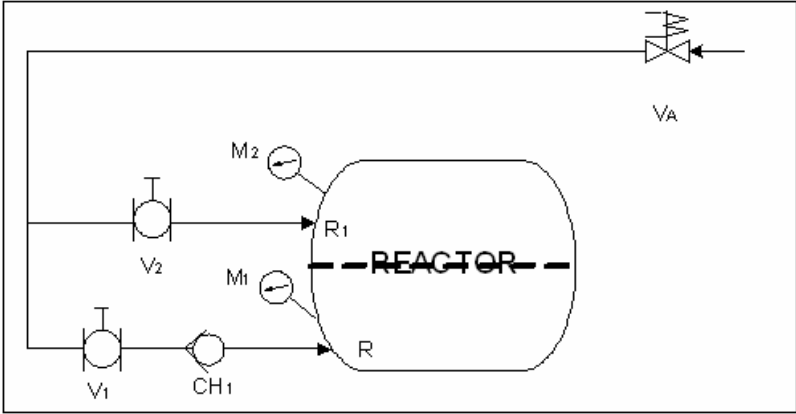
	INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN	PR – PRO- J01
	Uso de nuevas tuberías para el calentamiento de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2	Fecha: dd/ mm / aaaa
		Versión: 1.0
Unidad: LANCASCOS, S.A. - Planta de Producción		Departamento: Producción
Página: 1 / 2		
<b>1. Introducción</b>		
<p>El calentamiento de la chaqueta se realiza haciendo circular en ella vapor de agua. Posteriormente la chaqueta transfiere ese calor hacia el interior del reactor, donde se encuentra el jarabe en preparación.</p> <p>Durante el calentamiento, se eleva el batch de jarabe a cierta temperatura, una vez el producto ha alcanzado dicha temperatura, es necesario mantenerlo a esa temperatura cierto tiempo.</p>		
<b>2. Objetivo</b>		
<p>Operar las válvulas de la tubería de vapor rediseñada, para el funcionamiento correcto del enchaquetado durante el calentamiento de un jarabe fabricado con calor.</p>		
<b>3. Alcance</b>		
<p>El presente instructivo aplica para el área de jarabes 2 y el personal responsable de operar los reactores fabricantes de jarabes con calor. Este instructivo estándar de operación no altera ningún procedimiento de preparación.</p>		
<b>4. Procedimiento</b>		
<p>Ya que el interior del reactor se encuentra con la materia prima necesaria, se procede a ingresar vapor al enchaquetado, esto accionando un pulsador para que se abra la electroválvula V<sub>A</sub> para permitir el paso del fluido. Realizado esto, es necesario dejar que fluya el vapor con el drenaje abierto por alrededor de un par de minutos.</p> <p>En seguida cerrar las válvulas de drenaje (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) para que se llene todo el enchaquetado, esto durante un minuto y medio; las válvulas V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub> permanecen siempre abiertas; transcurrido ese tiempo se vuelve a abrir las válvulas de drenaje previamente cerradas (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) para que circule el vapor. Mientras funciona el sistema de calentamiento, también se emplea el aliviamiento. Ya que el jarabe llegó a la temperatura deseada, para detener el flujo, se presiona nuevamente el pulsador para detener el flujo de vapor.</p> <p>Para una mejor comprensión ver anexos.</p>		

Continuación figura 44.

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J01</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el calentamiento de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Departamento:</b> Producción		

**5. Anexos**

A continuación se muestra el bosquejo de las tuberías rediseñadas de alimentación de vapor al reactor.




Fuente: elaboración propia.




## 2.2.12.2. Aliviamiento

La figura 45 muestra el documento elaborado para indicar al operario como utilizar las instalaciones rediseñadas al momento de aliviar las tuberías, durante el calentamiento.

Figura 45. **Instructivo estándar de operación para aliviamiento con nuevas tuberías**

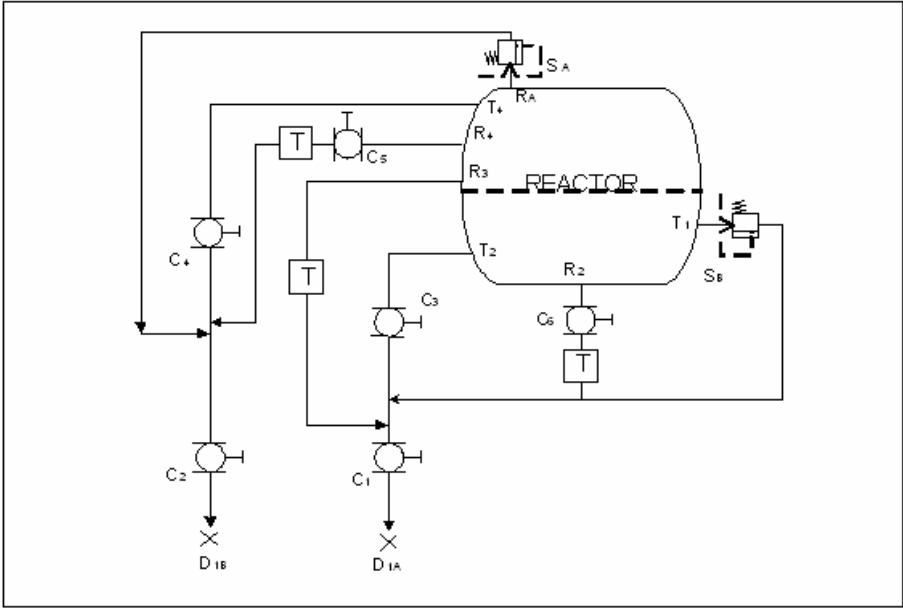
	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J02</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el alivio de la presión de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Producción
<b>Página:</b> 1 / 2		
<b>1. Introducción</b>		
<p>El aliviamiento o alivio ocurre durante el calentamiento, para evitar que se de una sobrepresión que dañe o, en el peor de los casos, origine una explosión en el enchaquetado del reactor. Consiste en hacer circular el vapor hacia afuera de la chaqueta.</p>		
<b>2. Objetivo</b>		
<p>Operar adecuadamente las válvulas de la tubería rediseñada, para evitar una sobrepresión en el enchaquetado durante el calentamiento de un jarabe fabricado con calor.</p>		
<b>3. Alcance</b>		
<p>El presente documento aplica para el área de jarabes 2 y el personal responsable de operar los reactores fabricadores de jarabes con calor, el mismo no altera ningún procedimiento de preparación.</p>		
<b>4. Procedimiento</b>		
<p>El alivio representa básicamente toda la red de descarga de fluidos en el enchaquetado. Funciona durante el calentamiento (cuando ingresa vapor al enchaquetado), de la siguiente manera:</p>		
<p>Al inicio, las válvulas C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> estarán cerradas. Las válvulas C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, permanecerán cerradas, y serán abiertas en caso de que la presión interna de las chaquetas sea muy alta.</p>		
<p>Las válvulas C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> se abrirán totalmente para permitir la descarga de condensados de las trampas de vapor.</p>		
<p>Las trampas de vapor termostáticas o purgadores de vapor termostáticos de presión equilibrada se encargarán de eliminar el condensado producido en la tubería, para posteriormente poder conducirlo hacia el drenaje.</p>		
<p>Las válvulas de seguridad S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub> se abrirán automáticamente al llegar la presión a niveles peligrosos, para liberar el vapor y evitar una sobrepresión que dañe los manómetros y el enchaquetado.</p>		
<p>Para una mejor comprensión ver anexos.</p>		

Continuación figura 45.

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J02</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el alivio de la presión de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Producción

**5. Anexos**

A continuación se muestra el bosquejo de las tuberías rediseñadas para el aliviamento del vapor en la chaqueta del reactor.




Fuente: elaboración propia.


### 2.2.12.3. Enfriamiento

Las acciones necesarias para operar las instalaciones rediseñadas durante el enfriamiento del jarabe se describen en la figura 46.

Figura 46. **Instructivo estándar de operación para enfriamiento con nuevas tuberías**

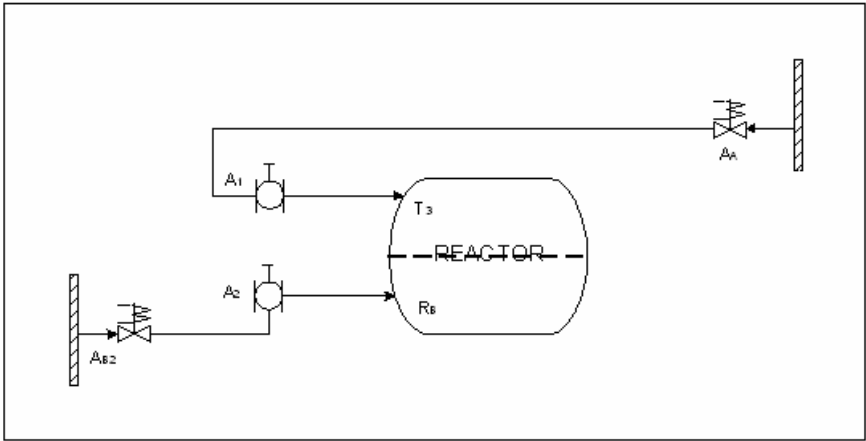
	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J03</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el enfriamiento de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 1 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Producción
<b>1. Introducción</b>		
<p>Para poder ser almacenado, el jarabe debe estar a temperatura ambiente, por lo que es necesario enfriarlo siempre después de haberlo calentado.</p> <p>Al inverso que en el calentamiento, en el enfriamiento el fluido contenido en la chaqueta, agua en este caso, absorbe la energía calorífica del jarabe contenido en el reactor.</p>		
<b>2. Objetivo</b>		
<p>Hacer uso adecuado de las instalaciones rediseñadas de tuberías durante el enfriamiento de la chaqueta cuando se fabrica un jarabe con calor.</p>		
<b>3. Alcance</b>		
<p>Este documento aplica para el área de jarabes 2 y el personal responsable de operar los reactores fabricantes de jarabes con calor. El presente instructivo estándar de operación no altera ningún procedimiento de preparación.</p>		
<b>4. Procedimiento</b>		
<p>Terminado el calentamiento, las electroválvulas AA y AB se accionan con un pulsador para permitir el flujo de agua hacia el interior del enchaquetado para su enfriamiento. Las válvulas de bola (A1 y A2) se mantendrán siempre abiertas, y se cerrarán únicamente en caso de ser necesario.</p> <p>Al igual que para el calentamiento, inicialmente se requiere del llenado del enchaquetado, pero durante aproximadamente 5 minutos, con las válvulas de drenaje C1 y C2 cerradas. Posteriormente dichas válvulas se abren para que circule el agua. Mientras funciona el sistema de enfriamiento, también se emplea el de drenaje. Para cerrar las electroválvulas se presiona el mismo botón con el que se abrieron.</p> <p>Para una mejor comprensión ver anexos.</p>		

Continuación figura 46.

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J03</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el enfriamiento de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Producción

**5. Anexos**

A continuación se muestra el bosquejo de las tuberías rediseñadas para el enfriamiento de la chaqueta:




Fuente: elaboración propia.


## 2.2.12.4. Drenaje

La figura 47 muestra el método establecido para la operación de las válvulas de las tuberías rediseñadas, con el objetivo de permitir la salida de agua recalentada de la chaqueta del reactor durante el proceso de enfriamiento.

Figura 47. **Instructivo estándar de operación para drenaje con nuevas tuberías**

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J04</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el drenaje de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa <b>Versión:</b> 1.0 <b>Página:</b> 1 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Producción
<b>1. Introducción</b> <p>El drenaje y desagüe ocurren durante el enfriamiento, es decir, cuando ingresa agua al enchaquetado, para permitir que circule el agua recalentada hacia afuera del mismo, en dirección al desagüe, hasta que la chaqueta queda vacía por completo.</p>		
<b>2. Objetivo</b> <p>Tener el manejo adecuado de las instalaciones rediseñadas de tuberías durante el drenaje del agua recalentada producto del enfriamiento en el proceso de fabricación de jarabes con calor.</p>		
<b>3. Alcance</b> <p>Este documento aplica para el área de jarabes 2, del departamento de producción y para el personal responsable de operar los reactores fabricantes de jarabes con calor. Este instructivo estándar de operación no altera ningún procedimiento de preparación.</p>		
<b>4. Procedimiento</b> <p>Inicialmente se cierran las válvulas C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> para poder llenar el enchaquetado y que éste y su contenido (jarabe) transfieran el calor que poseen al agua de enfriamiento.</p> <p>Las válvulas C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> posteriormente se encontrarán totalmente abiertas para permitir la descarga de condensados de la camisa. La válvula C<sub>7</sub> permanecerá cerrada durante el calentamiento.</p> <p>Durante el enfriamiento, las válvulas C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>, permanecerán cerradas. Éstas se abrirán para purgar por completo el enchaquetado, al haberse enfriado el jarabe. En este momento, por razones obvias, estarán también abiertas las válvulas C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>.</p> <p>Para una mejor comprensión ver anexos.</p>		

Continuación figura 47.

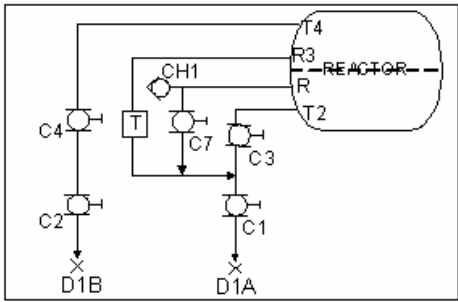
	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – PRO- J04</b>
	<b>Uso de nuevas tuberías para el drenaje de la chaqueta del reactor en el área de jarabes 2</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Producción

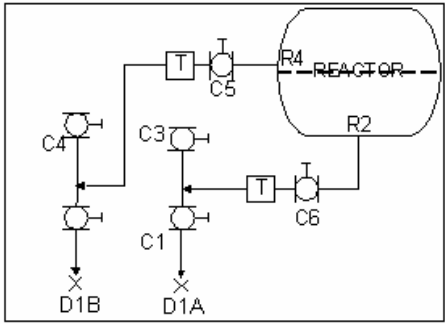
**5. Anexos**

A continuación se muestra el bosquejo de las tuberías rediseñadas para el drenaje del agua recalentada producto del enfriamiento de la chaqueta:

**Diagrama desagüe**



**Diagrama drenaje**



Fuente: elaboración propia.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DESASTRE**

Frente a la imposibilidad de eliminar por completo la probabilidad de ocurrencia de una situación de emergencia, se ha evidenciado la necesidad de establecer un proceso que permita contrarrestar y minimizar las consecuencias adversas que se presentan en una situación de crisis. Este proceso es conocido en las organizaciones como plan de contingencias, entendiéndose como la sumatoria de fuerzas aportadas por diferentes disciplinas, gobiernos, estrategias, recursos técnicos, y por supuesto el talento humano, para prevenir y controlar aquellos eventos que puedan catalogarse como emergencias en una organización, de acuerdo a sus características y ubicación.

#### **3.1. Antecedentes**

El desarrollo tecnológico de las últimas décadas ha fortalecido los programas de preparación para emergencia y contingencias, la aparición de mecanismos que facilitan y optimizan los procesos de detección y control de situaciones anormales, como un conato de incendio, la concentración nociva de un gas, un derrame, entre otros; hacen que las consecuencias de estos eventos sean menores, ya que se agilizan los procesos de detección de las fallas que los ocasionan.



Que una organización prepare sus planes de contingencia, no significa que reconozca la ineficacia de su empresa, sino que supone un avance a la hora de superar cualquier eventualidad que puedan acarrear importantes pérdidas y llegado el caso, no sólo materiales sino personales.

Un plan de contingencia debe ser exhaustivo, pero sin entrar en demasiados detalles, debe ser de fácil lectura y cómodo de actualizar. Es importante tener en cuenta que un plan de contingencia debe ser operativo y debe expresar claramente lo que hay que hacer, por quién y cuándo.

### **3.1.1. Planes de contingencia en Guatemala**

Uno de los más graves errores que se cometen en las empresas guatemaltecas a la hora de elaborar un plan de contingencia es creer que el plan debe ser elaborado por expertos de los organismos oficiales de prevención (CONRED, bomberos, gerencia de seguridad de la empresa, etc.) Los planes de contingencia deben ser preparados por la población hacia la cual van dirigidos

#### **3.1.1.1. Instituciones relacionadas con el diseño de planes de contingencia**

En Guatemala, los Bomberos Voluntarios ofrecen asesoría para la creación de planes de contingencia; éstos realizan supervisiones a edificios públicos y privados de la ciudad, también capacitan sobre cómo reaccionar frente a una emergencia. La ubicación de rutas de evacuación, áreas seguras y en peligro, cableado eléctrico y vallas peligrosas son parte de la asesoría que los socorristas brindan.

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, CONRED, es la entidad encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de desastres ocurridos a nivel nacional. Brinda información confiable, exacta y oportuna, establece mecanismos de comunicación eficiente y proporciona una metodología adecuada para la reducción de desastres en el territorio nacional.

Asimismo, proporciona a la población medidas de precaución, las cuales tienen el objetivo de impedir o evitar que sucesos naturales o generados por la actividad humana ocasionen desastres. Imparte cursos de capacitación a centros educativos, empresas e instituciones.

### **3.1.1.2. Historia del manejo de desastres en Guatemala**

El territorio de Guatemala debido a su posición geográfica, geológica y tectónica posee un alto grado de múltiples amenazas naturales, y por su situación social, económica, deterioro ambiental y de desarrollo genera altas condiciones de vulnerabilidad, lo que provoca que un alto porcentaje de la población, su infraestructura y servicios estén expuestos a diferentes riesgos, que puedan generar desastres.

Dentro de ese contexto, surgió el Comité Nacional de Emergencias (CONE) en 1969, con la finalidad de dar atención a una emergencia y de asistencia a la población en caso de desastres.

Posteriormente surgió la CONRED en 1996, permitiendo que la institución se fortaleciera en la etapa de prevención de desastres, sin descuidar la etapa de respuesta que le fue encomendada desde sus inicios en 1969.

Ésta fue creada para organizar, capacitar, apoyar y supervisar a las comunidades en todo el territorio nacional para que estén preparadas y sepan actuar con acciones claras antes, durante y después de un desastre. Elabora planes de emergencia de acuerdo a la ocurrencia y presencia de fenómenos naturales o provocados y su incidencia en el país. Coordina las acciones de respuesta ante un desastre, con el objetivo primordial de salvar vidas humanas, bienes materiales y aliviar el sufrimiento de la población ante la ocurrencia de un desastre. Organiza los esfuerzos de reconstrucción, incorporando en éstos medidas de prevención y mitigación.

En el 2000 surge la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (SE-CONRED) como instancia nacional responsable legalmente de la coordinación para promover la reducción del impacto de los desastres.

### **3.1.1.3. Tipos de desastres**

Un desastre es una situación causada por un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que significa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente. Es la ocurrencia efectiva de un evento, que como consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos causa efectos adversos sobre los mismos.

Los desastres provocados por el hombre pueden prevenirse, mientras que los naturales han ocurrido, ocurren y ocurrirán sin que el ser humano pueda evitarlo.

### **3.1.1.3.1. Tormentas eléctricas**

Una tormenta eléctrica se forma de una combinación de humedad, aire caliente de rápido ascenso y una fuerza capaz de levantar aire, tal como un frente cálido y frío, brisa marina o una montaña. Todas las tempestades eléctricas contienen relámpagos. Las tormentas eléctricas pueden traer lluvias intensas (que pueden causar aluviones), fuertes vientos, granizo, y relámpagos.

Un relámpago es una descarga eléctrica que resulta de la formación de cargas positivas y negativas en una tormenta. Cuando la formación es suficientemente fuerte, el relámpago aparece como rayo. Esta luz aparece normalmente entre nubes o entre las nubes y la tierra.

Como no todas las descargas eléctricas tienen la misma potencia, las características de un rayo son diferentes. Se considera que la intensidad media durante cada descarga principal llega hasta 20 000 amperios. El daño que causa el rayo se debe en gran parte al calor que origina. Las chispas eléctricas provocan incendios.

El método usual de protección para edificios y estructuras elevadas es el uso del pararrayos. En un edificio su uso se justifica desde el punto de vista del costo material, ya que los ocupantes no suelen correr un gran riesgo directo.

### **3.1.1.3.2. Erupciones volcánicas**

Los volcanes están constituidos por una acumulación de sus propios productos eruptivos: lava, cenizas y polvo. Cuando la presión de los gases y roca fundida es suficiente para causar una explosión, ocurre la erupción.

Los gases y la roca emergen por la abertura y se derraman, llenando el aire con fragmentos de lava. Las cenizas volcánicas pueden afectar a personas ubicadas a cientos de kilómetros del cono del volcán.

Las explosiones volcánicas pueden lanzar rocas grandes a altas velocidades a varios kilómetros de distancia. Una erupción volcánica puede originar un maremoto, inundaciones, aluviones, terremotos y derrumbes de rocas. El área de riesgo en torno a un volcán es de por lo menos 30 kilómetros, pero puede ampliarse hasta a 150 kilómetros por los vapores y cenizas.

Se recomienda alejarse del lugar y evitar las áreas hacia donde sopla el viento proveniente del volcán, en caso de tener una dolencia respiratoria, evitar todo contacto con la ceniza. Se debe limpiar la ceniza de los techos, ya que es pesada y puede hacer que una construcción colapse.

### **3.1.1.3.3. Inundaciones**

La inundación es el fenómeno por el cual una parte de la superficie terrestre queda cubierta temporalmente por el agua, ante una subida extraordinaria del nivel de ésta.

Varias son las causas que provocan y aceleran las inundaciones, en su gran mayoría originadas por razones de índole natural y en menor grado por motivos humanos, como destrucción de cuencas, deforestación, sobre pastoreo, en ambas situaciones los desastres producidos son cuantiosos. Las inundaciones normalmente se producen por desbordes de ríos, debido a intensas lluvias o deshielos rápidos.

Si la situación así lo amerita o las autoridades lo indican, evacuar lo antes posible. Cortar la luz, agua y gas. La mejor protección en caso de una inundación grande es abandonar el área y buscar refugio en una zona alta. Una inundación puede ser extremadamente peligrosa, 15 centímetros de agua moviéndose velozmente es suficiente para botar a una persona.

Después de ocurrido el desastre, revisar paredes, suelos, puertas y ventanas para asegurar que el edificio no está en riesgo de colapsar.

#### **3.1.1.3.4. Sismos**

Un sismo es una vibración o movimiento repentino y rápido de la tierra, causado por rupturas o movimientos de rocas o placas bajo la superficie terrestre. Puede causar caída de construcciones, interrupción de servicios básicos (agua, luz, gas, teléfono), provocar deslizamientos, incendios o maremotos.

El movimiento de tierra durante un terremoto rara vez es la causa directa de muertos o heridos. Éstos resultan de la caída de murallas, rotura de vidrios y objetos que caen, por lo tanto mientras esto sucede, lo mejor es mantener la calma y resguardarse.

Es importante realizar una revisión técnica previa, para determinar si se requiere salir del edificio, Identificar los lugares seguros dentro (donde no caigan vidrios ni objetos pesados encima) y fuera del mismo (alejados de edificios, árboles, tendido eléctrico o pasos sobre nivel). Es necesario también establecer cual es la mejor ruta por dónde evacuar. Al igual que en otro tipo de desastres se recomienda desconectar el gas, agua y electricidad; y terminada la contingencia, asegurarse que el edificio no está en riesgo de colapsar.

#### **3.1.1.3.5. Deslizamientos**

Los derrumbes o deslizamientos ocurren cuando rocas, tierra y otros elementos bajan por una ladera. Pueden ser pequeños o grandes y moverse a muy baja o muy alta velocidad. Los derrumbes se activan por tormentas, fuegos o modificaciones que el ser humano efectúa en el terreno. También pueden producirse como resultados de terremotos o erupciones volcánicas.

Se debe evitar construir en laderas y orillas de barrancos e implementar medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacro en las áreas de mayor riesgo. En estos casos es mejor evacuar antes de que suceda el deslizamiento.

Si al ocurrir éste, se está dentro de un edificio, permanecer adentro, protegiéndose bajo un mueble sólido. De ser posible alejarse de la trayectoria del derrumbe. Después de ocurrido, mantenerse alejado del área de derrumbe, ya que pueden venir derrumbes adicionales.

#### **3.1.1.3.6. Incendios**

Un incendio es un fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita, gradual o instantánea, al que le siguen daños materiales.

Las causas de un incendio son múltiples. Un pequeño incendio puede transformarse en uno fatal en pocos segundos. En segundos una habitación se puede llenar de un espeso humo negro y caer envuelta en llamas.

Durante el desarrollo de un incendio, los ocupantes del edificio afectado se ven expuestos a dos tipos diferentes de peligros. De una parte, la exposición a las llamas y, de otra, a los productos calientes de la combustión (humos). La mayoría de las muertes producidas en los incendios se deben al humo, ya que sus efectos se manifiestan a distancia del lugar donde se ha producido la combustión. En caso de una evacuación con humo gatear hasta la salida y taparse la boca y nariz con una toalla mojada.

Procurar contar con uno o más extinguidores en un lugar accesible (ver anexo 6). Revisar periódicamente la instalación eléctrica y de gas, evitar el uso de fuentes de ignición cerca de objetos o sustancias inflamables.

#### **3.1.1.4. Reducción de desastres**

Las causas de destrucción de empresas son: fuego destructor y explosiones 78%, desastres naturales 8%, otras causas 10% y desconocidas un 4%. Los desastres naturales ocurren sin previo aviso, por eso es muy importante estar preparado

Es importante conocer los tipos de desastres a los que se está expuesto, luego evaluar, analizar y prevenir los riesgos, para poder evitar o mitigar las lesiones y pérdidas económicas que dichas emergencias puedan ocasionar. Debe identificarse lugares seguros dentro de la instalación, puertas de salida y puntos de encuentro. De realizarse una evacuación se recomienda no correr y mantener la calma.



### **3.1.1.5. Legislación nacional relacionada con manejo de desastres**

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres fue creada por el Decreto 109-96 del Congreso de la República, el cual incluye información relacionada con las finalidades de su creación, organización y régimen económico, entre otros.

El Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) fue creado según Acuerdo Gubernativo 26-3-76, estableciéndose como la institución encargada de estudiar y monitorear fenómenos y eventos atmosféricos, geofísicos e hidrológicos en el país.

### **3.1.2. Antecedentes LANCASCO**

LANCASCO es una farmacéutica dedicada a la manufactura de medicamentos de alta calidad. Su proceso productivo consiste en la transformación de materia prima.

En el 2007 fue inaugurada la nueva planta farmacéutica de LANCASCO dentro de un complejo de instalaciones de 38 000 metros cuadrados.

En la planta se cuenta con aproximadamente 200 personas laborando dentro de las distintas áreas: manufactura, empaque, bodega, control de calidad, mantenimiento, logística.

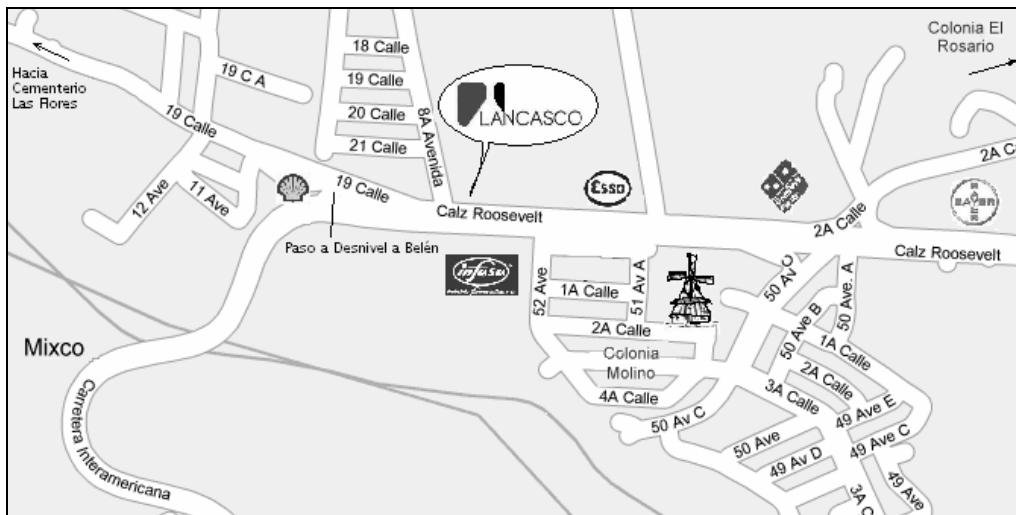
### 3.1.2.1. Ubicación

Según las zonas de tolerancia industrial del Reglamento Específico de Localización Industrial del Municipio de Guatemala, la planta de LANCASCO, S. A., se encuentra dentro de los límites de la zona industrial 12 (zona I – 12) a un costado de la Calzada Roosevelt, frente a la Colonia Molino de las Flores.

La planta LANCASCO, S.A. es un establecimiento industrial tipo B: el edificio industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro/s ya sean de uso industrial o de otros usos.

Se encuentra ubicada en el Km. 15.5 Calzada Roosevelt, zona 7 de Mixco, Guatemala. Al final de la calzada, en dirección de la capital hacia Antigua Guatemala. Se localiza adelante del Centro Comercial Molino, antes de llegar al paso a desnivel hacia Belén, frente a Infasa; como lo muestra el mapa de la figura 48.

Figura 48. Ubicación LANCASCO



Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2.2. Actividad económica**

LANCASCO se dedica a la fabricación, distribución, importación y exportación de productos farmacéuticos, de consumo y genéricos, y de cuidado personal.

En sus instalaciones se fabrican: tabletas, cápsulas, grageas, jarabes, soluciones, cremas, ungüentos y ampollas bebibles. También se manufacturan medicamentos a laboratorios transnacionales de prestigio.

La manufactura de sólidos como: tabletas, cápsulas y granulados son el lado fuerte de la corporación, junto a la cadena de productos líquidos.

### **3.1.2.3. Emergencias ocurridas los últimos años**

La única contingencia que se ha dado en la empresa en los últimos 15 años, está relacionada con las cenizas producto de una erupción volcánica.

Otro hecho relacionado con el tema es un accidente aéreo, provocado por un helicóptero que se estrelló por causas no definidas en la colonia San Ignacio, zona 7 de Mixco, cerca de las instalaciones. Esto ocurrió el 8 de agosto del 2005, donde hubo tres personas heridas y 4 viviendas destrozadas; por lo que este acontecimiento ocurrió antes del traslado de la planta a las instalaciones actuales.

La noticia en periódicos publicó lo siguiente: tres heridos deja la caída del helicóptero TG-APS sobre viviendas ubicadas en la 8a. avenida y 15 calle de la colonia Hoech, anexa a San Ignacio, zona 7 de Mixco. La falta de combustible habría provocado el desplome de la aeronave, que venía de Retalhuleu.

Figura 49. Accidente aéreo



Fuente: archivo CONRED.

#### 3.1.2.4. Desastres a los que está expuesta la empresa

La preparación para la atención de emergencia y contingencias es una actividad que debe llevarse a cabo indistintamente del tamaño de la empresa o del riesgo que ésta genere, pues todos sin excepción están expuestos a enfrentar eventos internos o externos que causen o tengan el potencial para causar lesiones a las personas, impactos negativos al ambiente y daños a la propiedad.

Para la realización de un plan de contingencia es necesario previamente identificar y evaluar cuales son los eventos o condiciones que pueden llegar a ocasionar una emergencia en la empresa.

El propósito de dicho análisis es convertirlo en una herramienta para establecer las medidas de prevención y control de los riesgos asociados a la actividad económica, al entorno físico y al entorno social en el cual LANCASCO, S.A. realiza sus operaciones.

#### 3.1.2.4.1. Debido a la ubicación geográfica

Como se estableció anteriormente, la empresa se encuentra ubicada en el Km. 15.5, al final de la Calzada Roosevelt. La tabla XXIV muestra los peligros que podría presentar la organización, de acuerdo al lugar en que se localiza y su probabilidad de ocurrencia, capaces de ocasionar un daño o generar pérdidas en la organización.

Tabla XXIV. **Exposición a riesgos naturales debido a la ubicación**

ORIGEN	TIPO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			
		I	PP	P	MP
NATURAL	Tormentas eléctricas			x	
	Erupciones volcánicas			x	
	Inundación		x		
	Huracanes		x		
	Sismos				x
	Deslizamientos		x		
I= IMPROBABLE, PP = POCO PROBABLE, P= PROBABLE, MP = MUY PROBABLE					

Fuente: elaboración propia.

#### 3.1.2.4.2. Debido a la actividad de la empresa

LANCASCO, S.A., como cualquier laboratorio farmacéutico, utiliza para la fabricación de medicamentos, materia prima como: productos químicos inflamables, tóxicos y corrosivos.

También debe considerarse el almacenamiento y uso de papel y cartón para el proceso de empaque, productos que representan un riesgo frente a la acción del fuego.

Tabla XXV. **Exposición a riesgos de diversos tipos**

ORIGEN	TIPO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			
		I	PP	P	MP
TECNOLÓGICO, SOCIAL, DE OTRO TIPO	Incendio			X	
	Explosión			X	
	Derrame de sustancias peligrosas			X	
	Pandemia		X		
	Desorden público		X		
I= IMPROBABLE, PP = POCO PROBABLE, P= PROBABLE, MP = MUY PROBABLE					

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2.4.3. Incendios y explosiones

Tal y como lo evidencia el análisis de riesgos, debido a la actividad de la empresa, los desastres más peligrosos a los que principalmente está expuesta son los incendios y las explosiones.

#### 3.1.2.4.3.1. Aspectos generales

Un incendio es cualquier tipo de siniestro provocado por el fuego descontrolado que cause algún daño. Los incendios se clasifican según el material combustible: el primer tipo es el incendio tipo A, que se refiere a la combustión de un sólido; el incendio tipo B hace referencia a los líquidos y gases; el incendio tipo C es cuando se trata de siniestros de origen eléctrico y finalmente, incendios tipo D, que son fuegos especiales donde, generalmente, están implicados metales.

Un incendio tiene tres fases, la primera es la incipiente o inicial, la cual debe ser apagada con extinguidor. La segunda etapa es la de incendio libre, en la cual un extinguidor no es suficiente y este tipo de siniestro debe ser atendido por personal especializado. La tercera etapa, llamada estacionaria o arder sin llamas, consiste en la ventilación del lugar, puesto que no hay flamas propiamente dichas, sino que los vapores residuales son tóxicos y pueden provocar sofocación.

Cuando las combustiones son muy rápidas, o instantáneas, se producen las explosiones. Si la velocidad de propagación del frente en llamas es menor que la velocidad del sonido a la explosión, se le llama deflagración. Si la velocidad de propagación del frente de llamas es mayor que la velocidad del sonido a la explosión, se le llama detonación.

#### **3.1.2.4.3.2. Riesgos en planta**

La mejor manera de luchar contra un incendio es evitar su producción y posterior desarrollo. Por eso se hace necesaria una gestión eficaz de los recursos humanos y materiales, un dimensionamiento correcto de los medios de protección, una señalización útil y una formación adecuada en las tareas de evacuación y en la lucha contra incendios.

Las técnicas de prevención y extinción de incendios se basan en el control de los cuatro factores del fuego: combustible, aire, calor y reacción en cadena. En un sentido estricto, las normas para prevención de incendios deben comenzar a aplicarse desde la construcción de los edificios, teniendo especial cuidado en el almacenamiento y manipulación de sustancias tóxicas, inflamables y corrosivas.

Dentro de las instalaciones debe tenerse cuidado con las reacciones peligrosas, considerándose como tales las que dan lugar a: una combustión y/o una considerable producción de calor, la emanación de gases inflamables y/o tóxicos, la formación de materias líquidas corrosivas y la formación de materias inestables.

Un adecuado análisis de los diferentes tipos de incendios que pueden producirse en una zona, determinará qué agente extintor es el más adecuado para su tratamiento óptimo y eficaz. Los principales agentes extintores que ofrece el mercado son: agua, espuma, polvo químico, dióxido de carbono y gases.

Según algunas estadísticas, un 90% aproximadamente de todos los incendios industriales son causados por 11 fuentes de ignición:

- Incendios eléctricos 19%
- Roces y fricciones 14%
- Chispas mecánicas 12%
- Fumar y fósforos 8%
- Ignición espontánea 7%
- Superficies calientes 7%
- Chispas de combustión 6%
- Llamas abiertas 5%
- Soldadura y corte 4%
- Materiales recalentados 3%
- Electricidad estática 2%



El agua extingue por sofocación, por dilución y por disminución de la energía calorífica. Es de gran efectividad en fuegos de combustibles sólidos y, en otros tipos, es igualmente útil para el enfriamiento y confinamiento del incendio; la espuma impide la emisión de vapores inflamables y es muy estable frente al calor (AFFF, FP, P y de tipo alcohol); el polvo químico está indicado especialmente para líquidos inflamables; el dióxido de carbono está indicado para equipos sometidos a tensión eléctrica y para fuegos superficiales; los gases son eficaces en la extinción de fuegos eléctricos, de líquidos y gases.

Se recomiendan las siguientes acciones para la prevención:

- No acumular en el puesto de trabajo materiales combustibles que no sean estrictamente necesarios para la producción.
- Conservar líquidos inflamables en recipientes metálicos y con anclaje seguro, para evitar vuelcos y vertidos.
- Evitar acumulación de polvos combustibles en zonas cerradas.
- Verificar la correcta ventilación natural o forzada de las zonas de almacenamiento de materiales combustibles.
- Estricto control o supresión de focos potenciales de ignición.
- Separación de las fuentes de calor.
- Mantenimiento preventivo sobre el sistema de cierre de válvulas de los recipientes y conductos de gases combustibles.

Utilizar bandejas para prevenir derrames de líquidos en puntos críticos.

Clara señalización de las zonas de manejo y almacenamiento de los materiales potencialmente combustibles.

Instrucciones visibles sobre la manipulación, en condiciones seguras, de los combustibles.

Señalización exhaustiva de seguridad en trabajos con riesgo crítico.

#### 3.1.2.4.3.3. Materiales peligrosos

Las sustancias con las que debe tenerse especial cuidado y que con mayor frecuencia serán almacenadas en la bodega son:

Esencias.

Alcoholes.

Cloruro de metileno.

Ácido clorhídrico.

Solventes.

Reactivos usados en laboratorio: metanol, acetona, cloroformo, etanol y ácido fosfórico.

Existen también ciertos materiales que tienen que ser almacenados a condiciones de temperatura baja, éstos son:

Triacetina

Algunos aceites esenciales

Vitamina A

- Ácido acético
- Algunos aminoácidos

### **3.1.2.5. Situación actual de prevención y respuesta**

Existen procedimientos e instructivos sobre manejo de sustancias peligrosas, evacuación, evaluaciones de riesgo y otros tantos relacionados con seguridad industrial.

Se cuenta con un departamento de seguridad industrial en desarrollo, una brigada de emergencia, señalización de áreas, rutas de evacuación, extinguidores, hidrantes, equipo de seguridad en caso de emergencia, ya sea contra incendio o derrames químicos. Las instalaciones también poseen un sistema de detección automática de incendios; los extinguidores con que se cuentan son del tipo ABC (polvo químico seco), de agua, dióxido de carbono (tipo BC), halotrócn (agente limpio).

Se tiene una correcta manipulación y almacenamiento seguro de sustancias químicas peligrosas y en especial, para las clasificadas como inflamables. Los líquidos inflamables no se almacenan junto a los líquidos corrosivos o materiales altamente tóxicos.

Las sustancias peligrosas deben estar debidamente identificadas, para que los usuarios las manipulen, transporten y almacenen con seguridad y propiedad.

El encargado de bodega traslada los recipientes de materiales inflamables cerrados, haciendo uso de carretillas especiales al área de pesas que será el único lugar en el cual se podrán abrir los recipientes y realizar la labor de dispensado.

### 3.1.2.6. Análisis de vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad es el proceso mediante el cual se determinará el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o grupos de elementos ante una amenaza específica. El grado de vulnerabilidad de la empresa está directamente relacionado con la organización interna que ésta tiene.

Como herramienta para realizar dicho análisis por amenaza se utilizó una matriz (ver tabla XXVI), en ella se califica cada aspecto de acuerdo con la condición existente en la empresa, para las amenazas de mayor probabilidad de ocurrencia; siendo estas incendio, explosión y sismos.

Tabla XXVI. **Análisis de vulnerabilidad por incendio, explosión o sismo**

<b>ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR AMENAZA DE INCENDIO, EXPLOSIÓN O SISMO</b>			
<b>ASPECTO A EVALUAR</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>1. EL PLAN DE EVACUACIÓN</b>			
A. Se ha determinado previamente por parte del personal del edificio los aspectos básicos a poner en práctica en caso de una evacuación del mismo. B. Sólo algunos empleados conocen sobre normas de evacuación o han tenido en cuenta aspectos al respecto. C. Ningún empleado en el edificio conoce sobre medidas de evacuación y no se han desarrollado.			
<b>2. ALARMA PARA EVACUACIÓN</b>			
A. Está instalada y es funcional. B. Es funcional sólo en un sector. Bajo ciertas condiciones. C. Es sólo un proyecto que se menciona en algunas ocasiones.			

Continuación tabla XXVI.

ASPECTO A EVALUAR	CLASIFICACIÓN		
	A	B	C
<b>3. RUTA DE EVACUACIÓN</b>			
A. Existe una ruta exclusiva de evacuación, iluminada, señalizada, con pasamanos. B. Presenta deficiencia en alguno de los aspectos anteriores. C. No hay ruta exclusiva de evacuación.			
<b>4. LOS VISITANTES DEL EDIFICIO CONOCEN LAS RUTAS DE EVACUACIÓN</b>			
A. Fácil y rápidamente gracias a la señalización visible desde todos los ángulos. B. Difícilmente por la poca señalización u orientación al respecto. C. No las reconocerían fácilmente.			
<b>5. LOS PUNTOS DE REUNIÓN EN UNA EVACUACIÓN</b>			
A. Se han establecido claramente y los conocen todos los ocupantes del edificio. B. Existen varios sitios posibles pero ninguno se ha delimitado con claridad y nadie sabría hacia dónde evacuar exactamente. C. No existen puntos óptimos donde evacuar.			
<b>6. LOS PUNTOS DE REUNIÓN EN UNA EVACUACIÓN</b>			
A. Son amplios y seguros. B. Son amplios pero con algunos riesgos. C. Son realmente pequeños para el número de personas a evacuar y realmente peligrosos.			
<b>7. LA SEÑALIZACIÓN PARA EVACUACIÓN</b>			
A. Se visualiza e identifica plenamente en todas las áreas del edificio. B. Esta muy oculta y apenas se observa en algunos sitios. C. No existen flechas o croquis de evacuación en ninguna parte visible.			
<b>8. LAS RUTAS DE EVACUACIÓN SON</b>			
A. Antideslizantes y seguras en todo recorrido. B. Con obstáculos y tramos resbalosos. C. Altamente resbalosos, utilizados como bodegas o intransitables en algunos tramos.			
<b>9. LA RUTA PRINCIPAL DE EVACUACIÓN</b>			
A. Tiene ruta alterna óptima y conocida. B. Tiene una ruta alterna pero deficiente. C. No posee ninguna ruta alterna o no se conoce.			
<b>10. LA SEÑAL DE ALARMA</b>			
A. Se encuentra o se ve claramente en todos los sitios. B. Algunas veces no se escuchan ni se ven claramente. C. Usualmente no se escucha, ni se ve.			
<b>11. SISTEMA DE DETECCIÓN</b>			
A. El edificio posee sistema de detección de incendio revisado en el último trimestre en todas las áreas. B. Sólo existen algunos detectores sin revisión y no en todas las áreas. C. No existe ningún tipo de detector.			
<b>12. EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA</b>			
A. Es óptimo de día y noche (siempre se ve claramente, aún de noche). B. Es óptimo sólo en el día (en la noche no se ve con claridad). C. Deficiente día y noche.			

Continuación tabla XXVI.

ASPECTO A EVALUAR	CLASIFICACIÓN		
	A	B	C
13.EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA	■		
A. Es de encendido automático en caso de corte de energía. B. Es de encendido manual en caso de corte de energía. C. No existe.			
14.EL SISTEMA CONTRA INCENDIO	■		
A. Es funcional. B Funciona parcialmente. C. No existe o no funciona.			
15.LOS EXTINTORES PARA INCENDIO	■		
A. Están ubicados en las áreas críticas y son funcionales. B. Existen pero no en número suficiente. C No existen o no funcionan.			
16.DIVULGACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA A LOS EMPLEAD OS	■		
A. Se ha desarrollado mínimo una por semestre. B. Esporádicamente se ha divulgado para algunas áreas. C. No se ha divulgado.			
17.COORDINADOR DEL PLAN DE EMERGENCIA	■		
A. Existe y está capacitado. B. Existe pero no está capacitado. C. No existe.			
18. LA BRIGADA DE EMERGENCIA	■		
A. Existe y está capacitada. B. Existe y no está capacitada. C. No existe.			
19. SE HAN REALIZADO SIMULACROS	■		
A. Un simulacro en el último año. B. Un simulacro en los últimos dos años. C. Ningún simulacro.			
20. ENTIDADES DE SOCORRO EXTERNAS		■	
A. Conocen y participan activamente en el plan de emergencia de la empresa. B. Están identificadas las entidades de socorro pero no conocen el plan de emergencia de la empresa. C. No se tienen en cuenta.			
21. LOS OCUPANTES DEL EDIFICIO SON	■		
A. Siempre los mismos con muy pocos visitantes. B. Con un 10 a 20% de visitantes nuevos cada día. C. El 90% de los ocupantes son visitantes.			
22. EN LA ENTRADA DEL EDIFICIO O EN CADA PISO		■	
A. Existe y es visible un plano de evacuación en cada piso. B. No existe un plano de evacuación en cada piso pero alguien daría información. C. No existe un plano de evacuación y nadie está responsabilizado de dar información al respecto.			
23. LAS RUTAS DE CIRCULACIÓN	■		
A. En general las rutas de acceso y circulación de los trabajadores y visitantes son amplias y seguras. B. En algún punto de las rutas no se circula con facilidad por falta de espacio u obstáculos al paso. C. En general las rutas y áreas de circulación son congestionadas y de difícil uso.			

Continuación tabla XXVI.

24. LAS PUERTAS DE SALIDA DEL EDIFICIO		
A. Las puertas cumplen con las medidas mínimas reglamentarias y de uso de cerraduras de seguridad. B. Solo algunas puertas permiten una salida rápida y poseen cerraduras de seguridad. C. Ninguna puerta es lo suficiente amplia o brinda garantías para salida segura.		
25. ESTRUCTURA Y TIPO DE CONSTRUCCIÓN		
A. La estructura del edificio se soporta en estructuras de concreto y no presenta ningún deterioro en paredes, columnas, techos o aditamentos internos. B. Presenta deterioro observable en paredes y techos que hagan pensar en daños estructurales. C. La estructura no posee cimentación ni soportes de concreto y presenta deterioros estructurales observables en progreso durante los últimos 6 meses.		

Fuente: Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias. Colombia. p. 25.

Posteriormente se asigna el siguiente puntaje a cada una de las opciones de respuesta y se suma el puntaje de las preguntas: A = 4.0; B = 2.0; C = 0.4.

Calificación total:

Total items con respuesta A = 21 x 4.0 = 84

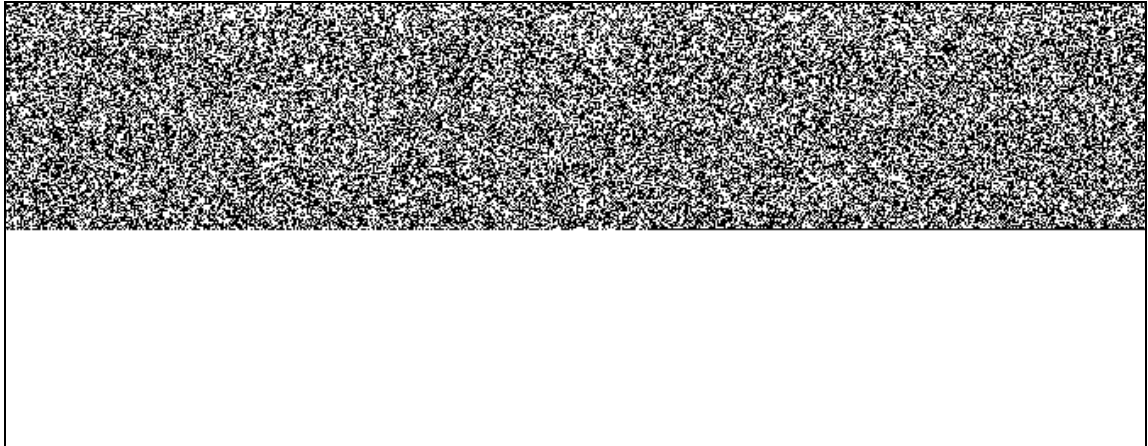
Total items con respuesta B = 4 x 2.0 = 8

Total items con respuesta C = 0 x 0.4 = 0

PUNTAJE TOTAL = A+B+C = 84 + 8 = 92

Finalmente se compara el valor del total con los rangos establecidos en la tabla XVII.

Tabla XXVII. **Nivel de vulnerabilidad**



Fuente: Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias. Colombia. p. 25.

Se puede determinar que la edificación presenta una vulnerabilidad mínima y el plan está bien aplicado. Pero esto no implica que el mismo se pueda mejorar.

### **3.2. Diseño del plan de contingencia**

El plan de preparación frente a una crisis debe incorporar medidas que permitan la continuidad de los negocios y un plan comunicacional que permita difundir la información dentro y hacia fuera de la empresa. Los planes deben contemplar medidas que mitiguen, por una parte el impacto directo sobre el funcionamiento de la empresa y por otro lado, medidas para reducir el impacto sobre empleados y clientes. Será entonces el plan de contingencia, el conjunto organizado de políticas, procedimientos, acciones y recursos humanos, técnicos y de otra índole, cuya interacción le permitirán obtener a la empresa una estrategia adecuada para prevenir y controlar situaciones de emergencia.



### **3.2.1. Objetivos**

General:

Establecer criterios que sirvan de apoyo para la prevención, preparación y respuesta al acontecer uno de los desastres de mayor probabilidad de ocurrencia en el edificio de producción de la empresa.

Específicos:

- Definir funciones y responsabilidades del personal ante una emergencia.
- Establecer las acciones a realizarse en el edificio antes, durante y después de un siniestro.
- Planificar actividades de difusión, prevención, adiestramiento y evaluación del plan.
- Disponer las rutas de evacuación para todas las áreas del edificio de producción.

### **3.2.2. Alcance**

La información contenida en este documento podrá ser empleada por todo el personal de LANCASCO en caso de alguna situación de emergencia, lo cual facilitará la rapidez y efectividad para salvaguardar vidas humanas y recursos materiales.

Los procedimientos no reemplazan ninguna acción basada en experiencia, pero sí establecen guías que proporcionan directrices al personal de la compañía, organizaciones de servicio público (bomberos, policía, médico) y al público en general que ingrese a la empresa.

El diseño del manejo de emergencias a través de la planificación de respuesta a contingencias se basa en las siguientes acciones:

- Identificar y reconocer riesgos en salud, seguridad y medio ambiente
- Planificar e implementar acciones en el manejo de riesgos
- Revisar y probar la preparación y eficiencia del personal regularmente
- Entrenar al personal en lo referente a respuestas a emergencias

### **3.2.3. Responsabilidades**

El comité de seguridad del departamento de seguridad industrial es el organismo responsable del plan de contingencias. Sus funciones básicas son: programar, dirigir, ejecutar y evaluar el desarrollo del plan, organizando asimismo las brigadas.

El jefe de seguridad tiene como funciones básicas dirigir y ejecutar el desarrollo del nuevo plan de contingencias. El encargado de seguridad tiene como funciones básicas apoyar en la programación y evaluación del desarrollo del plan de contingencias. Los brigadistas brindarán el soporte requerido por el jefe y encargado de seguridad, para el desarrollo del plan.

Los jefes de bodega, producción y laboratorio se encargarán de asegurar el cumplimiento de los objetivos específicos asignados a sus respectivas áreas. Mantenimiento se encargará de velar por el buen estado del equipo de seguridad. Asimismo todo el personal brindará apoyo, si éste es requerido y se involucrará en las capacitaciones y procedimientos elaborados.

#### **3.2.4. Definiciones**

- Amenaza: peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos.
- Desastre: situación causada por un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que significa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente.
- Emergencia: toda situación generada por la ocurrencia real o inminente de un evento adverso.
- Evacuación: situación de emergencia que obliga a desalojar total o parcialmente el centro de trabajo de manera ordenada y controlada.
- Fuego: desprendimiento de energía, producido por la combustión de un cuerpo acompañado generalmente de humos y/o llamas. La combustión es una reacción que requiere de tres elementos: un material que se oxide, llamado combustible, y un elemento oxidante, llamado comburente. Para que la reacción de oxidación comience, habrá que disponer, además, de una cierta cantidad de energía de activación (habitualmente calor).

- Plan de emergencias: definición de políticas, organizaciones y métodos, que indican la manera de enfrentar una situación de emergencia o desastre, en lo general y en lo particular, en sus distintas fases.
- Plan de contingencias: componente del plan de emergencias y desastres que contiene los procedimientos para la pronta respuesta en caso de presentarse un evento específico.
- Prevención: conjunto de actividades o medidas previstas o adoptadas con el fin de evitar o disminuir los riesgos que ocasiona una emergencia.
- Respuesta: acciones que se llevan a cabo para paliar los efectos de un evento adverso. El objetivo de la respuesta es reducir las pérdidas humanas y materiales.
- Sismo: movimientos bruscos del terreno producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra o a la tectónica de placas.
- Vulnerabilidad: factor de riesgo interno de un sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado.

### **3.2.5. Organización y funciones específicas del personal**

La acción de respuesta a una emergencia está condicionada por la fase en la cual se encuentra su desarrollo, cada una de ellas con sus propias características y propiedades. La base de esta respuesta está en la organización que se haya adoptado.

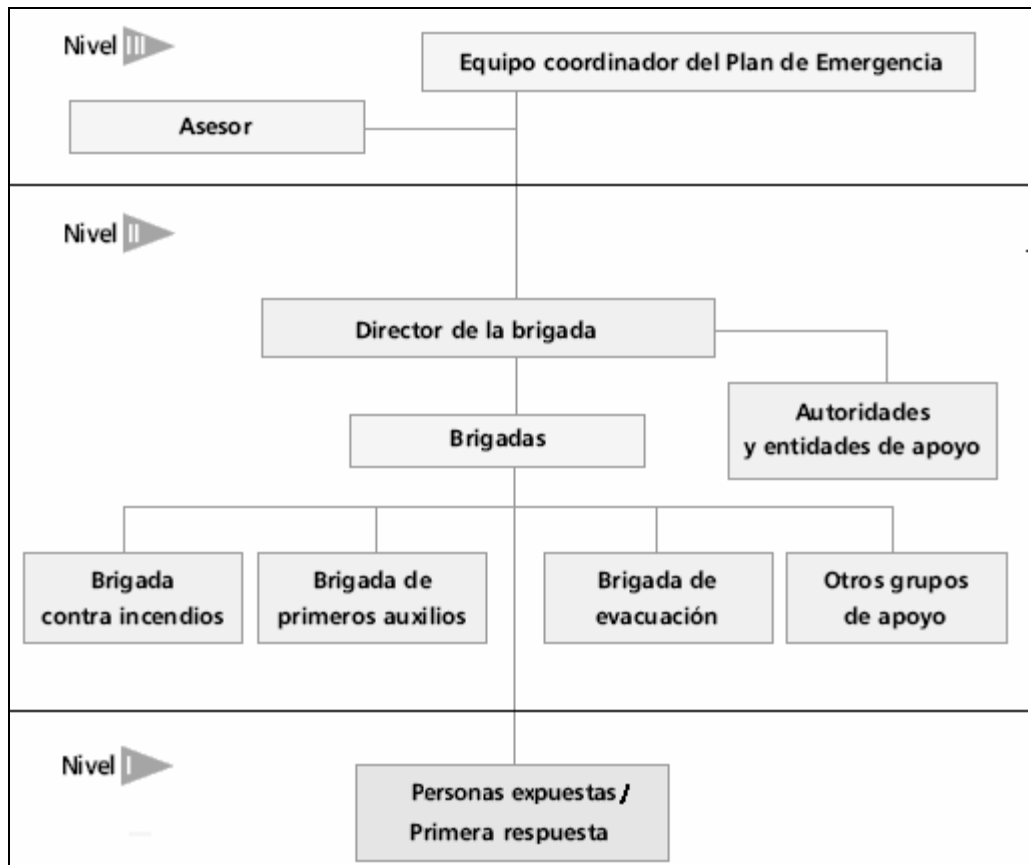
Esto requiere de una dirección tecnicada y flexible por la naturaleza de las decisiones allí tomadas. La acción involucra grupos especializados en cada evento en particular y el responsable debe tener cierto grado de autonomía, ya que la necesidad de decisiones rápidas impide cualquier intento de trámites burocráticos y dilatadas discusiones. En la etapa siguiente de la emergencia, el tiempo disponible, y muchas veces necesario, es sustancialmente mayor; así mismo la acción involucra a casi la totalidad del personal, cada uno en su área de responsabilidad.

El esquema organizacional para la prevención y atención de emergencias se sugiere con tres niveles jerárquicos; el esquema de activación de esta estructura organizacional es ascendente.

Se denomina ascendente, ya que en la base se encontrará la persona directamente implicada en el evento o el personal operativo de emergencias del área y son ellos quienes deben velar por ser el equipo de primera respuesta y la activación de los niveles gerenciales sólo se da cuando la emergencia implica grandes consecuencias y la necesidad de toma de decisiones de gran impacto para la empresa.

El diagrama de la figura 50 muestra la forma en la que se propone la estructura organizacional.

Figura 50. **Diagrama organizacional propuesto para la prevención y atención de emergencias**



Fuente: elaboración propia.

- Equipo coordinador del plan de emergencia

También llamado equipo coordinador general del plan, está conformado por el gerente corporativo, gerente de planta, jefe de seguridad industrial y jefe de mantenimiento. Tiene como misión garantizar el cumplimiento del programa de preparación para emergencia y contingencias, asegurando los medios administrativos técnicos y logísticos necesarios para su implementación, mantenimiento y puesta en práctica.

En situaciones de emergencia es el responsable por la toma de decisiones que corresponden a altos niveles jerárquicos (evacuación parcial o total, suspensión de actividades, retorno de actividades). Debido a que posee diversas atribuciones se diseñó un documento de descripción de funciones (ver figura 51).

Figura 51. **Funciones equipo coordinador del plan de emergencia**


<b>DPF - EPE - 001</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE PUESTO Y FUNCIONES</b>	
<b>Versión:</b> 1.0		
<b>Página:</b> 1 / 1	<b>EQUIPO COORDINADOR DEL PLAN DE EMERGENCIA</b>	
<b>Depto.:</b> Seguridad Industrial		
<b>Area:</b> Equipo plan de emergencia		
<p><b>1. Información general del puesto</b></p> <p><b>Nombre del puesto:</b> EQUIPO COORDINADOR DEL PLAN DE EMERGENCIA</p> <p><b>Puesto del que depende jerárquicamente:</b> Consejo directivo</p> <p><b>Puesto(s) que supervisa directamente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asesor</li> <li>- Director de la brigada</li> </ul> <p><b>2. Descripción general del puesto:</b></p> <p>Garantiza el cumplimiento del programa de preparación para emergencia y contingencias asegurando los medios administrativos técnicos y logísticos necesarios para su implementación, mantenimiento y puesta en práctica.</p> <p><b>3. Funciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avalar las directrices, procedimientos, programas y actividades propias del plan de emergencia y contingencias en las fases de planeación, implementación y seguimiento.</li> <li>▪ Ejerce el control y seguimiento sobre el desarrollo y continuidad del programa de preparación para emergencia y contingencias garantizando su divulgación y mantenimiento.</li> <li>▪ Coordina la realización de simulacros periódicos del plan de emergencia y contingencias con la participación de todos los niveles de la organización.</li> <li>▪ Aprueba los programas de capacitación para los grupos operativos de emergencia (brigada) y la adquisición y mantenimiento de los equipos básicos que se utilizan en el control de emergencias.</li> <li>▪ Garantiza el capacitar a quienes conforman la estructura organizacional, para lograr una coordinación adecuada y cohesión de grupo.</li> <li>▪ Cuando no exista un grupo específico para apoyo de comunicación en emergencias, suministra la información necesaria sobre el desarrollo del evento, para que esta información sea publicada oficialmente a las partes interesadas si la empresa así lo decide.</li> <li>▪ En situaciones de emergencia es el responsable por la toma de decisiones que corresponden a altos niveles jerárquicos (evacuación parcial o total, suspensión de actividades, retorno de actividades).</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

- Encargado de relaciones públicas

Este puesto es asignado a alguien del personal del departamento de recursos humanos o al mismo jefe de seguridad industrial. La información sobre el evento que se deba suministrar a los medios de comunicación, será manejada por el equipo o delegado de comunicaciones. Además este equipo es el responsable de ser el portavoz oficial de la empresa, por las implicaciones que el manejo inadecuado de la información puede tener. Ya que posee diversas funciones específicas, también se le diseñó un documento que las especifique (ver figura 52).

Figura 52. **Funciones encargado de relaciones públicas**

<b>DPF - EPE - 002</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE PUESTO Y FUNCIONES</b>	
<b>Versión:</b> 1.0			
<b>Página:</b> 1 / 1		<b>ENCARGADO DE RELACIONES PÚBLICAS</b>	
<b>Depto.:</b> Seguridad Industrial			
<b>Area:</b> Equipo plan de emergencia			
<p><b>1. Información general del puesto</b></p> <p><b>Nombre del puesto:</b> ENCARGADO DE RELACIONES PÚBLICAS</p> <p><b>Puesto del que depende jerárquicamente:</b> Equipo coordinador del plan de emergencia</p> <p><b>Puesto(s) que supervisa directamente:</b> Ninguno</p> <p><b>2. Descripción general del puesto:</b></p> <p>Es la persona responsable de servir de portavoz oficial de la empresa.</p> <p><b>3. Funciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establecer con el equipo coordinador del plan de emergencia, los lineamientos para suministrar información pública de acuerdo a las políticas de la empresa.</li> <li>▪ Asesorar al jefe de brigada sobre el tipo y forma de la información que debe divulgarse en caso de emergencia.</li> <li>▪ Desarrollar criterios, técnicas y procedimientos de comunicación efectiva en caso de emergencia, de acuerdo a las políticas y líneas de mando de la empresa.</li> <li>▪ Servir de portavoz oficial de la empresa ante la comunidad y los medios de comunicación en caso de un desastre.</li> <li>▪ Preparar conjuntamente con los funcionarios involucrados en la emergencia, los comunicados oficiales de la empresa en caso de una emergencia.</li> <li>▪ Coordinar las actividades de relaciones públicas posteriores al siniestro, con el fin de facilitar la recuperación de la empresa y su imagen.</li> </ul>			

Fuente: elaboración propia.



- Autoridades y entidades de apoyo

Son todas las instituciones gubernamentales que sirven de apoyo a la organización ante una emergencia, capaces de proporcionar información, alerta o capacitaciones al personal. Entre éstas se pueden considerar CONRED, Bomberos, Cruz Roja, Policía Nacional Civil, Ejército.

Para facilitar la actuación de estas entidades es necesario que sean involucradas desde el proceso de establecimiento e implementación del plan en la empresa.

- Asesor


Será el profesional contratado por la empresa que ayuda a descubrir las necesidades analizando circunstancias pasadas, presentes y futuras. Una vez analizado su perfil de riesgo y sus necesidades, el asesor llevará a cabo sus recomendaciones, asesorando según las circunstancias y necesidades vayan cambiando y adaptándolas al momento y riesgos en curso.

- Jefe de brigada

Denominado también líder de emergencia, este puesto puede ser desempeñado por el jefe de seguridad industrial, jefe de mantenimiento o jefe de área. Es el encargado de determinar y dirigir la acciones necesarias para el control de una situación al interior de las instalaciones de la empresa, reporta sus actividades directamente al equipo coordinador de emergencias.

Sus funciones específicas se detallan en la figura 53:

Figura 53. Funciones jefe de brigada

<b>DPF - EPE - 003</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE PUESTO Y FUNCIONES</b>	
<b>Versión:</b> 1.0		
<b>Página:</b> 1 / 1	<b>JEFE DE BRIGADA</b>	
<b>Depto.:</b> Seguridad Industrial		
<b>Area:</b> Equipo plan de emergencia		
<p><b>1. Información general del puesto</b></p> <p><b>Nombre del puesto:</b> JEFE DE BRIGADA</p> <p><b>Puesto del que depende jerárquicamente:</b> Equipo Coordinador del Plan de Emergencia  <b>Puesto(s) que supervisa directamente:</b> Brigadas</p> <p><b>2. Descripción general del puesto:</b></p> <p>Es el encargado de determinar y dirigir la acciones necesarias para el control de una situación al interior de las instalaciones de la empresa, reporta sus actividades directamente al equipo coordinador de emergencias.</p> <p><b>3. Funciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De acuerdo con la magnitud del evento recibe la alarma y activa el plan de emergencia y contingencias. Indaga con el brigadista de área sobre el tipo y características del evento.</li> <li>▪ Establece comunicación permanente con los brigadistas de cada área.</li> <li>▪ Está atento a las indicaciones sobre acciones y requerimientos del brigadista de área coordinando y apoyando las labores de control.</li> <li>▪ Define con el equipo coordinador de emergencias las decisiones y acciones extraordinarias no contempladas en el planeamiento para el efectivo control de la situación.</li> <li>▪ En orden de prioridad evalúa y comunica las necesidades de evacuación, intervención de la brigada, intervención de equipos de socorro y rescate exteriores.</li> <li>▪ Establece el retorno a la normalidad.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

- **Brigada**

Usualmente conformada por los grupos de control de incendios, primeros auxilios, evacuación, rescate y control.


Según el análisis de riesgos, la empresa determina las necesidades de capacitación y entrenamiento de su grupo de brigadistas, igualmente se puede definir si necesita grupos especializados en otros temas, por ejemplo, en el manejo de sustancias químicas. Se recomienda brigada contra incendios, de evacuación y de primeros auxilios, a continuación, en las figuras 54 - 56 se describen las funciones de cada una de ellas.

Figura 54. **Funciones brigada contra incendios**

<b>DPF - EPE – 004</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE PUESTO Y FUNCIONES</b>	
<b>Versión:</b> 1.0		
<b>Página:</b> 1 / 1		
<b>Depto.:</b> Seguridad Industrial		
<b>Area:</b> Equipo plan de emergencia		
<b>BRIGADA CONTRA INCENDIOS</b>		
<b>1. Información general del puesto</b>		
<b>Nombre del puesto:</b> BRIGADA CONTRA INCENDIOS		
<b>Puesto del que depende jerárquicamente:</b> Jefe de brigada		
<b>Puesto(s) que supervisa directamente:</b> personal que no pertenece a la brigada		
<b>2. Descripción general del puesto</b>		
La misión de este grupo es estar preparados para prevenir y controlar los conatos de incendios o apoyar en las tareas de extinción de fuegos mayores que se presenten en las instalaciones de trabajo.		
<b>3. Funciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extinguir el fuego que se esté presentando en las instalaciones.</li> <li>▪ Apoyar a los grupos de socorro externo.</li> <li>▪ Para zonas en las cuales existan sistemas automáticos de detección y extinción de incendios, la brigada debe conocer su funcionamiento y operación.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Funciones brigada de evacuación

<b>DPF - EPE – 005</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE PUESTO Y FUNCIONES</b>	
<b>Versión:</b> 1.0		
<b>Página:</b> 1 / 1	<b>BRIGADA DE EVACUACIÓN</b>	
<b>Depto.:</b> Seguridad Industrial		
<b>Area:</b> Equipo plan de emergencia		
<p><b>1. Información general del puesto</b></p> <p><b>Nombre del puesto:</b> BRIGADA DE EVACUACIÓN</p> <p><b>Puesto del que depende jerárquicamente:</b> Jefe de brigada</p> <p><b>Puesto(s) que supervisa directamente:</b> personal que no pertenece a la brigada</p> <p><b>2. Descripción general del puesto</b></p> <p>Se encargarán de garantizar la evacuación total y ordenada de las personas dentro de la empresa.</p> <p><b>3. Funciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anunciar la evacuación del área al cual esta asignado una vez se ha dado la orden general de salida.</li> <li>▪ Guiar a los ocupantes de su sector hacia las vías de evacuación que previamente se han designado.</li> <li>▪ Mantener el orden y la rapidez al evacuar</li> <li>▪ Indicar el punto de reunión final.</li> <li>▪ Ayudar a la evacuación de las personas con limitaciones físicas, heridas o con algún tipo de limitación.</li> <li>▪ No permitir el regreso a las áreas evacuadas hasta que no se declare como zona en condiciones normales.</li> <li>▪ Comprobar que no hay personas atrapadas en su área de evacuación</li> <li>▪ Comprobar la ausencia de personas a su cargo y hacer el reporte, de tal manera que de ser necesario se inicien procedimientos específicos de búsqueda y rescate.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Funciones brigada de primeros auxilios**

<b>DPF - EPE – 006</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE PUESTO Y FUNCIONES</b>	
<b>Versión:</b> 1.0			
<b>Página:</b> 1 / 1		<b>BRIGADA DE PRIMEROS AUXILIOS</b>	
<b>Depto.:</b> Seguridad Industrial			
<b>Área:</b> Equipo plan de emergencia			
<p><b>1. Información general del puesto</b></p> <p><b>Nombre del puesto:</b> BRIGADA DE PRIMEROS AUXILIOS</p> <p><b>Puesto del que depende jerárquicamente:</b> Jefe de brigada</p> <p><b>Puesto(s) que supervisa directamente:</b> personal que no pertenece a la brigada</p> <p><b>2. Descripción general del puesto</b></p> <p>Su misión es la de prestar los primeros auxilios a los lesionados.</p> <p><b>3. Funciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicar los protocolos específicos para la prestación de primeros auxilios, según las lesiones que se hayan presentado y la situación general que se este presentando.</li> <li>▪ Recibir y orientar al personal de ayuda externo que se desplacen hasta la empresa para atender a los lesionados.</li> <li>▪ Tener el registro e información acerca de las personas que se trasladen a hospitales o que a causa de la emergencia hayan fallecido.</li> </ul>			

Fuente: elaboración propia.

Lo ideal sería contar con al menos dos personas de cada área del edificio de producción en cada brigada, teniendo un subjefe general de brigada por área.


- **Primera respuesta**

El esquema organizacional contempla que las personas que inicialmente están expuestas a la situación de emergencia puedan actuar en el control de la misma, siempre y cuando la magnitud del evento y los conocimientos de la persona en el tema le permitan actuar.


### 3.2.6. Procedimiento de evacuación

Para realizar la evacuación de una manera sistemática se diseñó el siguiente procedimiento (ver figura 57).

Figura 57. Procedimiento de evacuación

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- 001</b>
	<b>Evacuación del edificio de producción</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
<b>Unidad:</b> LANCASCOS, S.A. - Planta de Producción		<b>Página:</b> 1 / 2
<b>Departamento:</b> Seguridad industrial		
<b>1. Introducción</b>		
<p>La evacuación es la acción de desocupar ordenada y planificadamente un lugar. Esta acción o desplazamiento es realizado por los ocupantes por razones de seguridad ante un peligro potencial o inminente.</p> <p>La evacuación rápida y oportuna es una forma de evitar pérdidas, por lo que se requiere que sea una actividad organizada por parte de los que estén directamente involucrados.</p>		
<b>2. Objetivo</b>		
<p>Establecer las directrices para desocupar el edificio de producción en caso sea necesario.</p>		
<b>3. Alcance</b>		
<p>Este documento aplica para todos los ocupantes del edificio.</p>		
<b>4. Procedimiento</b>		
<p>Este se llevará a cabo en caso de alguna emergencia o siniestro y deberá aplicarse de manera ordenada para todos los ocupantes del edificio; acatándose las siguientes consignas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ La señal de alarma para la evacuación será activada de forma manual, cuando no se active la alarma automática de incendio, por el encargado en garita, bien a través de altoparlantes, señales acústicas o luminosas de alarma; tras recibir la orden del jefe de turno de la brigada.</li><li>▪ En la garita deberán desactivar el cierre eléctrico de las puertas de acceso, luego de conocer que se realizará una evacuación de las instalaciones.</li><li>▪ Las vías de evacuación deben permanecer, en todo momento, libres de obstáculos.</li><li>▪ Cada zona tendrá asignado un orden de desalojo que deberá ser desde las plantas inferiores hasta las superiores, y desde los lugares más cercanos a la escalera hasta los más alejados; atendiendo a que el flujo de personal sea proporcional al número de escaleras y salidas de evacuación existentes.</li></ul>		

Continuación figura 57.


	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- 001</b>
	<b>Evacuación del edificio de producción</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm/ aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De ser posible, las personas designadas para ello cerrarán ventanas y puertas, para evitar corrientes de aire.</li> <li>▪ Los diferentes grupos esperarán siempre la orden de salida.</li> <li>▪ Se verificará que no quede nadie en ninguna de las dependencias, pues nadie deberá rezagarse para recoger objetos personales.</li> <li>▪ La movilización se realizará en orden, rápido pero sin correr ni atropellarse y conservando la calma.</li> <li>▪ Todos se dirigirán al punto de reunión preestablecido y permanecerán en él hasta nueva orden del jefe de turno de la brigada.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.6.1. Respuesta ante incendio o explosión


Para hacer frente a un siniestro de esta naturaleza, se elaboró el documento descrito en la figura 58.

Figura 58. Procedimiento de respuesta ante incendio o explosión


	PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN	PR – SI-002
	Respuesta ante incendio o explosión	Fecha: dd/ mm / aaaa
		Versión: 1.0
		Página: 1 / 3
Unidad: LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		Departamento: Seguridad industrial
<b>1. Introducción</b>		
<p>Una explosión es la liberación de energía en un intervalo temporal ínfimo. Puede originarse por medios físicos o químicos.</p> <p>Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición a un incendio puede producir heridas muy graves e incluso la muerte. Para que se inicie un fuego es necesario que se den conjuntamente tres factores: combustible, oxígeno y energía de activación.</p>		
<b>2. Objetivo</b>		
<p>Actuar de la manera adecuada, para minimizar el impacto que pueda ocasionar un incendio o explosión.</p>		
<b>3. Alcance</b>		
<p>El presente procedimiento estándar de operación aplica para todos los ocupantes del edificio.</p>		
<b>4. Procedimiento</b>		
<p>En caso de producirse un fuego, cualquier persona de la empresa que presencie su inicio, debe dar la alarma y seguir la siguiente secuencia:</p>		
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Si la persona que advierte el conato de incendio está debidamente entrenada, tomará acciones para poder controlarlo, identificando el tipo de fuego y los medios de extinción que se tienen a mano.</li><li>▪ Se da aviso por radio al jefe o encargado de la brigada contra incendios, para que de ser posible, pueda corroborar en el lugar de los hechos la gravedad del siniestro.</li><li>▪ Ubicarse a favor del viento o dirección de la ráfaga de aire producida por el sistema aire acondicionado (con el viento en la espalda).</li><li>▪ Acercarse como máximo a 1.5 metros del fuego.</li><li>▪ Dirigir el agente extintor a la base del fuego.</li></ul>		



Continuación figura 58.

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI-002</b>
	<b>Respuesta ante incendio o explosión</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 3
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rociar el agente químico en forma de abanico.</li> <li>▪ Quien asume el control del incendio ya declarado, debe solicitar al personal del área el abandono de lugar de trabajo y dirigirse fuera del edificio, siguiendo la señalización de las vías de evacuación y convergiendo en el punto de reunión específico del área.</li> <li>▪ Si la situación lo permite, es recomendable antes de evacuar el edificio, apagar o desconectar las computadoras.</li> <li>▪ El jefe de brigada, director de la brigada, coordinador del plan de emergencia, o jefe de turno, una vez en el área del siniestro, podrá determinar si es necesario llamar a bomberos, si es que el fuego se descontroló. Posteriormente se comunicará con garita para dar aviso de inmediato a bomberos.</li> <li>▪ Si el siniestro, debido a las características del lugar y de material combustible ponen en riesgo la vida de las personas, se deberá abandonar el lugar, sin intervenir, esperando que sólo el personal especializado de bomberos pueda controlarlo.</li> <li>▪ Un mecánico, deberá cortar el suministro de energías tales como eléctrica, vapor, gas, aire comprimido.</li> <li>▪ Sólo si las condiciones lo permiten, se deberá sacar todos los productos inflamables o explosivos que se encuentren en el lugar siniestrado y aquellos que puedan producir derrames.</li> <li>▪ Una vez que los bomberos lleguen al lugar del siniestro, el jefe de turno y/o asesor de seguridad, con el apoyo de personal involucrado, informarán a estos sobre las condiciones del lugar siniestrado y el tipo de combustibles existentes en el área.</li> <li>▪ Una vez terminado el incendio se debe limpiar la zona, sacando escombros, material quemado y material limpio.</li> <li>▪ Antes de reanudar el servicio de energía eléctrica, se deberá verificar las condiciones del sistema eléctrico.</li> </ul>		

Continuación figura 58.


	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI-002</b>
	<b>Respuesta ante incendio o explosión</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm/ aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 3 / 3
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Todas las personas que sufran algún accidente producto del incendio o de su combate deberán notificar su estado de salud al director de la brigada y/o entidades de apoyo en el lugar.</li><li>▪ Hacer recuento de todo el personal presente y registrarlos en un formulario diseñado para tal efecto.</li><li>▪ Una vez que el accidente ha sido manejado, se procederá a realizar la investigación del incidente / accidente ambiental.</li><li>▪ Parte del personal del área afectada deberá hacer un recuento de los bienes dañados para su notificación al Departamento Financiero, para que éste pueda cuantificar las pérdidas por el siniestro.</li><li>▪ Controlada la emergencia el personal volverá a sus puestos de trabajo.</li></ul>		

Fuente: elaboración propia.


### 3.2.6.2. Respuesta ante sismos

De ocurrir un sismo se procederá según lo establece el documento de la figura 59.


Figura 59. Procedimiento de respuesta ante sismos

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- 003</b>
	<b>Respuesta ante sismo</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm/ aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 1 / 3
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<b>1. Introducción</b> <p>Un sismo o temblor es un movimiento vibratorio que se origina en el interior de la Tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas. El territorio guatemalteco está propenso a verse afectado por sismos, pues por su ubicación geográfica se encuentra asentado en tres placas tectónicas: de Norteamérica, del Caribe y de Cocos.</p>		
<b>2. Objetivo</b> <p>Establecer las normas para actuar de la manera adecuada al momento de ocurrir un sismo, durante la jornada laboral dentro de la empresa.</p>		
<b>3. Alcance</b> <p>Este procedimiento estándar de operación aplica para todo el personal de LANCASCO, S.A. y todos aquellos ocupantes ajenos al edificio.</p>		
<b>4. Procedimiento</b> <p>Durante el sismo</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Quedarse en el interior del edificio y resguardarse al lado (no debajo) de muebles firmes, o estructuras, ya que al lado de estos, al caer elementos del edificio o construcción, queda un espacio triangular vacío y ese es el lugar en el que las personas pueden protegerse, quedándose allí en posición fetal.</li><li>▪ Si esto no es posible permanecer en su propio asiento, colocando los brazos sobre la cabeza y bajándola hacia las rodillas (posición fetal).</li><li>▪ Evitar resguardarse cerca de ventanas, tragaluces o estructuras de vidrio, abrir las puertas y procurar mantenerlas en esa condición mientras dure el sismo.</li><li>▪ No utilizar fósforos, encendedores, velas ni llamas o chispas de ninguna clase durante el terremoto.</li></ul>		

Continuación figura 59.

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI-003</b>
	<b>Respuesta ante sismo</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm/ aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 3
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El personal que se encuentra afuera de las instalaciones deberá alejarse de los edificios, postes eléctricos, muros, ventanales, cornisas, letreros colgantes, etc. Si no existe alternativa, refugiarse debajo de una marquesina o marco de alguna puerta. Evitar los postes eléctricos y no tocar los cables si han caído, o las cosas que estén cerca de ellos; ni siquiera para tratar de retirarlos.</li> <li>▪ Conservar la calma, permanecer resguardado hasta que finalice el sismo y obedecer las órdenes y disposiciones giradas por las bocinas y altoparlantes.</li> </ul> <p>Una vez finalizado el sismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En caso de evacuación, realizarlo hasta los puntos de reunión establecidos para cada área, siguiendo las instrucciones del brigadista y conservando la calma.</li> <li>▪ Se procederá con suma precaución, por parte del personal de mantenimiento, a desconectar las fuentes de energía del edificio, tanto de electricidad como de gases y aire comprimido.</li> <li>▪ Apagar cualquier fuego que esté a la vista y prohibir generar fuego cerca de escombros.</li> <li>▪ Ante el riesgo de la repetición de sismos o réplicas es preferible alejarse de las construcciones que muestren serios daños estructurales y jamás penetrar en su interior.</li> <li>▪ En caso de haber quedado atrapado, conservar la calma y tratar de comunicarse al exterior golpeando con algún objeto.</li> <li>▪ No propagar rumores ni hacer caso de ellos, porque desorientan a las personas.</li> <li>▪ Efectuar una cuidadosa revisión de los daños, si son graves no hacer uso del recinto.</li> <li>▪ Verificar si hay lesionados y realizar la ayuda médica ya sea con los brigadistas o con los cuerpos de socorro.</li> <li>▪ Todas las personas que sufran lesiones notificar su estado de salud al director de la brigada y/o entidades de apoyo en el lugar.</li> </ul>		

Continuación figura 59.

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI-003</b>
	<b>Respuesta ante sismo</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 3 / 3
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Hacer recuento de todo el personal presente y registrarlos en un formulario diseñado para tal efecto. Asimismo del personal que haya sufrido lesiones.</li><li>▪ De ser posible realizar la búsqueda del personal desaparecido.</li><li>▪ Cuando sea seguro, parte del personal del área afectada deberá hacer un recuento de los bienes dañados para su notificación al Departamento Financiero, para cuantificar las pérdidas.</li></ul>		

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.6.3. Puntos de reunión**

Llamados también puntos de encuentro, son las zonas determinadas con anterioridad para la concentración de las personas que evacuen el recinto en caso de emergencia.

Los sitios que se consideran puntos de encuentro son aquéllos que tienen un campo abierto, que se puede considerar como área de refugio.

En la empresa, como puntos de reunión se considerarán el área frontal del establecimiento (punto de reunión 1 – PR1) y el área posterior de las instalaciones (punto de reunión 2 – PR2). El apéndice 1 muestra los puntos de reunión y su localización en el plano general de las instalaciones. Debe existir un punto de reunión para cada área de acuerdo a su proximidad y a la naturaleza del siniestro o emergencia. Siendo generalmente los siguientes puntos de reunión para cada área de la siguiente manera:

- Área de bodega: PR2
- Área de producción: PR1 y PR2
- Área de empaque: PR1
- Área de calidad: PR2
- Piso técnico: PR1
- Área administrativa: PR1
- Área externa: PR1 y PR2

El apéndice 2 muestra las salidas de emergencia y su localización en el edificio de producción, así como las rutas de evacuación que conducen de éstas, hacia los puntos de reunión.

#### **3.2.6.4. Equipo de seguridad**

Se trata de los medios destinados a soportar la respuesta de una emergencia o contingencia, disponibles en el edificio. Dentro de éstos se aconseja que se cuente con: instalaciones de detección, de alarma, alumbrados especiales (señalización, emergencia), pulsadores de alarma de incendios, extintores portátiles, hidrantes, mangueras, bocas de incendio, señalización adecuada, hachas, piochas, palas, camillas y equipo de primeros auxilios.

La empresa cuenta con todo lo anterior, a excepción de la señalización adecuada, tampoco se poseen hachas, piochas y palas, por lo que será necesario adquirirlas; asimismo deberá buscarse la asesoría apropiada para determinar la funcionalidad de los equipos con los que se cuenta.

Las señales, sin depender cual sea su significado, debe llevar los componentes obligatorios mínimos (color, forma y símbolo) que para ello se establecen, los cuales se pueden ampliar sin perder su significado, con textos, fecha, números y otros. Las señales deben realizarse con materiales durables, contemplando lo indicado anteriormente, exceptuando materiales radioactivos, vidrio o material inflamable. Consultar con proveedores como 3M. La adquisición de hachas, piochas y palas se puede hacer en cualquier ferretería, bajo las especificaciones en la tabla XVIII.

Tabla XXVIII. **Especificaciones herramientas de seguridad**

<b>Herramienta</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificación</b>
Hacha	6	Hacha de bombero con cabo largo de madera de 3.5 lb.
Piocha	6	Piocha de punta y formón con mango de madera mediano.
Pala	6	Pala cuadrada de 310 x 260 con cabo largo de madera de 70 cm.

Fuente: elaboración propia.

Se hará un inventario semestral de todo el equipo, o cada vez que se utilice. Cuando sea pertinente, todo el equipo de emergencias se someterá a pruebas de operabilidad, que se llevará a cabo con la periodicidad establecida según las recomendaciones del fabricante, las normas técnicas que especifiquen el tema o luego de su utilización. Toda inspección o mantenimiento del equipo debe generar un registro que permita evidenciar la ejecución de las actividades.

Cualquier equipo para control de contingencias que se retire de su área de almacenamiento designada se deberá reemplazar por otro de características similares. El equipo de control de contingencias no se utilizará para trabajos rutinarios, ni para tareas y funciones que no son las de emergencia.

Debe tenerse control de las fechas de los materiales o equipos para control de contingencias que tienen vida útil, con el fin de asegurar el ciclo de reposición adecuado (ver apéndice 3 y 4, anexo 6).



### 3.2.7. Rutas de evacuación según nomenclatura de símbolos y colores

Éstas están constituidas por las vías y salidas de evacuación que permitan un desalojo rápido de las instalaciones en caso de peligro o emergencia hacia los puntos de reunión.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en el exterior. Las salidas estarán diseñadas, de tal manera que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de urgencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente.

Las señales serán rectangulares con dimensiones aproximadas de 30 cm. por 20 cm., las cuales podrán ser visualizadas hasta 10 m. de distancia. El fondo será verde; las figuras, símbolos y letras serán de color blanco. Éstas también pueden complementarse con número de ruta. Los símbolos generalmente utilizados se muestran en la figura 60.

Figura 60. **Señales de evacuación**

SEÑAL	SIGNIFICADO
	RUTA DE EVACUACIÓN
	
	SALIDA DE EMERGENCIA
	PUNTO DE REUNIÓN

Fuente: CONRED. Guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad. p. 28-33.

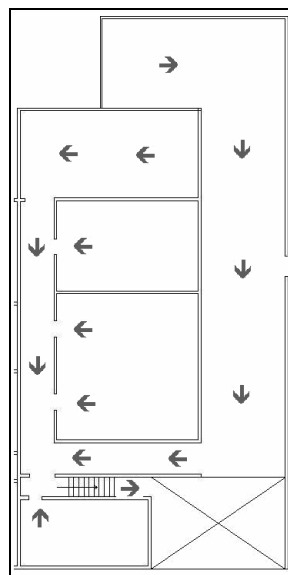
Se señalizan los lugares donde las personas circulan con mayor frecuencia, como pasillos, las señales se deben colocar a una altura de 1 metro del suelo en la pared izquierda y una distancia entre ellas de 3 metros entre sí.

En los ambientes pequeños como oficinas o salones pequeños se señalizan, únicamente las salidas que serán utilizadas como de emergencia. Las vías de evacuación se marcarán en los planos de cada área mediante flechas que indicarán la dirección y el sentido de la evacuación (ver figuras 61-69). También es conveniente la colocación de copias de estos planos de las vías de evacuación en diferentes puntos de la empresa. En ellas se señalará, asimismo la localización del lugar de ubicación de quien las esté consultando.

### 3.2.7.1. Área de bodega

Planta alta (Segundo nivel): *picking*, bodega de etiquetas.

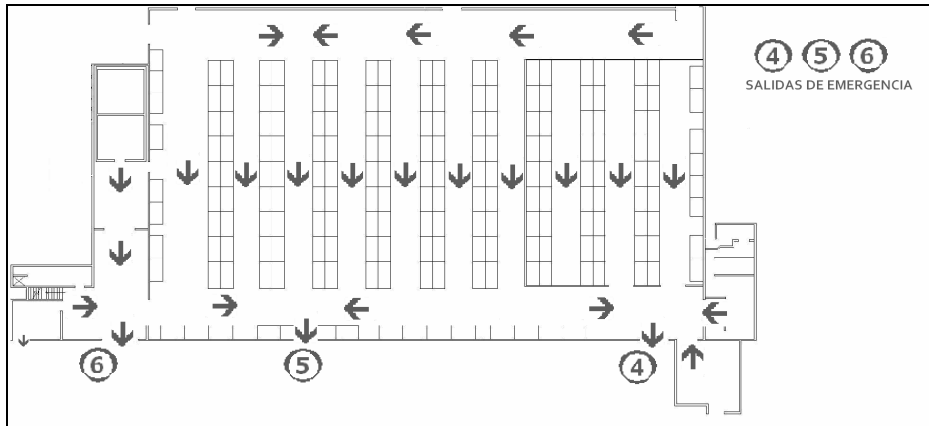
Figura 61. Ruta de evacuación - bodega 2o nivel



Fuente: LANCASCO, S.A.

Planta baja (primer nivel): BMP y oficinas.

Figura 62. Ruta de evacuación - bodega 1er nivel

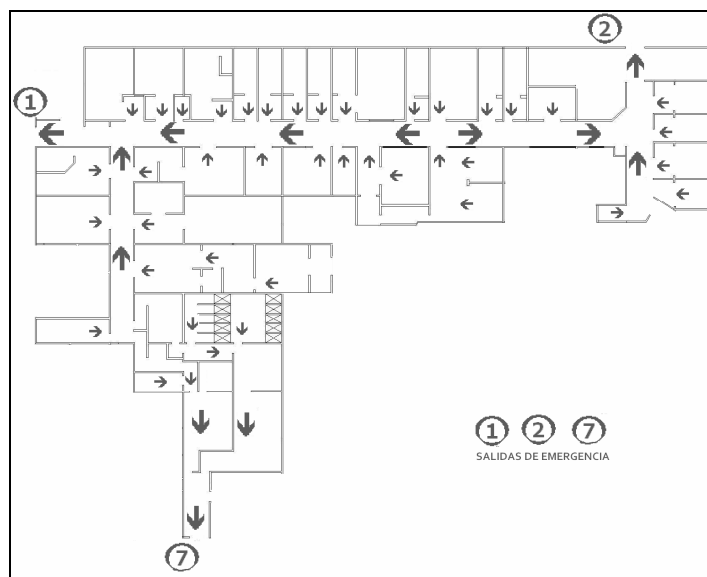


Fuente: LANCASCO, S.A.

### 3.2.7.2. Área de producción

Planta baja: sólidos, líquidos, granulación, mezclado, blistead, llenado.

Figura 63. Ruta de evacuación - producción

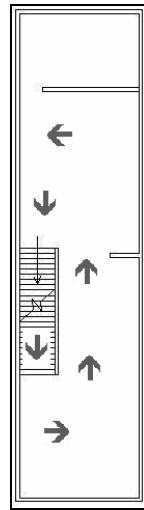


Fuente: LANCASCO, S.A.

### 3.2.7.3. Área de empaque

Planta alta: mantenimiento empaque, aseguramiento de calidad.

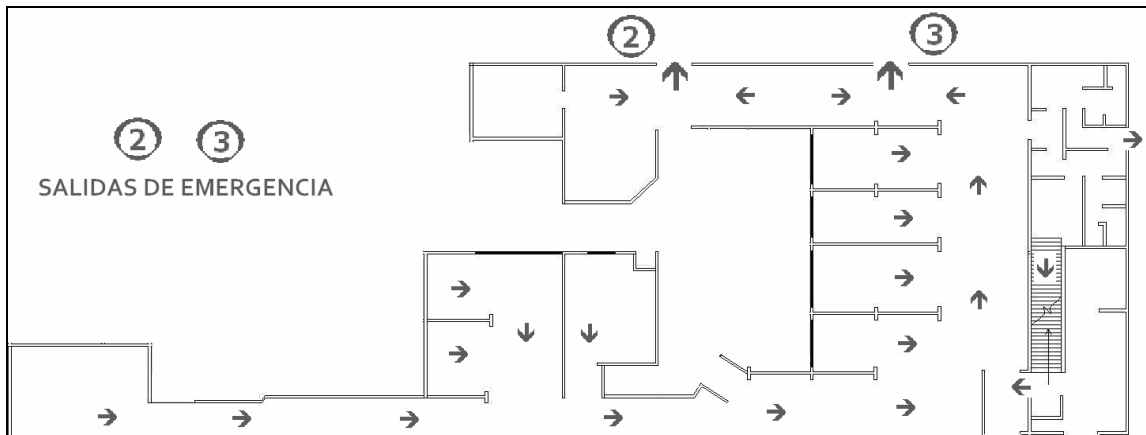
Figura 64. Ruta de evacuación - empaque 2o nivel



Fuente: LANCASCO, S.A.

Planta baja: empaque líquidos, empaque sólidos, empaque ampollas, etiquetado.

Figura 65. Ruta de evacuación - empaque 1er nivel

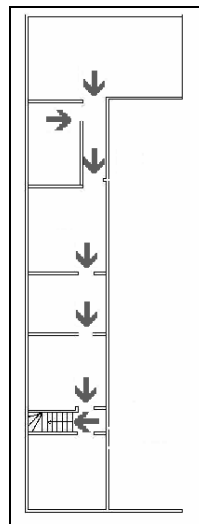


Fuente: LANCASCO, S.A.

### 3.2.7.4. Área de calidad

Planta alta: aseguramiento de calidad, jefatura de calidad.

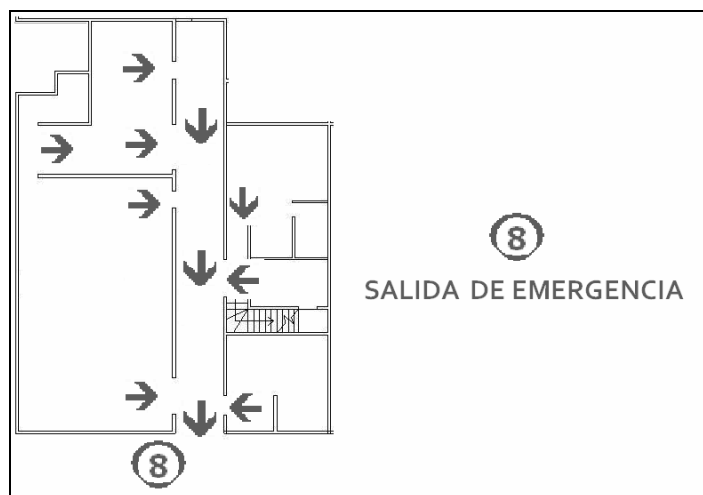
Figura 66. Ruta de evacuación - calidad 2o nivel



Fuente: LANCASCO, S.A.

Planta baja: laboratorio, microbiología.

Figura 67. Ruta de evacuación - calidad 1er nivel

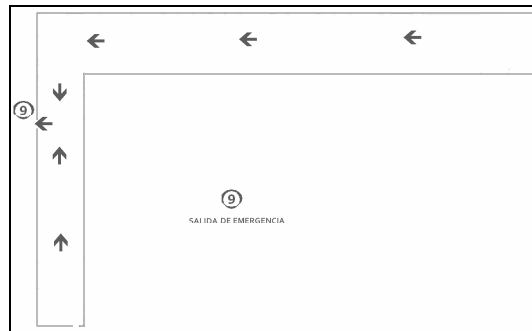


Fuente: LANCASCO, S.A.

### 3.2.7.5. Piso técnico

Planta alta: sistema HVAC

Figura 68. Ruta de evacuación – piso técnico

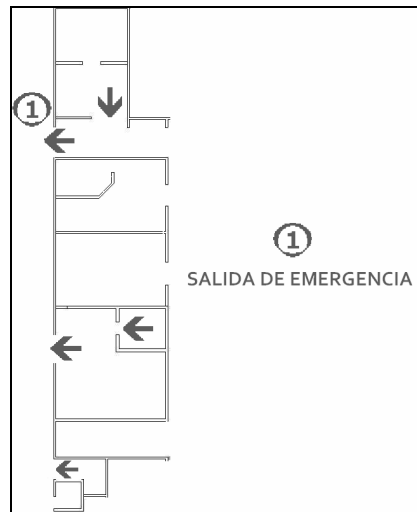


Fuente: LANCASCO, S.A.

### 3.2.7.6. Área administrativa edificio de producción

Planta baja: oficinas y secretaría, baños administrativos externos

Figura 69. Ruta de evacuación - administrativo



Fuente: LANCASCO, S.A.

### **3.2.8. Divulgación del plan de contingencia**

Cuando se disponga del plan definitivo y aprobado, es necesario hacer su difusión y capacitación entre las personas encargadas de llevarlo a cabo.

No debe olvidarse que el éxito del mismo depende de la disponibilidad y participación de personal bien capacitado, quienes hayan estudiado el plan, recibido el entrenamiento e incluso participado en modificaciones del mismo, de tal manera que se sientan que son parte del plan, y esto los motivará a trabajar en situaciones de contingencia.


Además, es necesario que como parte de la capacitación se dé entrenamiento en la seguridad personal, ya que el recurso humano es el más valioso para cualquier organización.

#### **3.2.8.1. Procedimiento**

Una vez elaborado el plan de emergencia, es necesario llevar a cabo una divulgación del mismo, que comprende la información a todo el personal de la planta para determinar cómo se debe actuar ante una situación de emergencia, así como su revisión para su actualización cuando proceda.


Las actividades necesarias para la implementación del plan se detallan en el procedimiento estándar de operación de la figura 70.

Figura 70. Procedimiento para la divulgación del plan de contingencia

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- C02</b>
	<b>Procedimiento de divulgación del plan de contingencia</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa <b>Versión:</b> 1.0 <b>Página:</b> 1 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<p><b>1. Introducción</b></p> <p>El plan de contingencia establece las acciones a desarrollar frente a la ocurrencia de un evento o contingencia no deseada, que implique un riesgo para la salud de los trabajadores e instalaciones, tales como accidente, incendio, explosión, fuga, derrame, u otros.</p> <p>Las medidas para asegurar la eficacia del plan de emergencia incluyen la realización de reuniones informativas a las que asistirá todo el personal y donde se explicará el mismo. Para información de visitantes y/o usuarios del centro de trabajo se dispondrá de material con consignas claras sobre prevención de riesgos y actuación en caso de emergencia. Todo el personal de la empresa debe conocer de manera clara, cómo actuar ante determinadas situaciones.</p> <p><b>2. Objetivo</b></p> <p>Establecer los lineamientos a seguir para dar a conocer el plan de contingencia a todo el personal.</p> <p><b>3. Alcance</b></p> <p>Este procedimiento involucra a todo el personal de la empresa. Desde los encargados de difundir el plan (equipo coordinador del plan de emergencia, asesores y jefe de brigada), hasta el personal al que le será transmitida la información.</p> <p><b>4. Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adquisición o adecuación de los recursos físicos provistos para ser utilizados en el plan, tales como: alarmas, sistemas de comunicación, equipo de seguridad, planos de evacuación, entre otros.</li> <li>▪ Sensibilización a todas las partes interesadas en aplicación y alcance del plan de emergencia.</li> <li>▪ Capacitación a todas las personas según la función y responsabilidad designada en el plan de emergencia.</li> <li>▪ Realización de entrenamientos específicos para el control de cada contingencia según los escenarios planteados en el análisis de riesgos.</li> </ul>		



Continuación figura 70.

	<b>PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- C02</b>
	<b>Procedimiento de divulgación del plan de contingencia</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Realizar simulacros. Para que una actuación en situación de emergencia pueda ser la correcta, es conveniente ensayarla periódicamente según supuestos de situaciones probables de emergencia. Con los simulacros se persiguen los objetivos de lograr la costumbre en actuaciones ante emergencias y mejorar las actuaciones analizando los errores. Actuando en todo momento como si se tratase de una situación.</li><li>▪ Elaboración de material para divulgación.</li><li>▪ Verificar la eficacia y actualización del plan.</li></ul>		

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.8.2. Material para divulgación**

Son los instrumentos de ayuda como: folletos, cartillas, procedimientos, entre otros. En éstos se recomienda al menos incluir información relacionada con los objetivos del plan, desastres a los que está expuesta la empresa, instrucciones a seguir en caso los distintos supuestos de emergencia o evacuación. Sería útil también colocar carteles con consignas para informar a los usuarios y visitantes del establecimiento sobre actuaciones de prevención de riesgos y/o comportamiento a seguir en caso de emergencia (ver apéndice 5).



## **4. FASE DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE**

En esta etapa se llevaron a cabo actividades relacionadas con capacitación al personal, en temas relacionados con el proyecto, considerándose tres ejes principales:

- Capacitación sobre plan de contingencia
- Capacitación sobre fase de servicio técnico profesional
- Exposición y capacitación sobre nuevos procedimientos

Para el plan de contingencia se realizó la planificación del programa básico de capacitación, se coordinó la realización de charlas informativas por parte de instituciones externas, cuyos temas se relacionan con contingencias, y también se diseñó material auxiliar relacionado con desastres y emergencias.

En lo referente a la capacitación de la fase de servicio técnico profesional, se establecieron las directrices para llevar a cabo la misma, si se decide implementar las mejoras propuestas en el área.

La capacitación sobre nuevos procedimientos incluyó charlas de diversos temas al personal, así como una evaluación oral de la asimilación de los conocimientos transmitidos.

### **4.1. Capacitación sobre plan de contingencia**

El éxito de la implementación del plan de contingencia está basado en la gestión que se tenga sobre los recursos humanos y técnicos.

Es imprescindible involucrar activamente a la población lo más temprano posible en el proceso, con el objetivo que desde el principio, dicha población se sienta parte integral del plan, no solamente en su preparación sino en los simulacros, las prácticas, los ensayos. Que sienta que el plan es suyo, que es para su bienestar y protección y no que es algo que una autoridad les impone dada su jerarquía.

El personal que requiere esta capacitación, de acuerdo al departamento al que pertenecen, se incluye en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Personal a capacitar por departamento sobre plan de contingencia**

<b>Departamento</b>	<b>Cantidad aprox. de personas</b>
Bodega	25
Producción	50
Empaque	40
Calidad	15
Laboratorio	20
Mantenimiento	25
Seguridad industrial	5
Administrativo	20
Total	200

Fuente: elaboración propia.

Dentro del total de personas a capacitar, también se incluyen a los integrantes de la estructura organizacional para la prevención y atención de emergencias, los cuales necesitarán la instrucción sobre temas específicos de acuerdo a su rol en dicha estructura. El personal se describe en la tabla XXX.

Tabla XXX. **Personal a capacitar según esquema organizacional propuesto para la prevención y atención de emergencias**

<b>Departamento</b>	<b>Cantidad aprox. de personas</b>
Comité de emergencias	5
Director de brigada	1
Brigada de primeros auxilios	12
Brigada contra incendios	12
Brigada de evacuación	12
Total	42

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.1. Alcances**

La difusión del plan debe considerar a todo el personal de la planta, ya que si todas las personas se involucran, se puede reducir el tiempo de reacción ante la emergencia, realizándose acciones tendientes a controlar la contingencia, de manera acertada, coherente, sistemática, ordenada y eficiente.

La capacitación adecuada del personal en relación al plan de contingencia permite tener una mejor respuesta ante una emergencia, y de esta manera salvar vidas, al igual que evitar mayores pérdidas económicas.

#### **4.1.2. Personal involucrado**

Todo el personal de LANCASCO requiere de capacitación sobre el plan de contingencia, abarcando los tres niveles jerárquicos del esquema organizacional propuesto para la prevención y atención de emergencias.

#### **4.1.3. Descripción**

Las actividades principales para la implementación del plan son:

- Adquisición o adecuación de los recursos físicos provistos para ser utilizados en el plan, tales como: alarmas, sistemas de comunicación, dotación para brigadistas, planos de evacuación, entre otros.
- Sensibilización a todas las partes interesadas en aplicación y alcance del plan de emergencia. Capacitación a todas las personas según la función y responsabilidad asignada en el plan de emergencia.
- Realización de entrenamientos específicos para el control de cada contingencia según los escenarios planteados en el análisis de riesgos.
- Realización de simulacros.

#### **4.1.4. Planificación**

El programa básico de capacitación para cada uno de los integrantes de la estructura organizacional para la prevención y atención de emergencias, y los temas afines para cada uno debe incluir:

### Comité directivo de emergencias

- Políticas institucionales sobre seguridad, salud y ambiente
- Gerencia de crisis
- Organización para emergencias
- Estructura, características y alcances de planes de emergencia
- Aspectos legales relacionados con emergencias
- Funciones y responsabilidades

### Director de brigada

- Organización para emergencias
- Funciones generales durante la emergencia
- Alcance y características del plan de emergencia
- Estructuras y alcances del plan de emergencia
- Funciones y responsabilidades del plan
- Seguridad en operaciones de emergencias
- Guías tácticas para emergencias
- Procedimientos operativos normalizados
- Elaboración de informes post-siniestro
- Comunicaciones de emergencias
- Manejo de información de emergencias
- Restricciones en la información a la comunidad
- Elaboración de boletines de prensa
- Atención a los medios de comunicación
- El sistema y codificación de la alarma



### Brigada de primeros auxilios

- Bioseguridad
- Valoración primaria
- RCP (reanimación cardiopulmonar)
- Heridas y hemorragias
- Quemaduras
- Traumas músculo-esqueléticos

### Brigada de control básico de incendios

- Productos de la combustión (gases, humos, llama, calor)
- Clases de incendios y combustibles
- Detección y alarma de incendios
- Métodos de extinción
- Sistemas de detección (de humo, gas, llama o temperatura) y de extinción
- Hidrantes, siamesas, suministro de agua, bombas impulsoras y mangueras
- Combate de incendios
- Equipos autónomos y trajes especiales

### Brigada de evacuación

- El sistema y codificación de la alarma
- Identificación y señalización de áreas
- Demarcación, señalización e iluminación de emergencias
- Puesto de mando unificado (PMU)
- Puntos de reunión
- Plan B de evacuaciones
- Fases y tiempos del proceso de evacuación: alarma, preparación y salida

- Sistemas e instrumentos de comunicación
- Simulacro de evacuación: reconocimiento de ruta, señalización y tiempos

Primera respuesta / todo el personal

- Plan de contingencia de la empresa
- Puntos de reunión y rutas de evacuación
- Procedimientos establecidos en caso de emergencia
- Primeros auxilios
- Extinción de fuegos
- Incendios
- Terremotos
- Desastres naturales
- Simulacros de evacuación

Se considera la realización del programa completo de capacitación en un período anual para directivos y personal en general; y semestral para las brigadas de emergencia.

Deberá efectuarse, al menos una vez al año, simulacros de evacuación y cursos de adiestramiento en el uso de extintores y en primeros auxilios. El anexo 7 muestra la guía para establecer el guión del simulacro.

#### **4.1.5. Material de apoyo**

Éste se utilizará como herramienta para difundir aspectos relacionados con el plan, tanto en charlas informativas, como en capacitaciones u otro tipo de difusión; incluye:

- Planos de rutas de evacuación (dependiendo de cada área)
- Trifoliales
- Afiches

Los trifoliales y afiches (ver apéndice 5), deben tener la capacidad de comunicar a través de imágenes y colores, la siguiente información:

- Aspectos a tomar en cuenta en lo relativo al plan de emergencias
- ¿Qué hacer en caso de incendio? antes, durante y después
- ¿Qué hacer en caso de terremoto? antes, durante y después
- Puntos de reunión
- Teléfonos de emergencia

#### **4.1.6. Resultados**

Dentro de los avances que se lograron durante el período de análisis y ejecución de esta fase y relacionadas con el plan de contingencia se mencionan:

- Se coordinó una charla informativa, con cobertura a todo el personal, sobre incendios, la cual estuvo a cargo de Bomberos Municipales.

- Coordinación de la realización de una conferencia sobre sismos para todo el personal, misma que estuvo a cargo de expertos sobre el tema.
- Programación y ejecución de una plática sobre equipo de protección y seguridad, impartida por proveedores al personal de mantenimiento.
- Entrega al jefe de seguridad industrial del documento que contiene el plan de contingencia.
- Elaboración de planos de las rutas de evacuación para cada área.
- Diseño de trifoliales sobre manejo de emergencias (ver apéndice 5).
- Actualización de planos de ubicación de extintores.
- Planificación de contenidos para capacitaciones.

#### **4.2. Capacitación sobre fase de servicio técnico profesional**

Ésta consiste en la difusión de aspectos relacionados con el rediseño de las tuberías del reactor fabricante de jarabes con calor, del área de jarabes 2.

##### **4.2.1. Alcances**

La capacitación sobre el rediseño de las tuberías comprende:

- Información sobre aspectos generales y financieros del proyecto
- Instrucción sobre el uso de nuevas instalaciones

Con su realización se pretende vender la idea para contar con el presupuesto para su ejecución y posteriormente dar el correcto uso a las nuevas instalaciones, para mejorar la interacción entre operario y equipo, al mismo tiempo mejorar la eficiencia de la chaqueta durante la fase de enfriamiento en la fabricación de jarabes con calor.

#### **4.2.2. Personal involucrado**

Se le brinda la información a jefes de área y gerente de producción, en lo referente a: beneficios cualitativos y cuantitativos del proyecto, costo de realización del proyecto y análisis financieros del escenario actual y propuesto.

A los operadores del equipo, entiéndase por éstos al personal de fabricación de líquidos del área de producción, se les instruirá acerca de cómo debe utilizarse el reactor y las válvulas instaladas, tanto para el calentamiento, como para el enfriamiento de la chaqueta del mismo, en la fabricación de jarabes con calor.

#### **4.2.3. Instrucción sobre uso de equipo con rediseño**

De ser implementadas las mejoras en el área, para la utilización de las nuevas instalaciones del reactor en la fabricación de jarabes con calor, se deberá indicar al operario cuáles son las válvulas instaladas y en la circulación de qué fluido inciden (ver figuras de la 42 a la 47).

### **4.3. Lectura de nuevos procedimientos de operación**

En LANCASCO, un procedimiento de operación indica cómo, cuándo y quién, realiza una operación; para su implementación es importante que los involucrados conozcan toda la información contenida en éstos.

Se realizó la lectura de nuevos procedimientos al personal que labora en el departamento de mantenimiento, esto se realiza como política de la empresa, cada vez que se publican y autorizan nuevos procedimientos estándar de operación (PEOs).

Esta actividad se realiza con el fin de notificar al personal sobre información relevante acerca de sus áreas de trabajo e interés en la empresa.

#### **4.3.1. Alcances**

El difundirles información relacionada con sus labores, permite que los colaboradores del departamento de mantenimiento conozcan la manera de proceder ante ciertas situaciones o para realizar ciertas tareas, y de la misma forma se sientan identificados y recordados por la organización, adquiriendo el compromiso y la motivación necesaria para encarar de la mejor manera sus ocupaciones diarias.

#### **4.3.2. Personal involucrado**

La información le fue proporcionada al personal de mantenimiento, incluyendo al supervisor, los mecánicos y el personal de servicio.

### 4.3.3. Procedimientos leídos

Dicha actividad consistió en la lectura del PEO en cuestión, una breve explicación del mismo, resolución de dudas cuando surgieron y finalmente una ronda de preguntas orales, al personal para asegurarse la comprensión de la idea principal que el documento pretendía transmitir.

La actividad se realizó con el personal de servicios y los mecánicos. Ésta se llevó a cabo en diferente horario para cada grupo, considerando que el nivel cognoscitivo de cada uno de éstos es distinto.

Tabla XXXI. **Horarios para lectura de procedimientos**

	Lunes - jueves		Viernes	
	Inicio	Final	Inicio	Final
Personal servicios	11:30	12:00	11:30	12:00
Mecánicos	15:30	16:00	14:30	15:00

Fuente: elaboración propia.

Los procedimientos leídos y explicados fueron los siguientes:

- En caso de daño personal
- En caso de escape o derrame de materiales peligrosos
- Inspección de hidrantes
- Mantenimiento y recarga de extinguidores
- Señalización
- En caso de incendio

- En caso de explosión
- En caso de inundación
- En caso de sismo o terremoto
- Prevención y reporte de accidentes laborales dentro de las instalaciones
- Evaluación de riesgos, medidas de prevención en áreas de trabajo
- Medidas de seguridad para trabajos en espacios confinados

Los procedimientos estándar de operación contienen información tal como nombre y número de procedimiento, objetivo, alcance, responsabilidades, definición de palabras relacionadas con el tema, descripción y anexos.

La programación que se hizo para desarrollar las actividades anteriormente descritas se muestra en la tabla XXXII.

**Tabla XXXII. Programación de capacitación de nuevos procedimientos**

Lectura de procedimiento		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	"En caso de daño personal"					
2	"En caso de escape o derrame de materiales peligrosos"					
3	"Inspección de hidrantes"					
4	"Mantenimiento y recarga de extinguidores"					
5	"Señalización"					
6	"En caso de incendio"					
7	"En caso de explosión"					
8	"En caso de inundación"					
9	"En caso de sismo o terremoto"					
10	"Prevención y reporte de accidentes laborales dentro de las instalaciones"					
11	"Evaluación de riesgos, medidas de prevención en áreas de trabajo"					
12	"Medidas de seguridad para trabajos en espacios confinados"					

Fuente: elaboración propia.



#### **4.3.4. Breve descripción de los procedimientos leídos**

- En caso de daño personal: éste indica cómo debe procederse en caso de una herida y a quién debe notificarse. Advierte también el tipo de lesiones que se puede sufrir de acuerdo a las actividades realizadas.
- En caso de escape o derrame de materiales peligrosos: aplica para el personal que está en contacto con materiales peligrosos, generalmente líquidos o sólidos.

Cuando se derrama este tipo de materiales se utiliza equipo de protección personal como guantes, botas y mascarilla para recoger dicha sustancia, se coloca en bolsas especiales y finalmente se desecha en un lugar destinado para este tipo de materiales. Se indica también cuáles son los materiales considerados peligrosos.

- Inspección de hidrantes: señala básicamente la periodicidad y los responsables de verificar que los hidrantes se encuentren funcionando de manera correcta, ya que de ocurrir un incendio, de estos lugares es de donde se toma el agua para apagar el fuego.
- Mantenimiento y recarga de extinguidores: determina la ubicación de éstos en todas las áreas de la empresa, los tipos, su utilización y determina a los responsables de verificar la carga que éstos poseen y de contactar a la empresa encargada de recargarlos.
- Señalización: ejemplifica los tipos de señales que existen, los colores que se utilizan y los mensajes que éstas transmiten.

- En caso de incendio: señala las directrices a seguir si se produjera un incendio en las instalaciones, las responsabilidades de los brigadistas, puntos de reunión, personal encargado de activar alarmas y manera de evacuar.
- En caso de explosión: este documento es bastante similar al de incendio, con la excepción que las definiciones son distintas. Se propone la eliminación de este procedimiento y la unificación con el de incendio.
- En caso de inundación: indica quiénes son los encargados de cortar el fluido eléctrico y cómo debe darse una evacuación, de ser ésta necesaria.
- En caso de sismo o terremoto: guía la forma en la que debe evacuarse, puntos de encuentro y recomendaciones para evitar la pérdida de vidas humanas.
- Prevención y reporte de accidentes laborales dentro de las instalaciones: éste orienta sobre la forma en que debe procederse en caso de que algún compañero de trabajo sufra un accidente, a quién debe notificarse, con quién avocarse, también orienta acerca del comportamiento adecuado para evitar actos inseguros que ocasionen algún incidente.
- Evaluación de riesgos, medidas de prevención en áreas de trabajo: este procedimiento se realizó como complemento para la prevención de accidentes, indica a quiénes compete realizar dichas evaluaciones, cómo debe identificarse una condición insegura, cómo elaborar el reporte de éstas y a quién debe comunicársele los resultados de dicho estudio. Como complemento a este procedimiento, se realizó un análisis de riesgos para las labores que realiza el personal del departamento.

- Medidas de seguridad para trabajos en espacios confinados: guía los pasos a seguir para realizar una actividad en espacios confinados, desde la solicitud de autorización, hasta finalizada la labor realizada. Incluye información sobre el equipo de protección a utilizar, la correcta señalización del lugar en el que se trabaja y los responsables de que se cumplan los requisitos de seguridad necesarios para poder realizarlo.

## CONCLUSIONES

1. Los beneficios para el calentamiento de jarabes fabricados con calor, se reflejan en la seguridad y confiabilidad del funcionamiento de las tuberías, accesorios e instrumentos, pudiéndose establecer con certeza para qué se utiliza cada válvula y el fluido que transporta cada tubería.
2. La nueva disposición de los ingresos de agua al enchaquetado del reactor, para su enfriamiento, origina una reducción de por lo menos 6.92 horas del tiempo en que actualmente se lleva a cabo dicho proceso para un *batch*. Esta reducción del tiempo se debe a que al igual que aumenta el flujo de agua que ingresa al enchaquetado para el enfriamiento, también lo hace la cantidad de agua recalentada de desecho. Esto representará una reducción aproximada de 152 horas anuales en el uso del equipo, instalaciones y mano de obra para la fabricación de jarabes con calor.
3. Los costos anuales, debido al rediseño, se verán reducidos en Q 4 504,06.
4. La inversión en el proyecto se recuperará en un periodo máximo de 4.57 años.
5. Los desastres de mayor probabilidad de ocurrencia en la empresa, de acuerdo a su ubicación geográfica y su actividad económica son: derrame o escape de sustancias peligrosas, incendio, explosión y terremoto.



## RECOMENDACIONES

A puestos administrativos o de mayor orden jerárquico en la estructura organizacional

1. Dentro de la planeación estratégica, en lo relativo a la visión y misión de la corporación, es necesario modificarlas de manera que, la visión exprese de una forma más concreta las aspiraciones de la organización e inspire a los colaboradores, y la misión debe enfocarse más en las necesidades del cliente que la empresa pretende satisfacer, teniendo en cuenta lo singular de la organización.
2. Presentar a las máximas autoridades de la corporación la propuesta de rediseño de la instalación de tuberías, a fin de que éstos autoricen la inversión necesaria para el inicio de su implementación.
3. Establecer un medio ambiente que integre al recurso humano con los métodos operativos; siempre que vayan a utilizarse nuevos métodos de operación, éstos deben hacerse del conocimiento de los operarios de manera oportuna a fin de lograr su aceptación y aplicación para que los mismos no fracasen.
4. Utilizar herramientas efectivas para tomar decisiones, tales como diagramas de causa-efecto, matrices de decisión, análisis beneficio-costos, diagramas de Pareto; basándose en las prioridades de la empresa.

5. Implementar controles que verifiquen los tiempos de operación de los reactores fabricantes de jarabes con calor.

A personal de mantenimiento

6. Previo a realizar la instalación de válvulas y demás accesorios, leer la hoja técnica de cada producto, tomando en cuenta las recomendaciones descritas por el fabricante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BARFIEL, Jesse; et al. *Contabilidad de costos - tradiciones e innovaciones*. 5ª ed. México: Thomson, 2005. 923 p.
2. ÇENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 4ª ed. México: McGraw-Hill, 2005. 829 p.
3. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Secretaría Ejecutiva. *Guía de señalización de ambientes y equipos de seguridad*. Guatemala: CONRED, 2009. 49 p.
4. \_\_\_\_\_. *Guía para la elaboración de planes institucionales de respuesta – PIR*. Guatemala: CONRED, 2009. 11 p.
5. Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres, Ministerio del Interior y de Justicia. *Manual para la elaboración de planes y su integración con el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres*. República de Colombia: s.e., 2003. 87 p.
6. GEANKOPLIS, Christie J. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3ª ed. México: Continental, 1998. 1007 p.

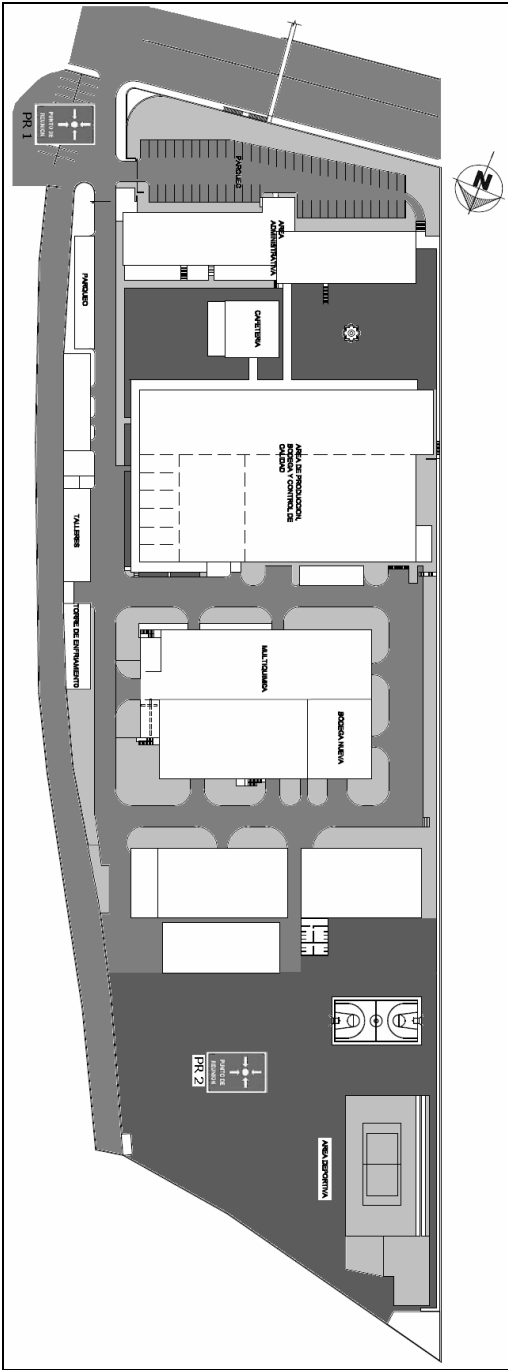


7. GRAU VILALTA, Dolors. “*Estudio del comportamiento de reactores discontinuos y semicontinuos: modelización y comprobación experimental*”. Trabajo de Graduación de Ing. Química. España: UPC, 1999. 251 p.
8. GREEN, Don; PERRY, Robert H. *Perry’s chemical engineers’ handbook*. 8ª ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2008. 2684 p.
9. ISLAS PÉREZ, Valentín; SÁNCHEZ RUÍZ, Juan Francisco. *Breve historia de la farmacia en México y en el mundo*. México: Asociación Farmacéutica Mexicana, 1992. 188 p.
10. NAUMAN, Bruce. *Chemical reactor design, optimization and scaleup*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2002. 589 p.
11. *Springer handbook of mechanical engineering*. GROTE, Antonsson (Eds.). Estados Unidos: s.e., 2008. 1561 p.

## APÉNDICES

APÉNDICE 1

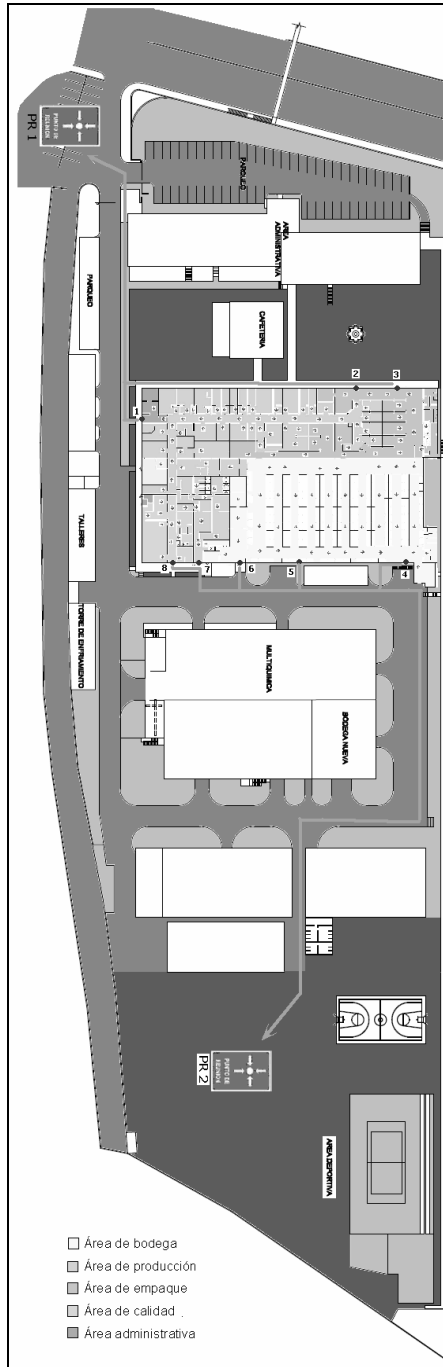
Puntos de reunión (PR) en el plano general de la empresa



Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 2


### Rutas de evacuación y salidas de emergencia



Fuente: elaboración propia.

## APÉNDICE 3

### Instructivo de inventario y mantenimiento de equipos utilizados para el control de contingencias

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- C01</b>
	<b>Procedimiento de inventario y mantenimiento de equipos utilizados para el control de contingencias</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 1 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<b>1. Introducción</b> Se presenta una propuesta de procedimiento para tener control sobre el inventario y mantenimiento de los equipos utilizados para el control de contingencias.		
<b>2. Objetivo</b> Proporcionar y describir los métodos para la verificación periódica de la disponibilidad y la operatividad del equipo destinado a soportar la respuesta de una emergencia o contingencia.		
<b>3. Alcance</b> Este procedimiento aplica a los miembros del personal a quienes se les ha asignado la responsabilidad de asegurar la disponibilidad y la operatividad del equipo destinado a soportar la respuesta de una emergencia o contingencia.		
<b>4. Procedimiento</b>		
<b>4.1 Generalidades</b> Se hará un inventario semestral de todo el equipo destinado a soportar la respuesta de una emergencia o contingencia, o cada vez que se utilice.  Cuando sea pertinente, todo el equipo de emergencias se someterá a pruebas de operabilidad, que se llevará a cabo con la periodicidad establecida según las recomendaciones del fabricante, las normas técnicas que especifiquen el tema o luego de su utilización.  Cuando sea pertinente, todo el equipo para control de contingencias se someterá a mantenimiento rutinario, el cual se llevará a cabo según lo prescribe el fabricante o normas técnicas específicas, en los intervalos recomendados.  Cualquier equipo para control de contingencias que se retire de su área de almacenamiento designada se deberá reemplazar por otro de características similares.		

Continuación apéndice 3.

	<b>INSTRUCTIVO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN</b>	<b>PR – SI- C01</b>
	<b>Procedimiento de inventario y mantenimiento de equipos utilizados para el control de contingencias</b>	<b>Fecha:</b> dd/ mm / aaaa
		<b>Versión:</b> 1.0
		<b>Página:</b> 2 / 2
<b>Unidad:</b> LANCASCO, S.A. - Planta de Producción		<b>Departamento:</b> Seguridad industrial
<p>Cuando se descubre que cualquier equipo para control de contingencias es inoperable o está mal calibrado, se debe retirar de inmediato del servicio y se debe reemplazar en el transcurso máximo de 24 horas.</p> <p>Los gabinetes que contienen equipos de emergencia como mangueras contra incendio o elementos de primeros auxilios, no se deben cerrar hasta garantizar que han sido dotados con elementos especificados en la listas de inventario que les corresponde.</p> <p>Todas las baterías destinadas a utilizarse en el equipo de emergencia se deberán reponer semestralmente o según las especificaciones del fabricante.</p> <p>Se debe tener control de las fechas de los materiales o equipos para control de contingencias que tienen vida útil, con el fin de asegurar el ciclo de reposición adecuado.</p> <p>El equipo de control de contingencias no se utilizará para trabajos rutinarios, ni para tareas y funciones que no son las de emergencia.</p> <p>Toda inspección o mantenimiento del equipo debe generar un registro que permita evidenciar la ejecución de las actividades.</p> <p style="text-align: center;"><b>4.2 Procedimiento de verificación</b></p> <p>El gerente es responsable de asegurarse de que las verificaciones del inventario y de la operatividad se lleven a cabo según lo descrito en el numeral 4.1. El personal que ha recibido una capacitación apropiada, los contratistas, o una combinación de ambos, se pueden encargar de hacer esas verificaciones.</p> <p>El personal encargado hará un inventario de todos los artículos, utilizando las listas de inventario que le aplique.</p> <p>El personal designado hará las pruebas de operabilidad del equipo, según indicaciones del fabricante o normas técnicas que apliquen al tema.</p> <p>El jefe de seguridad industrial revisará los registros que evidencien el cumplimiento de los programas de inspección y mantenimiento.</p>		

Fuente: elaboración propia.




## APÉNDICE 5

### Trifoliar sobre manejo de emergencias, parte posterior


**PARA TENER EN CUENTA:**

- Conozca la ubicación de los extintores y su uso correcto.
- Cualquier tipo de anomalía con estos equipos repórtela inmediatamente a Bienestar Institucional.
- Identifique las puertas de salida y puntos de encuentro.
- Informe cuando los equipos o instalaciones eléctricas se encuentran averiados.
- No sobrecargue el tomacorriente con conexión simultánea de varios equipos.
- Evite la acumulación de papeles, basuras y sólidos combustibles.




**Teléfonos de Emergencia**

Cuerpo de Bomberos Voluntarios	122
Cuerpo de Bomberos Municipales	123
Policía Nacional CIVIL	110 / 120
Policía Municipal de Tránsito	2283-2222
IGSS	128
Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)	2224 0800



**Plan de Emergencias**



**LANCASCO** *Maños*  
Vivir con salud.

Km. 15.5 Calzada Roosevelt Zona 7  
PBX 2323-2500 FAX 23232511



**LANCASCO** *Maños*  
Vivir con salud.

Fuente: elaboración propia.



## APÉNDICE 6

### Trifoliar sobre manejo de emergencias, parte anterior

<p><b>QUE HACER EN CASO DE SISMO:</b></p> <p><b>ANTES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Identifique los peligros presentes en el área que se encuentra como ventanas, vidrios y fallas estructurales.</li><li>Conocer los mecanismos para suspender el suministro de energía eléctrica, de agua o de cualquier otro tipo de suministro.</li><li>Prepararse mentalmente para evacuar en forma organizada.</li></ul> <p><b>DURANTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>No salga corriendo, mantenga la calma. El pánico es tan peligroso como el terremoto.</li><li>Evite aglomerarse en las puertas de salida.</li><li>Acate las instrucciones que se le impartan.</li><li>Alejese de ventanas, lámparas, ductos de aire y estanterías.</li><li>Bajo techo cúbrase debajo de mesas o escritorios para protegerse de la caída de tejas, cielos falsos, ladrillos, lámparas, artefactos eléctricos, materas, libros, cuadros y cualquier objeto que pueda caer, romperse o proyectarse, cuyas características pueden ser pesado y/o cortante. Recuerde que los sistemas de cerradura de las puertas pueden trabarse por el movimiento sísmico.</li></ul> <p><b>DESPUES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Cuando termine el terremoto o temblor principal es muy probable que vuelva a temblar (réplicas) por lo cual se pueden originar otros</li></ul>	<p>eventos de emergencia.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Revise el estado de vigas y columnas.</li><li>Esté alerta y aléjese de estructuras que se puedan derrumbar.</li><li>Si se queda atrapado, use una señal visible o sonora para llamar la atención.</li><li>El agua de los grifos puede estar contaminada, por lo tanto utilice como reserva el agua de los calentadores y de otros tanques limpios.</li><li>Al evacuar hágalo rápido, pero sin correr y no se devuelva por ningún motivo. No lleve objetos que obstaculicen su desplazamiento.</li></ul>  <p><b>QUE HACER EN CASO DE INCENDIO:</b></p> <p><b>ANTES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Conocer las normas de seguridad para evitar incendios.</li><li>Distinguir la ubicación de los extintores en su sitio de trabajo y aprender su uso correcto. Además, identificar los hidrantes, puertas de salida y sitios de reunión.</li><li>Evitar descarga de líquidos inflamables en alcantarillas porque pueden ocasionar incendios o explosiones por acumulación de gases.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Sea cuidadoso en el manejo de los equipos eléctricos; informe sobre las instalaciones eléctricas defectuosas o deterioradas.</li><li>Mantenga las salidas y escaleras libres de obstáculos.</li><li>Ubique y familiarícese con el control del fluido eléctrico (breakers o cajas de distribución).</li></ul> <p><b>DURANTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Llame inmediatamente a un funcionario o docente de la institución, preferiblemente un brigadista.</li><li>Si no le es posible usar extintor, evacue la zona.</li><li>No trate de apagar el fuego si no conoce el manejo correcto del extintor.</li><li>Evite el pánico, no corra ni cause confusión.</li><li>Procure retirar los objetos que sirvan de combustible al fuego.</li><li>No se quede en los baños, vestidores o zonas de descanso.</li><li>Si el lugar está lleno de humo en la parte superior, salga agachado (gateando) cubriéndose la nariz y la boca con un pañuelo húmedo.</li></ul> <p><b>DESPUES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Reúnanse con sus compañeros en el punto de encuentro.</li><li>No regrese al lugar del incendio hasta que le den la orden.</li></ul> <p>los bomberos o personas autorizadas.</p> 
---	--	--

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Norma MIL STD 105E

#### NORMA MIL-STD-105E

##### DESCRIPCIÓN DE LA NORMA

Esta norma se desarrolló durante la segunda guerra mundial emitiéndose en 1950 con la versión A. La versión D se publicó en 1963 y en 1971 fue adoptada por la ANSI con pequeños cambios como la Z1.4 y en 1973 fue adoptada por la ISO como la norma ISO 2859. En 1989 se liberó la versión E.

La norma proporciona tres tipos de muestreo:

- Muestreo simple.
- Muestreo doble.
- Muestreo múltiple

En cada uno de los casos se prevén los siguientes tipos de inspecciones:

- Inspección normal.
- Inspección estricta.
- Inspección reducida.

Se inicia con la inspección normal, se pasa a estricta cuando se observa mala calidad y se usa la reducida cuando la calidad es buena, reduciendo los tamaños de muestra.

El punto focal de la norma es el AQL (nivel de calidad aceptable entre 0.1% y 10%). Los valores típicos de AQL para defectos mayores es de 1%, 2.5% para defectos menores y 0.65% para defectos críticos. Cuando se utiliza para planes de defectos por unidad se tienen 10 rangos adicionales de AQLs hasta llegar a 1000 defectos por cada 100 unidades, los niveles pequeños de AQL se pueden utilizar tanto para controlar fracción defectiva como defectos por unidad.

El tamaño de muestra en el estándar está determinado por el tamaño del lote y por la selección del nivel de inspección.

Se proporcionan tres niveles de inspección, donde el nivel II se considera normal; el nivel I requiere alrededor de la mitad de la inspección del nivel II y se usa cuando se requiere menos discriminación; el nivel III requiere alrededor del doble de inspección del nivel II, y se usa cuando se requiere más discriminación.

Hay también cuatro niveles especiales de inspección, S-1, S-2, S-3 y S-4, estos usan tamaños de muestra muy pequeños y sólo deben usarse cuando los riesgos grandes del muestreo sean aceptables, el nivel S4 se utiliza en pruebas destructivas.

Continuación anexo 1.

Los pasos a seguir para el uso de las normas es el siguiente:

1. Definición del AQL.
2. Decisión del nivel de inspección.
3. Determinación del tamaño del lote.
4. Consultar la Tabla A y localizar la letra código correspondiente al tamaño del lote y el nivel de inspección.
5. Decisión en cuanto al procedimiento de muestreo a utilizar (simple, doble, múltiple).
6. Uso de la tabla correcta para encontrar el tipo de plan a utilizar (la tabla B se utiliza para inspección normal).

Tabla A:

Lot or batch size	Special inspection levels				General inspection levels		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10,000	C	D	F	G	J	L	M
10,001-35,000	C	D	F	H	K	M	N
35,001-150,000	D	E	G	J	L	N	P
150,001-500,000	D	E	G	J	M	P	Q
500,001 and over	D	E	H	K	N	Q	R

Continuación anexo 1.

Tabla B:

Letra de código de tamaño muestral	Tamaño muestral	Niveles de calidad aceptable (inspección normal)																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
A	2	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
B	3	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
C	5	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
D	8	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
E	13	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
F	20	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
G	32	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
H	50	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
I	80	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
K	125	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
L	200	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
M	315	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
N	500	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
P	800	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
Q	1250	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
R	2000	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re

Fuente: www.icim.com/files/muestreo\_aceptacion.doc.

## ANEXO 2

### Tabla de presiones para agua saturada, Sistema Internacional

TABLA A-5 Agua saturada—tabla de presiones												
Pres. kPa P	Temp. sat. °C T <sub>sat</sub>	Volumen específico m <sup>3</sup> /kg		Energía interna kJ/kg			Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/(kg · K)		
		Líquido sat. v <sub>f</sub>	Vapor sat. v <sub>g</sub>	Líquido sat. u <sub>f</sub>	Evap. u <sub>fg</sub>	Vapor sat. u <sub>g</sub>	Líquido sat. h <sub>f</sub>	Evap. h <sub>fg</sub>	Vapor sat. h <sub>g</sub>	Líquido sat. s <sub>f</sub>	Evap. s <sub>fg</sub>	Vapor sat. s <sub>g</sub>
0.6113	0.01	0.001 000	206.14	0.00	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001 000	129.21	29.30	2355.7	2385.0	29.30	2484.9	2514.2	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001 001	87.98	54.71	2338.6	2393.3	54.71	2470.6	2525.3	0.1957	8.6322	8.8279
2.0	17.50	0.001 001	67.00	73.48	2326.0	2399.5	73.48	2460.0	2533.5	0.2607	8.4629	8.7237
2.5	21.08	0.001 002	54.25	88.48	2315.9	2404.4	88.49	2451.6	2540.0	0.3120	8.3311	8.6432
3.0	24.08	0.001 003	45.67	101.04	2307.5	2408.5	101.05	2444.5	2545.5	0.3545	8.2231	8.5776
4.0	28.96	0.001 004	34.80	121.45	2293.7	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001 005	28.19	137.81	2282.7	2420.5	137.82	2423.7	2561.5	0.4764	7.9187	8.3951
7.5	40.29	0.001 008	19.24	168.78	2261.7	2430.5	168.79	2406.0	2574.8	0.5764	7.6750	8.2515
10	45.81	0.001 010	14.67	191.82	2246.1	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	7.5009	8.1502
15	53.97	0.001 014	10.02	225.92	2222.8	2448.7	225.94	2373.1	2599.1	0.7549	7.2536	8.0085
20	60.06	0.001 017	7.649	251.38	2205.4	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.0766	7.9085
25	64.97	0.001 020	6.204	271.90	2191.2	2463.1	271.93	2346.3	2618.2	0.8931	6.9383	7.8314
30	69.10	0.001 022	5.229	289.20	2179.2	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	6.8247	7.7686
40	75.87	0.001 027	3.993	317.53	2159.5	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	6.6441	7.6700
50	81.33	0.001 030	3.240	340.44	2143.4	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	6.5029	7.5939
75	91.78	0.001 037	2.217	384.31	2112.4	2496.7	384.39	2278.6	2663.0	1.2130	6.2434	7.4564
<b>Pres. MPa</b>												
0.100	99.63	0.001 043	1.6940	417.36	2088.7	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	6.0568	7.3594
0.125	105.89	0.001 048	1.3749	444.19	2069.3	2513.5	444.32	2241.0	2685.4	1.3740	5.9104	7.2844
0.150	111.37	0.001 053	1.1593	466.94	2052.7	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	5.7897	7.2233
0.175	116.06	0.001 057	1.0036	486.80	2038.1	2524.9	486.99	2213.6	2700.6	1.4849	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001 061	0.8857	504.49	2025.0	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001 064	0.7933	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.5173	7.0878
0.250	127.44	0.001 067	0.7187	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0527
0.275	130.60	0.001 070	0.6573	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.4	2721.3	1.6408	5.3801	7.0209
0.300	133.55	0.001 073	0.6058	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	5.3201	6.9919
0.325	136.30	0.001 076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001 079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001 081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001 084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001 088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8237	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001 093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001 097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	665.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001 101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8298	6.7600
0.65	162.01	0.001 104	0.2927	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.9627	4.7703	6.7331
0.70	164.97	0.001 108	0.2729	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	4.7158	6.7080
0.75	167.78	0.001 112	0.2556	708.64	1866.1	2574.7	709.47	2057.0	2766.4	2.0200	4.6647	6.6847
0.80	170.43	0.001 115	0.2404	720.22	1856.6	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	4.6166	6.6628
0.85	172.96	0.001 118	0.2270	731.27	1847.4	2578.7	732.22	2039.4	2771.6	2.0710	4.5711	6.6421
0.90	175.38	0.001 121	0.2150	741.83	1838.6	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	4.5280	6.6226
0.95	177.69	0.001 124	0.2042	751.95	1830.2	2582.1	753.02	2023.1	2776.1	2.1172	4.4869	6.6041
1.00	179.91	0.001 127	0.1944	761.68	1822.0	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	4.4478	6.5865
1.10	184.09	0.001 133	0.1775	780.09	1806.3	2586.4	781.34	2000.4	2781.7	2.1792	4.3744	6.5536
1.20	187.99	0.001 139	0.1633	797.29	1791.5	2588.8	798.65	1986.2	2784.8	2.2166	4.3067	6.5233
1.30	191.64	0.001 144	0.1512	813.44	1777.5	2591.0	814.93	1972.7	2787.6	2.2515	4.2438	6.4953

Fuente: ÇENGEL, Yunus. Termodinámica. p.730.

## ANEXO 3

### Dimensiones de tubos

#### Dimensions, weights and test pressures

NOMINAL DIAMETER	EXTERNAL DIAMETER		THICKNESS WALL			WEIGHT			TEST PRESSURE			
	pulg.	Mm.	pulg.	Mm.	sch	ib/pie	kg/m	kg/ft	GRADE	A	GRADE	B
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	40 (STD)	0.42	0.36	0.11	700	49	700	49
			0.119	3.02	80(XS)	0.54	0.47	0.14	850	60	850	60
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	40 (STD)	0.57	0.62	0.19	700	49	700	49
			0.147	3.20	80(XS)	0.74	0.79	0.24	850	60	850	60
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	40 (STD)	0.85	1.27	0.39	700	49	700	49
			0.147	3.73	80(XS)	1.09	1.62	0.49	850	60	850	60
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	40 (STD)	1.13	1.69	0.51	700	49	700	49
			0.154	3.91	80(XS)	1.48	2.20	0.67	850	60	850	60
1	1.315	33.4	0.133	3.56	40 (STD)	1.68	2.50	0.76	700	49	700	49
			0.179	4.55	80(XS)	2.18	3.24	0.99	850	60	850	60
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.68	40 (STD)	2.28	3.39	1.03	1000	70	1100	77
			0.191	4.85	80(XS)	3.02	4.47	1.36	1500	105	1600	112
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	40 (STD)	2.73	4.05	1.23	1000	70	1100	77
			0.200	5.08	80(XS)	3.66	5.41	1.65	1500	105	1600	112
2	2.375	60.3	0.154	3.91	40 (STD)	3.68	5.44	1.66	2300	162	2500	176
			0.128	5.54	80(XS)	5.07	7.48	2.28	2500	176	2500	176
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	40 (STD)	5.82	8.63	2.63	2500	176	2500	176
			0.276	7.01	80(XS)	7.73	11.41	3.18	2500	176	2500	176
3	3.500	88.9	0.216	5.49	40 (STD)	7.62	11.29	3.44	2200	155	2500	176
			0.300	7.62	80(XS)	0.33	15.27	4.66	2500	176	2500	176
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	40 (STD)	9.20	13.57	4.14	2000	141	2400	169
			0.318	8.08	80(XS)	2.63	18.63	5.68	2800	197	2800	167
4	4.500	114.3	0.237	6.02	40 (STD)	0.89	16.08	4.90	1900	164	2200	155
			0.337	8.56	80(XS)	15.17	22.32	6.80	2700	197	2800	197
5	5.563	141.3	0.258	6.55	40 (STD)	14.81	21.77	6.63	1700	120	1900	134
			0.375	9.53	80(XS)	21.09	30.97	9.44	2400	169	2800	197
6	6.625	168.3	0.280	7.11	40 (STD)	19.18	28.26	8.61	1500	105	1800	127
			0.432	10.97	80(XS)	28.89	42.56	12.97	2300	162	2700	190
8	8.625	219.1	0.277	7.04	30	25.55	36.82	11.22	1200	84	1300	91
			0.322	8.18	40 (STD)	29.35	42.55	12.97	1300	91	1600	112
10	10.750	273.0	0.500	12.70	80(XS)	43.90	64.64	19.70	2100	148	2400	169
			0.365	9.27	40 (STD)	41.85	60.29	18.38	1200	74	1400	98
12	12.750	323.8	0.500	12.70	80(XS)	55.82	81.52	24.85	1700	120	2000	141
			0.375	9.53	40 (STD)	51.15	73.86	22.51	1100	77	1200	84
			0.500	12.70	80(XS)	66.71	97.43	29.7	1400	98	1600	112

- 1 BLACK PIPES ARE PROTECTED AGAINST OXIDATION WITH A VARNISH COATING, WHICH IN ADDITION TO PROTECTION IMPROVES APPEARANCE
- 2 THE WEIGHTS ARE BASED ON BLACK PIPES. GALVANIZED PIPES ARE SLIGHTLY HEAVIER
- 3 WEIGHT OF A ZINC COATING 1.8000 oz/ft<sup>2</sup> 0.5493 Kg/m<sup>2</sup>
- 4 THE SCHEDULE 80 PIPE IS AVAILABLE AS PLAIN END OR THREADED ONLY
- 5 PERMISSIBLE VARIATIONS IN WEIGHT: +/- 10%
- 6 PERMISSIBLE VARIATIONS IN DIAMETER: 1/2 TO 1 1/2 +/- 1/64 in; OVER 2 +/- 1%
- 7 PERMISSIBLE VARIATIONS IN THICKNESS: T MINIMUM= 0.875\* T NOMINAL OR 12.5% UNDER THE NOMINAL WALL THICKNESS

Fuente: <http://hldpipe.en.gongchang.com>.

## ANEXO 4

### Norma DIN 2403

#### DIN 2403 Identification of pipelines according to the fluid conveyed. Marking of pipes according to fluid transported

##### 1 Field of application

This standard specifies the colours for the identification of pipelines in above ground installations according to the fluid conveyed.

##### 2 Scope

A clear identification of the pipelines according to the fluid conveyed serves the interests of safety, correct repair and effective fire fighting. It is intended to point out hazards, in order to avoid accidents and damage to health.

##### 3 Identification

The pipelines shall be clearly identified by labels specifying the nature of the fluid conveyed. If a colour identification is used, then

- either labels or adhesive labels in the colour identifying the group of fluids conveyed shown in table 1 shall be used or
- colour bands in the colour identifying the group of fluids conveyed shall be fitted or
- the pipeline shall be painted over the whole length in the colour identifying the group of fluids conveyed or
- labels, adhesive labels or colour bands shall be placed at important points, e.g. at both sides of each valve, at junctions, wall penetration.

##### 4 Allocation of colours to the pipe contents

The fluids conveyed through pipelines are divided into 10 groups in accordance with their general properties, and their colours are given in table below

Pipe contents	Group	Colour name	Colour reference (as specified in DIN 6164 Part 1)	Nearest colour sample in accordance with RAL 840 HR
Water	1	Green	23 : 7 : 3	RAL 6018
Steam	2	Red	7 : 8 : 3	RAL 3000
Air	3	Grey	18 : 1 : 3	RAL 7001
Combustible gases	4	Yellow	2 : 6 : 1	RAL 1021
		or yellow with auxiliary red	7 : 8 : 3	RAL 3000
		or black	N : 0 : 9.5	RAL 9005
Non-combustible gases	5	Yellow with auxiliary black	2 : 6 : 1	RAL 1021
Acids	6	Orange	5 : 5 : 1	RAL 2003
		Aldeids	7	Violet
Combustible liquids	8	Brown	3 : 5 : 4	RAL 8001
		or brown with auxiliary red	7 : 8 : 3	RAL 3000
		or black	N : 0 : 9.5	RAL 9005
Non-combustible liquids	9	Brown with auxiliary black	3 : 5 : 4	RAL 8001
Oxygen	0	or black	N : 0 : 9.5	RAL 9005
		Blue	17 : 5 : 2	RAL 5015

Fuente: [www.tubesolution.com](http://www.tubesolution.com).



## ANEXO 5

### Agentes extintores

Clase de fuego	Combustibles	Agentes extintores			
		Agua	Espuma física	Polvo seco polivalente	Nieve carbónica (CO <sub>2</sub> )
A	<b>Sólidos</b> Papel Madera Tejidos Gomas Corcho Caucho	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
		■■■	■■	■■	■
B	<b>Líquidos</b> Gasolinas Gasóleos Disolventes Pinturas Barnices Grasas Alcohol Cera Benzol	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
		■	■■	■■■	■
		(pulverizada)			
C	<b>Gases</b> Propano Metano Butano Hidrógeno Acetileno Hexano Gas ciudad y natural Gas alumbrado	NO	NO	SÍ	NO
				■■■	
C	<b>Metales reactivos</b> Magnesio Uranio Aluminio en polvo Sodio Zirconio Titanio	NO	NO	SÍ	NO
				■■	
D	<b>Fuegos A, B, C y D en presencia de energía eléctrica</b>	NO	NO	SÍ	SÍ
		■	■■■		

■■■ Muy efectivo ■■ Efectivo ■ Poco efectivo

Fuente: [http://www.istas.coo.es/descargas/gverde/incendio\\_expllosion.pdf](http://www.istas.coo.es/descargas/gverde/incendio_expllosion.pdf).

## ANEXO 6

### Plan de mejora y mantenimiento trimestral para plan de contingencias / medios de protección contra incendio

<p><b>ANEXO: PLAN DE MEJORA Y MANTENIMIENTO</b></p> <p><b>FICHA SEGUIMIENTO TRIMESTRAL</b></p> <p><b>MEDIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS</b></p> <p><b>EXTINTORES PORTÁTILES:</b> Están situados en su lugar Son accesibles fácilmente Presentan buen estado de conservación Fecha de revisión anual actualizada en tarjeta</p> <p><b>BOCAS DE INCENDIOS EQUIPADAS:</b> Son accesibles fácilmente Presentan buen estado de funcionamiento Presión adecuada en manómetro (3,5 Kg/cm<sup>2</sup>)</p> <p><b>INSTALACIÓN DE ALARMA:</b> Audible en todo el local</p> <p><b>ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN:</b> Iluminación correcta Carteles de señalización dispuestos correctamente</p> <p><b>EVACUACIÓN:</b> Los caminos de evacuación están libres de obstáculos Las puertas de salida al exterior permanecen abiertas</p> <p><b>MEDIOS COMPLEMENTARIOS DE EMERGENCIA</b></p> <p>Se dispone de relación de teléfonos de urgencia en lugar visible Los teléfonos se actualizan periódicamente En los accesos existe un ejemplar del Plan de Emergencia El botiquín está completo</p>
--

Fuente: Confederación de Empresarios de La Coruña. Guía de gestión de emergencias en Pymes. p. 38.

## ANEXO 7

### Guía para establecer el guión del simulacro

**Introducción:** Establecer el horario, los participantes y el objetivo de realizar la prueba.

**Objetivo y alcance de la prueba:** Detallar los objetivos específicos para los cuales fue diseñada la prueba. Indicar cuales participantes del equipo de respuesta se van a poner a prueba y quienes simularán las acciones.

**Guía:**

- **Precauciones de seguridad:** se deben redactar las precauciones generales necesarias para proteger al público, a los encargados de la respuesta y al personal de la planta.
- **Instrucciones para el controlador y evaluador:** establecer la información que requieran los encargados del control y de la evaluación en el cumplimiento de sus funciones.
- **Instrucciones a los participantes:** establecer la información que deba ser brindada a los participantes en el desarrollo de sus funciones.
- **Estándares para la evaluación del desempeño:** establecer los criterios de evaluación y sistema de calificación.

**Escenario:**

- **Condiciones iniciales:** puesta en escena de las condiciones de pre - emergencia.
- **Resumen narrativo:** breve descripción de la secuencia de los eventos que finalmente conducirán a la emergencia y su continuidad hasta la fase final de la prueba.
- **Secuencia de los eventos mayores:** cronograma detallado de la ocurrencia de los eventos.

**Anexos:** Información adicional, como: guías para el controlador y evaluador, tarjetas, datos de la empresa en la que ocurre el evento, datos meteorológicos, datos sobre riesgos, formularios de evaluación, entre otros.

- Establecer un equipo de observadores independiente del grupo de participantes, que evalúe la prueba con ayuda de listas de chequeo preparadas previamente.
- A través de los dirigentes locales, los medios de comunicación y otros medios de difusión avisar al público del desarrollo del simulacro para probar el plan.

## Continuación anexo 7.

- Es importante que la gente común no confunda el simulacro con una emergencia real, de lo contrario podría tener consecuencias lamentables.
- Seguir el guión establecido para el desarrollo del simulacro.
- Después de concluido el simulacro, inmediatamente conformar una sesión para escuchar a los evaluadores y observadores.
- Asignar responsables para la solución de las deficiencias identificadas anteriormente.
- Revisar nuevamente el plan integrado y ajustar según las deficiencias presentadas en el simulacro.
- Establecer un procedimiento que conduzca a la revisión anual del plan para que este permanezca actualizado.

Fuente: Manual para la elaboración de planes empresariales de emergencia y contingencias. Colombia. p. 80.

