



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA  
MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA  
FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S. A.**

**Samuel José Andrés Girón Pacay**

Asesorado por el Ing. Juan Elizandro López Gómez

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA  
MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA  
FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SAMUEL JOSÉ ANDRÉS GIRÓN PACAY**

ASESORADO POR EL ING. JUAN ELIZANDRO LÓPEZ GÓMEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

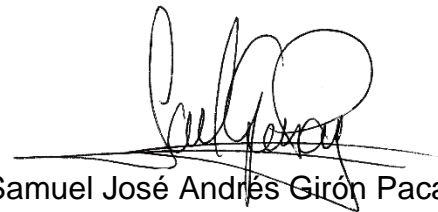
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **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:

### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 20 de abril de 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Samuel José Andrés Girón Pacay', with a horizontal line drawn underneath it.

Samuel José Andrés Girón Pacay



Guatemala, 5 de agosto de 2015

Ingeniero

César Ernesto Urquizú Rodas

Director

Escuela Mecánica Industrial

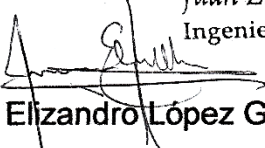
Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Por medio de la presente, me dirijo con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S.A."**, el cual fue elaborado por el estudiante Samuel José Andrés Girón Pacay con número de carné 2004-13656, de la carrera de Ingeniería Industrial, he determinado el cumplimiento de todos los requisitos establecidos y por su importancia estimo conveniente su aprobación.

Atentamente,

  
Ing. Juan Elizandro López Gómez  
Colegiado 11,276

Juan Elizandro López Gómez  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado 11276



REF.REV.EMI.201.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Samuel José Andrés Girón Pacay**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
*Ing. Danilo González Trejo*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO ACTIVO 6182

**Ing. Erwin Danilo González Trejo**  
**Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

Guatemala, octubre de 2015

/mgp



REF.DIR.EMI.203.015

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 **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Samuel José Andrés Girón Pacay**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2015.

/mgp

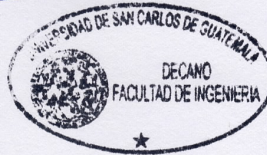




El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA MANUFACTURA DE ESPONJA DE POLIURETANO, UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE MUEBLES EN LA EMPRESA DIVECO S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Samuel José Andrés Girón Pacay**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, noviembre de 2015

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por el don de la vida. Por todas las bendiciones y gracias que me concedes.
<b>Mis padres</b>	Aida Pacay y César Girón; por el amor incondicional, el sacrificio que han realizado y el apoyo constante para alcanzar mis metas; los amo.
<b>Mis hermanos</b>	Fernando y Ricardo Girón Pacay; por acompañarme y apoyarme en todos y cada uno de los momentos de mi vida.
<b>Mi sobrina</b>	Valentina Girón Amézquita; por la alegría que le ha dado a nuestras vidas.
<b>Mis abuelos</b>	Que en paz descansen, son parte fundamental de la persona que soy ahora, ejemplo de lucha y superación.
<b>Mis tíos</b>	Por ser ejemplo de unidad, por sus consejos y su apoyo.
<b>Mis primos</b>	Por el cariño y los momentos compartidos.

**Mis amigos**

Edgar Morataya, Archie García, Luis Méndez y todos aquellos que me han brindado su amistad, confianza y cariño, un abrazo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Institución que me abrió las puertas para acceder a un conocimiento profesional.
<b>El pueblo de Guatemala</b>	Porque con su esfuerzo y trabajo hace posible el funcionamiento de esta gloriosa y tricentenaria casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por el aprendizaje y los conocimientos adquiridos.
<b>Ingeniero Juan Elizandro López Gómez</b>	Por su amistad, el apoyo, la guía y el tiempo dedicado en la realización de este trabajo.
<b>Ingeniero Danilo González Trejo</b>	Por su apoyo, tiempo y consejos para la elaboración de este trabajo.
<b>Ingeniero Jorge Alberto Soto Bran</b>	Por abrirme las puertas para realizar este trabajo.





## ÍNDICE GENERAL

[illegible]

	1.2.3.3.	Esponjas de poliuretano rígidas de alta densidad .....	13
	1.2.4.	Características y usos .....	14
1.3.		Control de la producción .....	16
	1.3.1.	Función.....	17
	1.3.2.	Elementos .....	18
	1.3.3.	Planeación.....	18
	1.3.4.	Evolución.....	19
1.4.		Diseño de un sistema.....	22
1.5.		Sistemas de producción .....	23
1.6.		Los sistemas productivos y sus características.....	24
1.7.		Clasificaciones del sistema productivo .....	25
	1.7.1.	Por su proceso .....	25
		1.7.1.1. Sistemas continuos .....	25
		1.7.1.2. Sistemas intermitentes .....	26
		1.7.1.3. Sistemas modulares.....	27
		1.7.1.4. Sistemas por proyectos.....	27
	1.7.2.	Por su finalidad.....	28
		1.7.2.1. Primarios .....	28
		1.7.2.2. Secundarios .....	28
		1.7.2.3. Terciarios .....	28
1.8.		Descripción del producto.....	29
	1.8.1.	Características físicas del producto.....	29
	1.8.2.	Materias primas.....	29
	1.8.3.	Diseño de los productos .....	30
	1.8.4.	Especificaciones de los productos .....	31
	1.8.5.	Tipo de producción.....	31

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	33
2.1.	Esponja de poliuretano .....	33
2.1.1.	Descripción del proceso de producción .....	33
2.1.1.1.	Diagrama de flujo del proceso .....	37
2.1.1.2.	Diagrama de operaciones del proceso.....	38
2.1.1.3.	Descripción del diagrama de recorrido .....	39
2.1.2.	Distribución de planta .....	40
2.1.3.	Descripción de máquinas y equipo .....	42
2.1.3.1.	Mezclador .....	42
2.1.3.2.	Molde.....	42
2.1.3.3.	Extractor .....	42
2.1.3.4.	Cortadora.....	42
2.1.3.5.	Laminadora.....	43
2.1.3.6.	Pesa digital .....	44
2.1.3.7.	<i>Beacker</i> .....	44
2.1.4.	Descripción de materia prima .....	45
2.1.4.1.	Poliol.....	45
2.1.4.2.	TDI (diisocianato de tolueno).....	45
2.1.4.3.	Cloruro de metileno .....	45
2.1.4.4.	Silicona .....	46
2.1.4.5.	T-9 (octoato de estaño) .....	46
2.1.4.6.	Amina .....	46
2.1.4.7.	Alcohol isopropílico.....	46
2.1.5.	Descripción de los tipos de esponja .....	47
2.1.5.1.	Variables que determinan el tipo de esponja .....	47
2.1.5.2.	Densidad .....	47

	2.1.5.3.	Tamaño de bloque .....	49
	2.1.5.4.	Laminado de bloque.....	50
	2.1.6.	Clasificación .....	50
2.2.		Características del personal requerido.....	51
	2.2.1.	Facilitador de esponja .....	52
	2.2.2.	Supervisor de espuma .....	52
	2.2.3.	Operarios.....	53
	2.2.3.1.	Operario clase A.....	53
	2.2.3.2.	Operario clase B.....	53
2.3.		Producto terminado .....	54
3.		PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN .....	55
3.1.		Sistema actual.....	55
	3.1.1.	Análisis .....	55
	3.1.1.1.	Sincronía .....	55
	3.1.1.2.	Equilibrio de flujo .....	57
	3.1.1.3.	Utilización del recurso .....	57
	3.1.2.	Evaluación de desempeño .....	58
	3.1.3.	Evaluación financiera .....	58
	3.1.3.1.	Utilidad neta .....	59
	3.1.3.2.	Liquidez.....	59
	3.1.3.3.	Rendimiento sobre inversión (ROI) ....	60
	3.1.4.	Evaluación operativa .....	61
	3.1.4.1.	Facturación .....	61
	3.1.4.2.	Inventario .....	62
	3.1.4.3.	Gastos de operación .....	63
	3.1.5.	Productividad.....	65
3.2.		Diseño de un sistema de control de producción mejorado.....	67

3.2.1.	Beneficios .....	67
3.2.2.	Mejoras .....	68
3.3.	Herramientas de control .....	76
3.4.	Aplicación de las herramientas de control .....	77
3.4.1.	Auditoría administrativa .....	77
3.4.2.	Reportes - informes .....	79
3.4.3.	Análisis estadístico .....	79
3.5.	Tipo de control de producción que se empleará.....	80
3.5.1.	Control anticipado.....	81
3.5.2.	Control concurrente .....	82
3.5.3.	Control retroalimentado .....	82
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	85
4.1.	Modificación y adaptación de los procesos actuales .....	85
4.1.1.	Capacitaciones .....	86
4.1.2.	Información continua .....	87
4.1.3.	Supervisión continua .....	88
4.2.	Índices de evaluación de la efectividad del sistema .....	90
4.3.	Eficiencia y productividad del proceso.....	91
4.4.	Monitoreo de índices de evaluación de la efectividad del sistema .....	93
4.5.	Medición e informes .....	93
4.5.1.	Control antes del proceso .....	94
4.5.1.1.	La dosificación de los componentes..	94
4.5.1.2.	Verificación de los <i>timers</i> .....	96
4.5.1.3.	Presión del aire de la máquina de espumado.....	96
4.5.2.	Control durante el proceso.....	98
4.5.2.1.	Proceso de espumado.....	98

	4.5.2.2.	Proceso de curado .....	100
	4.5.2.3.	Proceso de laminado.....	103
	4.5.3.	Control después del proceso.....	105
	4.5.3.1.	Lubricaciones .....	105
	4.5.3.2.	Mantenimiento preventivo .....	106
	4.5.3.3.	Verificación de componentes en general .....	106
4.6.		Análisis financiero .....	107
	4.6.1.	Costos de inventario en proceso .....	107
	4.6.2.	Costos de producto terminado .....	110
4.7.		Tiempo de entrega del producto terminado.....	111
5.		MEDIO AMBIENTE .....	113
5.1.		Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala.....	113
	5.1.1.	Política para la gestión de la calidad ambiental.....	113
	5.1.1.1.	Prevención ambiental.....	114
	5.1.1.2.	Evaluación, control y seguimiento ambiental.....	114
	5.1.2.	Manejo sostenible del patrimonio natural .....	115
	5.1.2.1.	Recursos naturales renovables.....	115
	5.1.2.2.	Cuencas hidrográficas y agua.....	115
	5.1.2.3.	Ámbito económico productivo .....	116
5.2.		Manejo de desechos .....	116
	5.2.1.	Propuesta de manejo y eliminación de desechos .....	116
	5.2.1.1.	Método para recolectarlos y desecharlos .....	117
	5.2.1.2.	Medidas de mitigación.....	117

	5.2.1.3.	Beneficios obtenidos.....	119
	5.2.1.4.	Costo del manejo de desechos .....	122
5.3.		Seguridad industrial .....	124
	5.3.1.	Norma OHSAS 18000 .....	125
	5.3.2.	Protección personal .....	130
	5.3.3.	Equipo contra incendios .....	133
	5.3.4.	Extintores.....	134
	5.3.4.1.	Extintor de polvo químico universal - ABC.....	135
	5.3.4.2.	Extintor de polvo químico seco - BC.....	135
	5.3.5.	Señalización industrial .....	136
	5.3.5.1.	Los colores de seguridad.....	137
	5.3.5.2.	Señales de socorro o salvamento ...	139
	5.3.5.3.	Señalización de equipos contra incendios .....	139
	5.3.5.4.	Señales de equipo de protección personal.....	141
	5.3.6.	Vías de evacuación .....	141
	5.3.7.	Norma ISO 14000.....	144
6.		MEJORA CONTINUA.....	147
	6.1.	Plan de mejoramiento continuo al sistema .....	147
	6.2.	Aspectos administrativos y de organización .....	147
	6.3.	Aspectos físicos en la líneas de producción .....	150
	6.4.	Programa de control de calidad.....	152
	6.4.1.	Formularios de control de calidad.....	153
	6.4.1.1.	Dosificación de componentes.....	154
	6.4.1.2.	Rendimientos de la esponja .....	159

6.4.2.	Gráficos de control .....	168
6.4.2.1.	Gráficos de control por variables.....	168
6.4.2.1.1.	Gráficos de medias....	169
6.4.2.1.2.	Gráficos de rangos....	175
6.4.2.2.	Gráficos de control por atributos .....	180
6.4.2.2.1.	Gráfico P.....	181
6.4.2.2.2.	Gráfico NP.....	182
6.5.	Estrategias de seguimiento .....	183
6.5.1.	Hojas de verificación .....	183
6.5.1.1.	Hojas de verificación para el comportamiento del proceso .....	184
6.5.1.2.	Hoja de verificación de producto defectuoso.....	185
6.5.1.3.	Hoja de verificación de ubicación de defectos.....	188
6.5.2.	Diagramas de Pareto .....	189
CONCLUSIONES .....		193
RECOMENDACIONES .....		195
BIBLIOGRAFÍA.....		197



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de la empresa en estudio .....	2
2.	Organigrama general .....	7
3.	Organigrama del área de Producción.....	8
4.	Vista microscópica de una esponja flexible de baja densidad.....	11
5.	Esponja rígida empleada como aislante térmico .....	13
6.	Pieza moldeada de espuma piel integral.....	14
7.	Ejemplos del uso de la esponja de poliuretano .....	15
8.	Sistema de producción simplificado .....	23
9.	Sistema de fabricación continuo .....	25
10.	Sistema de fabricación intermitente .....	26
11.	Sistema de fabricación modular .....	27
12.	Proceso básico del diseño de un producto.....	31
13.	Imágenes del área de espumado .....	33
14.	Formas de espumado de esponja .....	34
15.	Laminado del <i>block</i> de esponja .....	36
16.	Laminado del cilindro de esponja .....	36
17.	Diagrama de flujo del proceso de producción de esponja.....	37
18.	Diagrama de operaciones del proceso de producción de esponja.....	38
19.	Diagrama de recorrido del proceso de producción de esponja .....	39
20.	Distribución de las áreas de depósito de químicos y mezclado y extracción .....	40
21.	Distribución del área de enfriamiento .....	41
22.	Distribución del área de laminación y almacenaje .....	41

23.	Modelo de una máquina cortadora .....	43
24.	Modelo de una máquina laminadora.....	43
25.	Modelos de pesa digital .....	44
26.	Modelos de <i>beacker</i> .....	44
27.	Esponja de poliuretano laminada y terminada .....	54
28.	Impacto de la reducción de inventarios.....	63
29.	Área de depósito de químicos .....	71
30.	Área de mezclado y extracción .....	71
31.	Área de enfriamiento.....	72
32.	Área de laminado.....	72
33.	Ruta crítica del proceso de elaboración de esponja .....	73
34.	Diagrama de Gantt del proceso de elaboración de esponja .....	74
35.	Ruta crítica del proceso de elaboración de esponja (propuesta) .....	75
36.	Ejemplo de lista de chequeo para el proceso de inspección de la máquina de espumado.....	97
37.	Proceso de mezclado .....	99
38.	Proceso de espumado .....	99
39.	Esponja en enfriamiento .....	100
40.	Eliminación del material de desecho del área de esponja .....	120
41.	Residuos del laminado de esponja .....	122
42.	Toneles vacíos que son comercializados .....	123
43.	Operadores del proceso de mezclado utilizando EPP .....	131
44.	Operadores del proceso de espumado utilizando EPP.....	132
45.	Operador del laminado utilizando EPP .....	133
46.	Manguera contra incendios ubicada en la planta de producción .....	134
47.	Extintores instalados en la planta de producción .....	136
48.	Señalización instalada para identificar ruta de salida y equipo contra incendios.....	138
49.	Señales de socorro o salvamento.....	139

50.	Señales equipo contra incendios .....	140
51.	Señales instaladas en los equipos contra incendios, ubicados dentro de la planta de producción .....	140
52.	Señales equipo protección personal .....	141
53.	Ruta de evacuación propuesta para el área de esponja .....	144
54.	Aspectos físicos de la línea de producción de esponja .....	151
55.	Burbujas en el interior de la esponja de poliuretano .....	162
56.	Gráfico de medias: error dosificación de poliol.....	171
57.	Gráfico de medias: error dosificación de cloruro de metileno.....	172
58.	Gráfico de medias: error dosificación de silicona .....	172
59.	Gráfico de medias: error dosificación de amina .....	173
60.	Gráfico de medias: error dosificación de agua .....	173
61.	Gráfico de medias: error dosificación de TDI .....	174
62.	<i>Timers</i> para el ingreso de los tiempos según la fórmula .....	175
63.	Gráfico de rangos: error dosificación de poliol .....	177
64.	Gráfico de rangos: error dosificación de cloruro de metileno .....	178
65.	Gráfico de rangos: error dosificación de silicona.....	178
66.	Gráfico de rangos: error dosificación de amina .....	179
67.	Gráfico de rangos: error dosificación de agua.....	179
68.	Gráfico de rangos: error dosificación de TDI.....	180
69.	Gráfico de control de unidades no conformes.....	187
70.	Planilla ubicación de defectos .....	188
71.	Factor más importante .....	189
72.	Diagrama de Pareto para los tipos de defectos presentados.....	191

## TABLAS

I.	Tipos de sistemas de producción de bienes .....	24
II.	Dimensiones del bloque de esponja .....	49

III.	Dimensiones del cilindro de esponja.....	49
IV.	Cantidad de planchas por bloque de esponja .....	50
V.	Tipos de esponja tamaño normal.....	51
VI.	Tipos de esponja tamaño grande.....	51
VII.	Ciclos de fabricación de las áreas que conforman el flujo de elaboración de esponjas .....	73
VIII.	Datos de los costos producción del ejemplo.....	107
IX.	Datos del volumen producción del ejemplo .....	108
X.	Cálculos costo unitario de producción .....	109
XI.	Costo total producto en proceso .....	109
XII.	Costo total producto terminado .....	110
XIII.	Costos de inventario en almacén.....	111
XIV.	Resultado económico de la comercialización de residuos y desperdicios reutilizables .....	124
XV.	Equipo de seguridad que se debe de utilizar en el proceso de espumado .....	130
XVI.	Colores de seguridad.....	137
XVII.	Lineamientos para diseñar una ruta de evacuación.....	142
XVIII.	Formato control de dosificación de los componentes .....	154
XIX.	Muestreo dosificaciones de componentes esponja densidad 15 .....	155
XX.	Dosificaciones: muestreo de error poliol .....	156
XXI.	Dosificaciones: muestreo de error cloruro de metileno .....	156
XXII.	Dosificaciones: muestreo de error silicona .....	157
XXIII.	Dosificaciones: muestreo de error agua .....	157
XXIV.	Dosificaciones: muestreo de error TDI.....	158
XXV.	Medias y rangos para errores de fórmula de cada componente .....	158
XXVI.	Formato control de rendimiento del volumen de esponja .....	159
XXVII.	Rendimientos de bloque tamaño normal, esponja D15 .....	160
XXVIII.	Rendimientos de bloque tamaño grande, esponja D15 .....	160

XXIX.	Rendimientos de cilindro tamaño pequeño, esponja D17 .....	161
XXX.	Rendimientos de cilindro tamaño grande, esponja D17 .....	161
XXXI.	Formato control de rendimiento de operarios por máquina.....	163
XXXII.	Muestreo evaluación de operarios, área de esponja.....	164
XXXIII.	Resultados: uso de implementos de seguridad.....	165
XXXIV.	Resultados: limpieza del lugar de trabajo.....	166
XXXV.	Resultados: calificación por puesto .....	166
XXXVI.	Muestreo funcionamiento de maquinaria, área de esponja.....	167
XXXVII.	Factores para los límites de control .....	170
XXXVIII.	Límites de control: gráfico de medias para cada componente .....	171
XXXIX.	Límites de control: gráfico de rangos para cada componente.....	177
XL.	Planilla inspección de bloques .....	185
XLI.	Datos obtenidos: planilla inspección de bloques defectuosos.....	186
XLII.	Tipos de defectos presentados en la muestra realizada .....	190



## GLOSARIO

<b>Alcohol isopropílico</b>	Alcohol incoloro, inflamable, con un olor intenso y muy miscible con el agua.
<b>Amina</b>	Compuesto químico orgánico que se considera como derivado del amoníaco y resulta de la sustitución de uno o varios de los hidrógenos de la molécula de amoníaco por otros sustituyentes o radicales.
<b>Auditoría</b>	Examen crítico y sistemático que se realiza una persona o grupo de personas independientes del sistema auditado.
<b>Beacker</b>	Recipiente cilíndrico de vidrio borosilicado fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, suelen estar graduados, se utiliza para preparar o calentar sustancias.
<b>Bloques de esponja</b>	Presentación de la esponja que se obtiene del proceso de espumado, tiene una forma de cubo.
<b>Catalizador T-9 (octoato de estaño)</b>	Fluido transparente que va desde incoloro hasta amarillo claro, de baja viscosidad. Tiene la capacidad de promover la reacción rápida de la mezcla en el proceso de fabricación de esponja.

<b>Cilindros de esponja</b>	Presentación de la esponja que se obtiene del proceso de espumado, tiene una forma de cilindro.
<b>Cloruro de metileno</b>	Líquido incoloro; posee un leve aroma dulce, es utilizado como disolvente.
<b>Defecto</b>	Falla de las cualidades propias de la esponja.
<b>Densidad</b>	Es la magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
<b>Desecho</b>	Material o producto no deseado que se necesita eliminar porque carece de valor económico.
<b>Desechos líquidos</b>	Los desechos líquidos son todos los residuos en estado líquido provenientes de actividades realizadas por los seres humanos.
<b>Desechos sólidos</b>	Material sólido o semisólido que carece de utilidad, proveniente de la actividad industrial.
<b>Diagrama de Gantt</b>	Herramienta gráfica que permite exponer la planificación de procesos, desarrollada por Henry Gantt.
<b>Disocianato de tolueno</b>	Compuesto orgánico de tipo diisocianato aromático, empleado en la síntesis de poliuretano en la fabricación de esponjas.



<b>Emisiones gaseosas</b>	Fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión, que emanen como residuos o productos de la actividad humana o natural.
<b>Espanja</b>	Material poroso que puede estar fabricado en fibras celulósicas o en polímeros plásticos, generalmente poliuretano.
<b>Espumado</b>	Proceso de fabricación de la esponja.
<b>Extintor</b>	Artefacto que sirve para apagar fuegos.
<b>Facilitador</b>	Colaborador de la empresa que se encarga de verificar que se lleve a cabo la producción y el control del seguimiento de la planificación requerida.
<b><i>Feedback</i></b>	Mecanismo por el cual se obtiene información relacionada con el resultado de un comportamiento.
<b>Inventario</b>	Cantidad de producto terminado en almacenamiento.
<b>KPI</b>	Indicador de clave de rendimiento, es una medida del nivel de desempeño de un proceso.
<b>Lámina de esponja</b>	Es el producto resultante del corte de los bloques o cilindros de esponja, puede tener distintos grosores, muy utilizada en la fabricación de muebles.

<b>Lubricación</b>	Acción de reducir el rozamiento y sus efectos en superficies adyacentes con movimientos que puedan ocasionar algún tipo de maquinado, al interponer entre las superficies una sustancia lubricante.
<b>Mantenimiento</b>	Acciones que se emprenden con el objetivo de mantener una máquina o un artículo en un estado en el cual pueda llevar a cabo una función requerida.
<b>Manufactura sincrónica</b>	Sistema de producción que busca trabajar en forma sincrónica para alcanzar los objetivos propuestos.
<b>Polímero</b>	Macromolécula formada por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeras. El almidón, la seda y el ADN son ejemplos de polímeros naturales.
<b>Poliol</b>	Es un tipo de alcohol que constituye una de las materias primas principales para la fabricación de poliuretano.
<b>Poliuretano</b>	Es un plástico obtenido por la reacción del poliol e isocianato en la presencia de catalizadores y aditivos.
<b>Polvo seco</b>	Es un agente extintor formado por fosfato mono amónico al 75 % y otros químicos como sales pulverizadas. Dependiendo de su composición, se usan para combatir fuegos de clase A, B y C.

<b>Rechazo</b>	Todo el producto o material que no cumple con las características que se requieren, por lo que es descartado.
<b>Residuos peligrosos</b>	Tipo de desecho considerado peligroso por tener propiedades intrínsecas que presentan riesgos en la salud.
<b>Ruta crítica</b>	Es un procesado administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todos y cada uno de los procesos productivos que deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.
<b>SCRAP</b>	Es todo el producto o materia prima rechazada dentro del proceso de producción. Material de desecho.
<b>Señal industrial</b>	Pictograma que cumple con ciertas características cuyo fin es llamar la atención sobre situaciones de riesgo o peligro de una forma rápida y fácilmente comprensible.
<b>Silicona</b>	Es una resina derivada de los compuestos orgánicos del silicio.
<b>Sincronía</b>	Coincidencia en el tiempo o simultaneidad en los procesos dentro del sistema productivo.

<b>Sistema</b>	Conjunto de objetos unidos entre sí con un fin común.
<b><i>Software</i></b>	Conjunto de programas y rutinas que permiten a una computadora realizar tareas.
<b><i>Throughput</i></b>	Es la rapidez en la que a través de las ventas, la empresa genera dinero. Facturación.
<b><i>Timers</i></b>	Dispositivo de uso industrial para una descarga de una cantidad de producto determinada a partir de un tiempo establecido.

## **RESUMEN**

Varios polímeros son utilizados en la producción de esponja, como el poliéster, poliéter y poliuretano. El poliuretano fue sintetizado y desarrollado en Alemania hace más de 30 años. Este material posee propiedades termoplásticas y termoestables.

El proceso de manufactura de las esponjas de poliuretano es complejo, aunque sus reacciones básicas son simples. El polímero básico (agua, poliol e isocianuro) debe ser mezclado con otros ingredientes para asegurar la producción de una esponja de buena calidad.

La esponja de poliuretano es utilizada ampliamente en la vida diaria, se encuentra en el relleno de hombros, muebles, colchones, almohadas, aisladores de sonido y tapizados. Como material de empaque es usado en máquinas y partes eléctricas. El aumento de la demanda de estos productos está influenciando el mejoramiento de su calidad.

Es bajo esta premisa que se realiza la propuesta de un sistema de control de la producción, en el área de espumado dentro de la empresa en estudio, que tiene como finalidad la mejora del proceso de producción y así asegurar el cumplimiento de las especificaciones deseadas del cliente.

Se inicia con los antecedentes generales, la situación actual del área de espumado, la propuesta del sistema de control de la producción, los procedimientos para lograr la implementación del sistema y el seguimiento y control que debe llevar el mismo.

Se establecen diferentes aspectos del proceso de elaboración de esponja de poliuretano, el organigrama del área de producción de esponja, asimismo se describen los diferentes procesos que se realizan dentro del sistema de producción, también se hace una reseña de la materia prima y se analizan las características del personal del área.

Evaluando y comparando se ha mostrado que esta industria, se ve afectada por el síndrome del final de mes, en la fabricación de esponja de poliuretano se utiliza el formato de producción en serie; este tipo de producción es susceptible al desconocimiento de un principio: que las variaciones aleatorias no se pueden recuperar si los sucesos son dependientes, esto hace que las empresas comiencen a precipitarse para cumplir con las metas al final del período de tiempo.

Por ello se debe crear una planificación de procesos productivos para evitar esas premuras que hacen que se caiga en un error, se debe recurrir a establecer la sincronía de todo el proceso, centrándose en las operaciones cuello de botella, abarcando las operaciones siguientes, para que el flujo de trabajo sea estable durante todo el proceso productivo.

Mediante de los seguimientos que hay que establecer, según indica la teoría de restricciones abarcando el plan de mejora continua, se deberán implementar controles en los puntos críticos del área, se recomiendan distintos formatos para realizar los controles del producto en proceso y producto terminado.

Por último y no menos importante, se tiene el control y manejo de los desechos resultantes del proceso de fabricación de esponja, así como medidas de seguridad que se deben implementar en el área de trabajo.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de control de producción en la manufactura de esponja de poliuretano, utilizada en la fabricación de muebles en la empresa DIVECO S. A.

### **Específicos**

1. Analizar el actual sistema de control de producción de esponja de poliuretano.
2. Diseñar y elaborar registros necesarios para establecer el control en las diferentes áreas de trabajo.
3. Optimizar la utilización de la materia prima para minimizar los desechos.
4. Proponer un sistema real y efectivo, que sea factible para la empresa.
5. Hacer más eficiente y productivo el proceso de producción de esponja de poliuretano.
6. Buscar la forma más adecuada para darle seguimiento y control al sistema propuesto.
7. Implementar un plan de manejo de desechos, para disminuir el riesgo de accidentes y al mismo tiempo el daño hacia el ambiente.





## INTRODUCCIÓN

La esponja de poliuretano es utilizada ampliamente en la vida diaria, por ejemplo en el relleno de hombros, maletas, bolsas de mano, equipaje, muebles, almohadas, aisladores de sonido y tapizados. Como material de empaque es usado en frutas, máquinas y partes eléctricas.

El proceso de producción de esponja de poliuretano es complejo, y en todo proceso complejo de fabricación industrial se toman en consideración elementos que son influyentes en la productividad, tanto por circunstancias del proceso, como pueden ser, los operarios, la maquinaria, herramientas, entre otros, como por circunstancias ajenas, tales como, proveedores de materia prima, energía, entre otros. En la actualidad el aumento de la demanda de estos productos está influenciando el mejoramiento de su calidad.

Es por ello que se hace imprescindible que los sistemas que controlan la producción sean altamente eficientes, ya que con un buen control de la producción se garantizan que todos los elementos antes mencionados se mantengan en una situación óptima y estable.

El presente trabajo de graduación se inicia con el estudio de los procesos actuales, realizando un análisis de la línea de producción, para identificar las mejoras en el actual sistema de control. Se sigue con la implementación de las mejoras y modificaciones convenientes que se deben realizar al actual sistema, para obtener un nuevo sistema más eficiente y productivo, que permitan alcanzar los objetivos.

Además se busca sentar las bases para la implementación de un sistema de producción más limpia, incorporando un plan de manejo de desechos, ya que es importante saber cómo recolectar y manejar los desechos tomando en cuenta que se trabaja con químicos altamente tóxicos. Se culmina con una serie de actividades y procedimientos para realizar el control del sistema buscando la mejora continua del mismo.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1. La empresa**

Se realiza la descripción de la empresa, haciendo una revisión de los antecedentes históricos de la misma, aspectos de la organización y su forma de gestión, además de los productos y servicios que esta brinda.

#### **1.1.1. Historia**

La empresa en estudio, inicia sus operaciones en 1974 como fábrica de esponja, produciendo masivamente planchas de esponja de distintas densidades y tamaños.

En 1976 invirtió en maquinaria para la fabricación de camas, lo que permite la iniciación en el mercado nacional de este producto, innovando constantemente con tecnología de punta y en sistemas de descanso. Es así como llega a ser la empresa más grande en la fabricación de camas en Centro América, atendiendo cadenas de tiendas de alto prestigio.

Con el crecimiento de la fabricación de camas, se amplían las operaciones y también se fabrican muebles como cunas, dormitorios, salas, comedores, entre otros. Esto tuvo lugar entre 1977 a 1989, cuando se decidió solamente en la manufactura de camas y la comercialización de esponja.

En la década de los noventa, con la inquietud de ofrecer una cama realmente ortopédica esta empresa adquirió la franquicia de una empresa

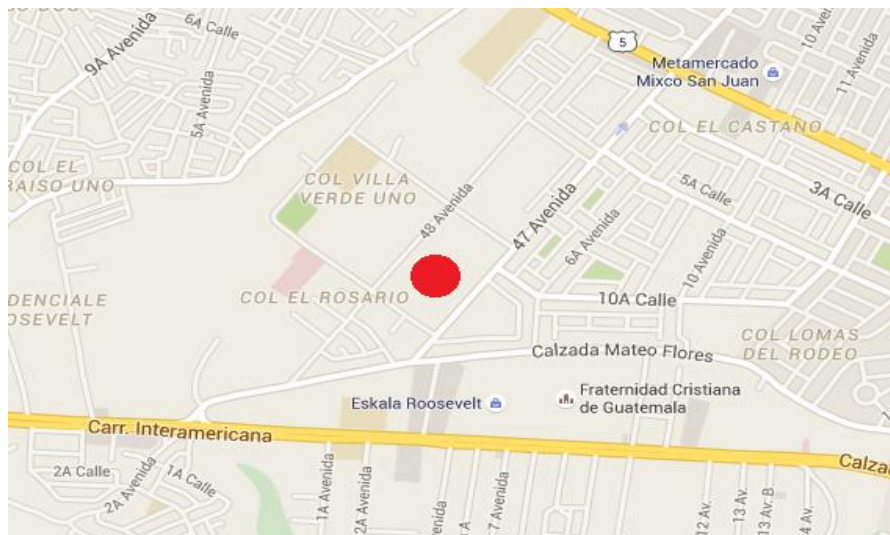
estadounidense. Durante los últimos veinte años la empresa ha consolidado sus operaciones en Honduras y Costa Rica, con fábricas, que al igual que en Guatemala, están equipadas con la más alta tecnología.

Hoy en día la empresa en estudio, es la fábrica de sistemas de descanso más grande de Centro América y a través de sus 30 años de experiencia, ha ido implementando tecnología de punta e innovando en sistemas de descanso para brindar un producto de alta calidad, con un servicio efectivo y garantizado.

### 1.1.2. Ubicación

La empresa se encuentra ubicada en la zona industrial del municipio de Mixco del departamento de Guatemala, cuenta con acceso tanto por la calzada Roosevelt y calzada San Juan, como por la calzada Mateo Flores.

Figura 1. **Mapa de la ubicación de la empresa en estudio**



Fuente: Google Maps. <https://www.google.es/maps/@14.6376705,-90.5841959,17z>.

Consulta: 14 de diciembre de 2014.

### 1.1.3. Misión

La redacción de la misión determina y detalla lo que es esencial, la razón de ser o actividad particular de la organización, los fines últimos e intermedios para los cuales fue creada y otorgan sentido y valor a su existencia de actividad. Es por eso que normalmente la misión incluye los siguientes elementos:

- Identidad: ¿Quién se es? Al no conocer de manera profunda las capacidades ocultas y talentos ocultos de los elementos del grupo de trabajo, no se va a poder explotarlos y utilizarlos en beneficio de los demás.
- Actividad: ¿A qué se dedica? La falta de conocimiento de lo que realmente se está realizando dentro de la empresa, del alcance del producto que se está produciendo.
- Finalidad u objetivos: ¿Para quién se hace? Es muy importante definir quiénes son los clientes en realidad dado que, si se define qué es la calidad, la mayoría de los autores y filósofos coinciden en “Satisfacer los requerimientos un grupo de clientes”. Entonces, si en realidad no se conoce quiénes son, nunca se sabrá qué requerimientos están exigiendo; es por eso que es de vital importancia definirlos en la misión.

La misión, proporciona una definición del área de actividad dentro de la cual deben ubicarse los negocios presentes y futuros. Cumpliendo con lo anterior, la empresa en estudio ha definido su misión de la siguiente manera:

“Mejoramos la calidad de vida de nuestros clientes a través de sistemas de descanso que brindan confort, confiabilidad, durabilidad y calidad superior comprobados; soportado por un equipo de trabajo comprometido en proporcionar un servicio de excelencia, que satisfaga las necesidades, expectativas y que consolide relaciones comerciales a largo plazo”<sup>1</sup>.

#### **1.1.4. Visión**

Consiste en una descripción positiva y breve de lo que la organización desea y cree que pueda alcanzar para cumplir de manera exitosa con su misión en un periodo definido.

Las características de la visión deben ser:

- Medible: debe ser posible medir o verificar el éxito logrado.
- Atractiva: debe reflejar las aspiraciones y expectativas de directivos, empleados, clientes y otros que tengan interacción con la organización.
- Posible: hay que incluir objetivos realistas y alcanzables, aun cuando impliquen un reto.
- Estratégica: debe incluir los asuntos decisivos para cumplir con éxito la misión.
- Entendible: debe de tener claridad y precisión, por ejemplo realizarla con un lenguaje sencillo para ser identificada no solamente por el personal, sino también por los clientes.
- Inspiradora: que estimule y provoque un efecto positivo en las personas, para ayudar así al enrolamiento de ella.
- Tiempo: debe tener establecido el tiempo en años, por lo regular los autores coinciden en de 3 a 5 años, por lo cual al cumplir ese período de tiempo no debe pasar el ajustar o el cambiar los objetivos a alcanzar.

La visión no es una frase bonita que no significa nada, por lo contrario debe ser una frase inspiradora y ante todo orientadora, de lo que se quiere y piensa hacer en el futuro, para responder con eficacia y calidad a las expectativas de sus usuarios e interesados y demandas de sus miembros.

Cumpliendo con lo anterior, la empresa en estudio ha definido su misión de la siguiente manera:

“Ser en la región de Centro América y el sur-este de México el proveedor líder en productos y servicios de calidad para dormir y descansar bien, a través de:

- Creatividad
- Innovación
- Tecnología
- Administración estratégica de recursos”<sup>2</sup>.

#### **1.1.5. Valores**

Son los principios básicos que se deben observar en el actuar dentro de la organización para el logro de la misión. Existen muchas formas de actuar para alcanzar los objetivos y algunas de ellas podrán infringir leyes, reglas básicas de convivencia humana y otras normas que las sociedades han establecido para lograr una convivencia pacífica, así como son también los valores por los cuales se identifica a la organización desde afuera tales como la puntualidad, el compromiso, el respeto, la responsabilidad con el medio ambiente, entre otros.

Para el establecimiento de los valores se debe tener en cuenta:

- Competitividad: analice que valores se reflejan en la competitividad de la empresa, por ejemplo si se habla de una empresa de paquetería o de entregas a domicilio en la cual los clientes buscan la puntualidad, ese valor tiene que ser transmitido a los empleados para que se vea reflejado en el servicio.

- Convivencia: hay valores que tienen que regir a la organización para asegurar la sana interacción entre ellos, por ejemplo el respeto de creencia, religiosa o afinidad sexual que puede poner en riesgo la productividad e imagen de la empresa.

Los valores que la empresa en estudio practica y predica son:

- Trabajo en equipo
- Excelencia
- Lealtad
- Trabajo arduo
- Integridad
- Respeto a la dignidad humana
- Responsabilidad social

#### **1.1.6. Estructura organizacional**

La empresa cuenta con una estructura organizacional basada en la departamentalización por funciones, su autoridad es lineal partiendo de los mandos de alta dirección degradándose a medida que se desciende en la estructura a niveles de conocimientos más operativos y prácticos. Se maneja la autoridad organizacional de forma descentralizada. Cuenta con dos divisiones estratégicas, las cuales son:

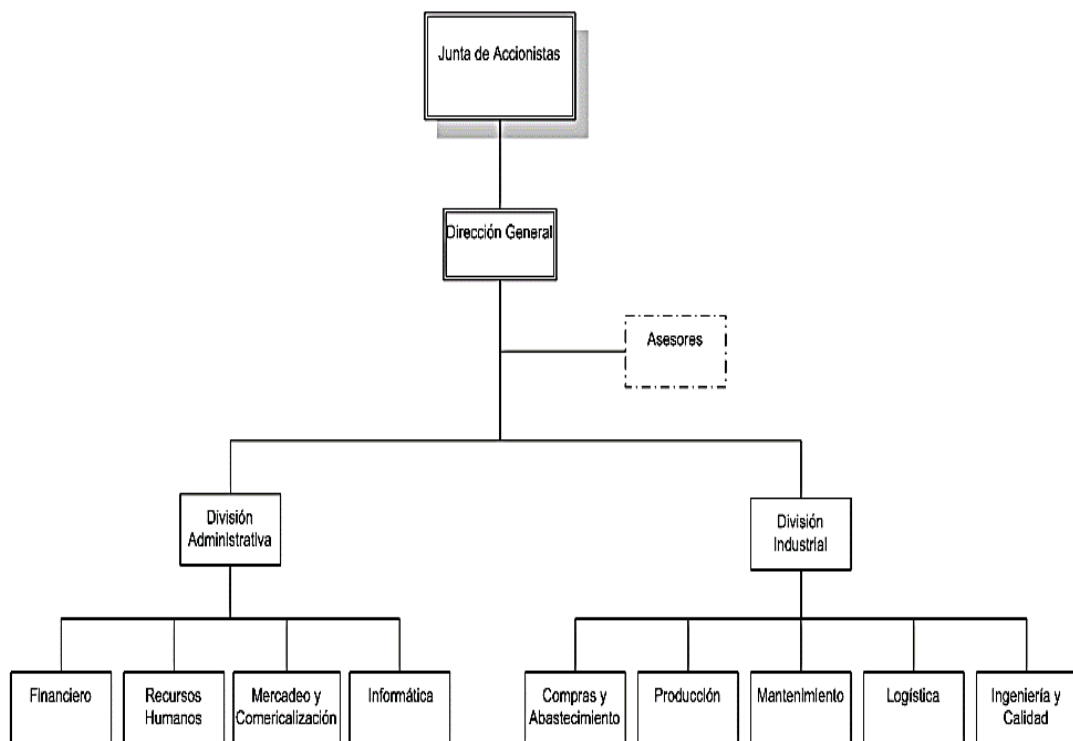
- Administrativa: formada por recursos humanos, mercadeo y comercialización, financiero e informática.
- Industrial: integrada por compras y abastecimiento, producción, mantenimiento, logística, ingeniería y calidad.



### 1.1.7. Organigrama general

La estructura de la empresa en su totalidad y las relaciones que existen dentro de esta, se describe en la siguiente figura:

Figura 2. Organigrama general

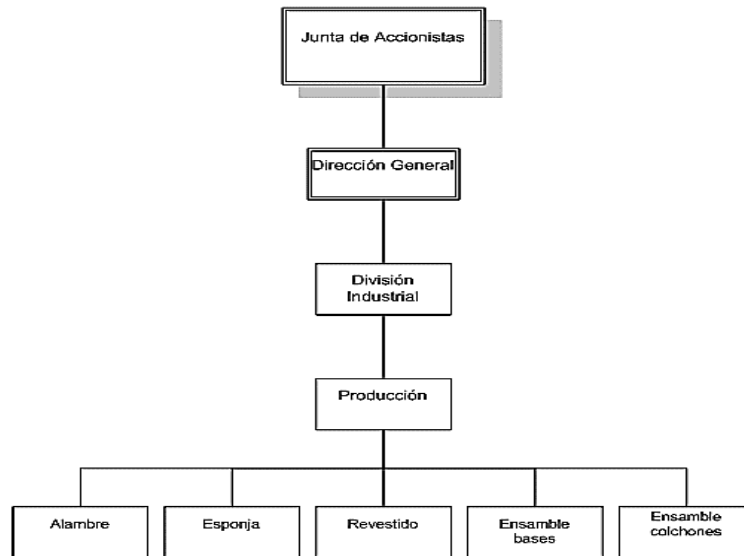


Fuente: FACASA. *Manual de procedimientos administrativos*. p. 21.

### 1.1.8. Organigrama del área de Producción

En la siguiente figura se describe cómo se organiza el área de Producción.

Figura 3. **Organigrama del área de Producción**



Fuente: elaboración propia.

## 1.2. **Esponja de poliuretano**

Es un material sintético, se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar: el isocianato y el polioli.

### 1.2.1. **Definición**

Material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, conocido también por los nombres de goma espuma o goma pluma. Se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos, un polioli y un isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que va formando las burbujas.

### **1.2.2. Historia**

En la década de los 30, Otto Bayer, quien dirigía en ese entonces el Departamento de Investigación de Bayer AG (no existe relación alguna entre Otto Bayer y el fundador de Bayer AG), quería encontrar una fibra sintética similar a la poliamida que había sido descubierta en Estados Unidos. Otto Bayer consideró como grupo reactivo apropiado el isocianato, que tiene la facultad de entrar en reacción con alcoholes para dar lugar a la formación de uretanos.

Durante mucho tiempo se comentó que todo esto que hacía Otto Bayer era "bueno" aunque también era un capricho académico y que no tendría ninguna utilidad práctica. En 1941, a raíz de un experimento fracasado, en el que mediante la adición de pequeñas cantidades de agua se provocó la formación de la esponja (espuma). El hecho de que Bayer y su equipo dieran al fin con la esponja de poliuretano fue debido más a la casualidad y a una serie de ensayos bastante fallidos.

Otto Bayer y su equipo sacaron partido de su fracaso inicial. Al buscar las causas del revés se descubrió que la disociación del dióxido carbónico daba lugar a la formación no deseada de burbujas en la masa. Agregándole a la masa porciones de agua dosificadas con exactitud era posible provocar de forma controlada la formación de burbujas definidas en la sustancia base, siendo este el origen de la esponja de poliuretano. Pero, entre tanto, había comenzado la II Guerra Mundial. Evidentemente el momento no era oportuno para hablar de esponjas. Ni siquiera de la esponja de poliuretano. Hasta que el producto estuvo listo para lanzarlo al mercado tuvieron que transcurrir otros diez años.

La producción de poliuretano a escala industrial no se inició hasta en 1952. Entonces salían de la fábrica de Bayer en Leverkusen unas 100 toneladas de

materias primas de poliuretano al año. Desde entonces, ha evolucionado de tal forma que, hoy en día, el poliuretano forma parte de nuestro modo de vida: muchos colchones son de poliuretano, en asientos de sofás y sillas, rellenos de acolchados, en la construcción como aislantes térmicos, en autopartes como elemento principal de asientos y rellenos de paneles.

Existen multitud de piezas hechas con poliuretano: las suelas del calzado sobretudo deportivo, muchos muebles se fabrican con sistemas de poliuretano, ayudando así a la conservación de nuestros bosques; en ingeniería médica se utilizan poliuretanos para la fabricación de piezas que se usarán en trasplantes y ortopedias; también en la ingeniería aeroespacial y, por supuesto, en la construcción, la industria del frío (en tuberías, cámaras frigoríficas, neveras y criogenia) y en otros muchos sectores.

### **1.2.3. Tipos de esponja**

La fabricación de esponja de poliuretano se puede llevar a cabo de forma continua para producir laminados continuos o en bloques, o de manera discontinua, para producir artículos moldeados o bloques de subida libre.

En términos cuantitativos hay tres tipos de esponja principales:

- Flexibles de baja densidad.
- Rígidas de baja densidad.
- Flexible de alta densidad, conocido comúnmente como elastómeros microcelulares y espumas de piel integral.

#### **1.2.3.1. Esponjas de poliuretano flexibles de baja densidad**

Tienen densidades en el rango de 10 a 80 kg/m<sup>3</sup>, hechas de polímero ligeramente reticulado con estructura de celda abierta. No hay barreras entre las células adyacentes, lo que resulta en una trayectoria continua en la espuma de poliuretano, permitiendo que el aire fluya a través de la espuma. Estos materiales se utilizan principalmente como material de acolchado flexible y resistente para proporcionar un alto nivel de comodidad para el usuario. Se producen como forma de plancha, que luego se corta a medida, o como cojines moldeados individualmente o almohadillas.

También hay variantes semirrígidas de este material, donde ha sido modificada la química de los bloques de construcción. Estos últimos se utilizan principalmente en los sistemas de gestión de energía tales como almohadillas de protección en los automóviles.

Figura 4. **Vista microscópica de una esponja flexible de baja densidad**



Fuente: HYDROENV. [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/images/00\\_Redaccion/sustratos/32\\_tipos\\_de\\_sustratos/espuma\\_poliuretano.jpg](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/images/00_Redaccion/sustratos/32_tipos_de_sustratos/espuma_poliuretano.jpg). Consulta: 14 de diciembre de 2014.

#### **1.2.3.2. Esponjas de poliuretano rígidas de baja densidad**

Son polímeros con una estructura de celdas esencialmente cerradas y un intervalo de densidad de 28 a 50 kg/m<sup>3</sup>. Las células individuales de la esponja están aisladas unas de otras por paredes delgadas de polímero, que detienen de forma efectiva el flujo de gas a través de la esponja de poliuretano. Estos materiales ofrecen una buena resistencia estructural en relación con su peso, en combinación con excelentes propiedades de aislamiento térmico.

Las células por lo general contienen una mezcla de gases y en función de su naturaleza y las proporciones relativas de las esponjas ofrecen diferentes conductividades térmicas.

Con el fin de mantener a largo plazo el rendimiento, es necesario que los gases de baja conductividad térmica permanezcan en las células, por consiguiente, más del 90 por ciento de las células necesitan ser cerradas.

Recientemente se han desarrollado esponjas rígidas de celdas completamente abiertas desarrollados específicamente para aplicaciones de paneles de vacío.

Figura 5. **Esponja rígida empleada como aislante térmico**



Fuente: *Energías-renovables*. [http://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/fotos/panorama/ampliada/e/espuma\\_poliuretano.jpg](http://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/fotos/panorama/ampliada/e/espuma_poliuretano.jpg).

Consulta: 14 de diciembre de 2014.

#### **1.2.3.3. Esponjas de poliuretano rígidas de alta densidad**

Se definen como aquellas que tienen densidades por encima de  $100 \text{ kg/m}^3$ . Dentro de las esponjas rígidas de alta densidad están los sistemas con piel integral y los elastómeros microcelulares.

Los sistemas de esponja de poliuretano con piel integral se utilizan para hacer piezas moldeadas que tienen un núcleo celular y una piel decorativa relativamente densa. Hay dos tipos: aquellos con un núcleo de célula abierta y una densidad total de hasta aproximadamente  $450 \text{ kg/m}^3$  y aquellos con una célula principalmente cerrada o núcleo microcelular, con una densidad total superior a  $500 \text{ kg/m}^3$ .

Los elastómeros microcelulares tienen una densidad mucho más uniforme de entre 400 y 800 kg/m<sup>3</sup>. Las principales aplicaciones de piel integral y elastómeros microcelulares se encuentran en partes moldeadas para tapicería de asientos de vehículos y suelas de zapatos.

Figura 6. **Pieza moldeada de espuma piel integral**



Fuente: PPDGROUP. <http://www.ppdgroup.com/wp-content/uploads/2013/05/ppd-67482.jpg>. Consulta: 14 de diciembre de 2014.

#### **1.2.4. Características y usos**

La esponja de poliuretano es un material muy versátil, ya que según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados, se pueden conseguir características muy distintas y esponjas destinadas a usos muy diferentes. Desde los bien conocidos bloques de esponja elástica para colchones hasta esponjas casi rígidas para juguetería, automoción o calzados.

Para comparar las distintas esponjas se suele utilizar mucho la densidad, pero sirve como elemento comparativo cuando se refiere a esponjas con la misma composición, ya que distintas fórmulas dan características diferentes. En unas esponjas se busca la mayor duración posible, en otras el precio más

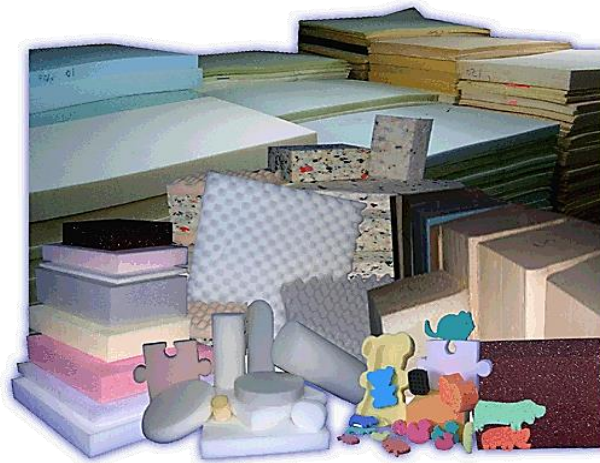


económico, la transpirabilidad, la capacidad aislante, la facilidad de perfilar o dar forma, la ligereza, entre otros.

La esponja de poliuretano tiene múltiples usos en el mundo actual. Algunos de ellos son:

- Colchones, como relleno principal o como integrante de los acolchados.
- Muebles, en asientos de sofás y sillas, relleno de acolchados, entre otros.
- Construcción, como aislante térmico o como relleno.
- Automoción, como elemento principal de salpicaderos, asientos, entre otros.
- Muchos artículos más como juguetes, prendas de vestir, esponjas, calzados, almohadas, cojines, envases y en general todo tipo de acolchados o rellenos.

Figura 7. Ejemplos del uso de la esponja de poliuretano



Fuente: *Espumas de México*. [http://www.espumasdemexico.com.mx/images/productos\\_2.gif](http://www.espumasdemexico.com.mx/images/productos_2.gif).

Consulta: 17 de diciembre de 2014.

### **1.3. Control de la producción**

Se refiere a la cantidad de fabricación de artículos y supervisión realizada como se planeó; esto quiere decir que el control se refiere a la verificación del cumplimiento de lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenidos.

Es hacer que el plan de materiales que llega a la fábrica pase por ella y salga de ella regulándose de manera que alcance la posición óptima en el mercado y dejando utilidad razonable para la empresa.

El control de la producción tiene que establecer medios para una continua evaluación de ciertos factores: la demanda del cliente, la situación de capital, la capacidad productiva, entre otros. Esta evaluación deberá tomar en cuenta no solo el estado actual de estos factores, sino que deberá también proyectarlo hacia el futuro.

Se puede definir el control de producción, como la toma de decisiones y las acciones realizadas que son necesarias para corregir el desarrollo de un proceso productivo, de modo que se apegue a la planificación trazada.

Una definición más amplia, según el *Diccionario de términos para el control de la producción y el inventario*, es: "Función de dirigir o regular el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de instrucciones a los subordinados, según el plan que se utiliza en las instalaciones del modo más económico".

Para lograr el objetivo, la Gerencia debe estar al tanto del desarrollo de los trabajos a realizar, el tiempo y la cantidad producida; así como modificar los planes establecidos, respondiendo a situaciones cambiantes.

Preguntas básicas para el control de la producción:

- ¿Qué es lo que se va a hacer?
- ¿Quién está encargado de hacerlo?
- ¿Cómo?, ¿dónde?, y ¿cuándo se va a cumplir?
- ¿Quién es el responsable si algo falla?

El control es algo más que planeación: “Control”, es la aplicación de varias formas y medios, para asegurar la ejecución del programa de producción deseado.

### **1.3.1. Función**

Entre las funciones del control de la producción, se pueden mencionar:

- Pronosticar la demanda del producto, indicando la cantidad en función del tiempo.
- Comprobar la demanda real, compararla con la planificación y corregir los planes si fuere necesario.
- Determinar las necesidades de producción y los niveles de existencias en determinados puntos de la dimensión del tiempo.
- Comprobar los niveles de existencias, comparándolas con los que se han previsto y revisar los planes de producción si fuere necesario.
- Elaborar programas detallados de producción.
- Planificar la distribución de productos y tomar un plan de acciones.

### **1.3.2. Elementos**

Los sistemas de control de la producción están formados por un conjunto de elementos de producción, que participan en el proceso de modificar la entrada de materia prima y la salida de producto terminado, mediante la ayuda de técnicas y procedimientos matemáticos, gráficos, estadísticos, entre otros, para solventar cualquier problema que se presente durante el proceso productivo, y maximizar el valor del producto.

Es importante considerar las siguientes acciones:

- Determinar cuándo y qué se debe ejecutar en la producción.
- Se calcula la fecha de comienzo y de finalización de cada actividad en el proceso de fabricación, de tal manera que se pueda cumplir con la fecha de entrega planificada.
- Asignación de trabajo a la maquinaria disponible y a cada operario, además de un tiempo para cada actividad en el proceso.
- Contar con un plan B, en el caso que algún elemento del sistema productivo fallase, contemplando varios escenarios desde la falta de materia prima hasta fallas en maquinaria, con el fin de tomar acciones que minimicen el impacto en la empresa.

### **1.3.3. Planeación**

Es la actividad de decidir acerca de los medios que la empresa industrial necesitará para sus futuras operaciones manufactureras y para distribuir esos medios de modo que se fabrique el producto deseado en las cantidades propuestas, al menor costo posible.

En concreto, tiene por finalidad garantizar que se logre:

- Disponer de materias primas y demás elementos de fabricación, en el momento oportuno y en el lugar requerido.
- Reducir en lo posible, los períodos muertos de la maquinaria y de los obreros.
- Asegurar que los obreros no trabajen en exceso, ni que estén inactivos.

La planeación de la producción es esencialmente la función de determinar los límites y niveles que deben mantener las operaciones de la industria en el futuro.

Un plan de producción adecuado, es una proyección del nivel de fabricación requerido para una provisión de producción específica, pero no constituye un compromiso que obligue a que los artículos individuales, sean elaborados dentro del plan mencionado.

El plan de producción, se crea en el marco dentro del cual, funcionarán las técnicas de control de inventario y fijará el monto y frecuencia de entregas de los pedidos que deben hacerse para alimentar la planta, básicamente permite cotejar con regularidad la adecuación del inventario contra los niveles predeterminados; permitiendo así, tomar las decisiones a tiempo para una acción correctiva, si dichos niveles son demasiado altos o demasiado bajos.

#### **1.3.4. Evolución**

El proceso de control, en los años recientes, ha venido desarrollándose conceptual, teórica y matemáticamente con la participación de ingenieros y científicos. No todos estos desarrollos se pueden transferir directamente a la

parte administrativa debido a la complejidad particular de las empresas, ya que se dan condiciones que son distintas a las propias de los sistemas teóricos estudiados por los científicos. Sin embargo, los conceptos básicos de la teoría de control proveen indirectamente, a los directores de operaciones los conocimientos valiosos para analizar, entender y controlar los sistemas que ellos tienen bajo su cargo. Es por ello que los directores de producción deben familiarizarse con los elementos, tipos y características de los sistemas de control.

El control de la producción y la calidad van de la mano en relación sus orígenes evolutivos la cual comienza con Frederick Winslow Taylor, un ingeniero y economista norteamericano, Taylor creía que la administración de las operaciones debería ser enfocada como una ciencia. En esa época no existían normas de trabajo eficaces y los trabajadores laboraban a un ritmo deliberadamente lento. Las decisiones administrativas se tomaban “sobre la marcha”, basándose en la intuición. Los trabajadores eran colocados en los puestos con poco o ningún cuidado de acoplar sus habilidades y aptitudes con las tareas que se les exigiría realizar.

La finalidad de Taylor era maximizar la eficiencia de la mano de obra, de las máquinas y herramientas, mediante la división sistemática de las tareas (que implicaba la descomposición del proceso de producción en el menor número de tareas posibles), la organización racional del trabajo en sus secuencias y procesos, y el cronometraje de las operaciones, más un sistema de motivación mediante el pago de primas al rendimiento, suprimiendo toda improvisación en la actividad industrial.

Basado en sus estudios, Taylor concibe las bases teóricas de la cadena de montaje, una forma de organización de la producción que delega a cada

trabajador una función específica. Consiste en una cinta transportadora continua por la que circulan los productos en fase de fabricación, y donde cada obrero se dedicaría a una etapa específica de la producción. Aunque la idea teórica nace con Taylor, esta no se vuelve realidad, hasta años después, cuando es aplicada con gran éxito por Henry Ford, para la fabricación de automóviles.

Cada operación quedaba dividida en una sucesión de tareas mecánicas y repetitivas, ya que se simplificaban tareas complejas en varias operaciones simples que podía realizar cualquier obrero sin necesidad de mano de obra calificada, con lo que dejaban de tener valor las cualificaciones técnicas o artesanales de los obreros, y la industria naciente podía aprovechar mejor la mano de obra sin cualificación.

En la producción en serie la máquina pasa a ser protagonista principal del proceso productivo, desplazando al obrero. Este aspecto marca una diferencia fundamental entre la producción artesanal, donde el obrero desempeña un papel activo y creador en el trabajo, y la producción en serie donde eso pasa a ser una pieza más del enorme complejo industrial.

Con la puesta en marcha de un método de montaje en cadena, se vio posibilitada la fabricación de un automóvil a bajo precio y para un mercado amplio. El éxito fue rotundo con este innovador método, que permitía optimizar tiempo y recursos. El tiempo total de producción del automóvil se redujo considerablemente, pudiéndose fabricar muchos autos en poco tiempo.

La producción en serie creó las condiciones para el desarrollo del consumo en masa, pero para que este sistema proporcionara resultados satisfactorios debían cumplirse ciertas condiciones, la principal era que se mantuvieran elevados niveles de demanda, que permitieran dar salida a los crecientes stocks.

Es decir, la producción en masa requería de un consumo en masa, por lo tanto una pregunta lógica surgió ¿quiénes serían los consumidores en masa?, a la cual Ford respondió: los asalariados. Entonces, para que la producción tuviese salida en los mercados era necesario el aumento simultáneo del poder adquisitivo de los asalariados.

Con el aumento del poder adquisitivo de los consumidores, se vino la diversificación de la demanda de productos, diversificación que causó la saturación de los mercados para productos estandarizados, y es en la década de 1960 que el sistema implementado por Henry Ford llegó a sus límites, debido a la inflexibilidad del mismo.

Fue así que se rediseñaron los sistemas de producción, dando paso al aumento en la variedad de la oferta en cada segmento de mercado, mejorar la calidad e introducir continuamente nuevos productos en el mercado, de modo que se indujera el desarrollo de una adecuada demanda de sustitución que garantizara la posibilidad de mantener elevados los niveles productivos.

#### **1.4. Diseño de un sistema**

Un sistema se puede definir como el conjunto de objetos unidos entre sí con un fin común. Diseñar un sistema, según James H. Greene (1976), es: “idear y planear mentalmente una unidad compleja de muchas partes diversas, para ejercer una influencia moderadora o directora en la fabricación de mercancías”.

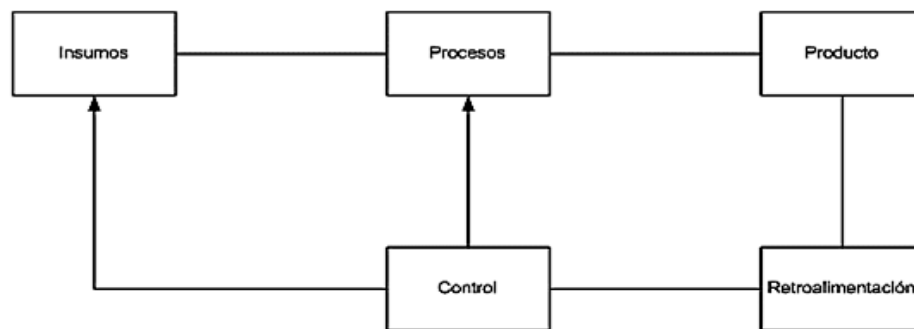
Las decisiones relativas al diseño del sistema de producción deben estar orientadas a establecer el marco de referencia dentro del cual se desarrollan las operaciones de la compañía.



## 1.5. Sistemas de producción

Un sistema de producción es un conjunto de objetos y/o seres vivientes que se relacionan entre sí para procesar insumos y convertirlos en el producto definido por el objetivo del sistema. Su función básica es planear una unidad compleja en muchas partes simples, para mantener la línea de producción que funcione de una manera eficaz, con una regencia moderadora para la fabricación.

Figura 8. **Sistema de producción simplificado**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

Un sistema de producción consiste de:

- Un conjunto de facilidades para la definición de reglas.
- Mecanismos para acceder a una o más bases de conocimientos y datos.
- Una estrategia de control que especifica el orden en el que las reglas son procesadas, y la forma de resolver los conflictos que pueden aparecer cuando varias reglas coinciden simultáneamente.
- Un mecanismo que se encarga de ir aplicando las reglas.

## 1.6. Los sistemas productivos y sus características

La clasificación y caracterización de un sistema productivo adquiere una gran importancia cuando define las técnicas y métodos a emplear en la gestión de la producción.

Según los criterios de diversos autores, existen distintos tipos de sistemas productivos o de producción, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla I. Tipos de sistemas de producción de bienes

Criterio	Tipo de sistema	Autores
Tipo de flujo de proceso y material Tipos para la manufactura Volumen de producción	Línea Intermitente Por proyecto	Schroeder (1992) Díaz (1993) Ottina (1988) Velázquez (1995)
Tipo de pedido del cliente Relación con el cliente	Por pedido Para inventario	Schroeder (1992) Dilworth (1989)
Tipos de producción	En masa En línea Por lotes	Maynard (1994)
Tiempo de utilización del equipo productivo Tipo de proceso	Intermitente o discreto Continuo	Voris (1970) Alford (1972) Arjona Siria (1979) Dilworth (1989)
Número de plantas productivas	Monoplasmas Multiplantas	Arjona Siria (1979)
Respuesta a la demanda	Para existencia según pedido Montaje según pedido	Ottina (1988)
Modo de fabricación de los productos	Por partes Por proceso	Voris (1970) Ottina (1988)
Condiciones de venta	A medida Sobre catálogo Contra pedido Contra stocks	Ochoa Laburu (s.a.)
Repetitividad de la producción	Producción no repetitiva Productos repetitivos o con demanda repetitiva	Ochoa Laburu (s.a.)

Fuente: ARIAS DUVERGE, Clarivel. *Organización de los sistemas productivos*. p. 5.

## 1.7. Clasificaciones del sistema productivo

De la anterior tabla se puede realizar la clasificación de los distintos tipos de producción, basándose en los siguientes criterios:

### 1.7.1. Por su proceso

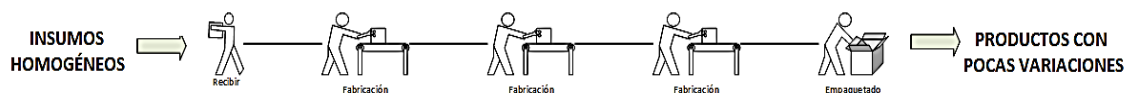
Es aquel que por medio de un proceso común elaboran todos los productos. Los sistemas productivos en base a su proceso se clasifican en:

#### 1.7.1.1. Sistemas continuos

Los sistemas productivos de flujo continuo son aquellos en los que las instalaciones se uniforman en cuanto a las rutas y los flujos en virtud de que los insumos son homogéneos, en consecuencia, puede adoptarse un conjunto homogéneo de procesos y de secuencia de procesos. Cuando la demanda se refiere a un volumen grande de un producto estandarizado, las líneas de producción están diseñadas para producir artículos en masa.

La producción en masa de artículos estándar es característica de estos sistemas.

Figura 9. Sistema de fabricación continuo



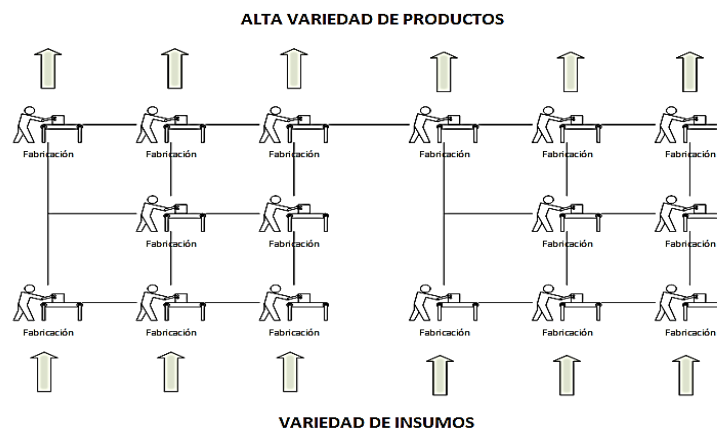
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 1.7.1.2. Sistemas intermitentes

La producción intermitente es aquella en la cual las instalaciones de la fábrica son suficientemente flexibles como para manejar una gran variedad de productos y tamaños. Las instalaciones de transporte entre las operaciones deben ser también flexibles para acomodarse a una gran variedad de características de los insumos y a la gran diversidad de rutas que pueden requerir estos.

La producción intermitente será inevitable, cuando la demanda de un producto no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de la fabricación continua. En este tipo de sistema, la empresa generalmente fabrica una gran variedad de productos, para la mayoría de ellos, los volúmenes de venta y consecuentemente los lotes de fabricación son pequeños en relación con la producción total. El costo total de mano de obra especializado es relativamente alto; en consecuencia los costos de producción son más altos a los de un sistema continuo.

Figura 10. Sistema de fabricación intermitente

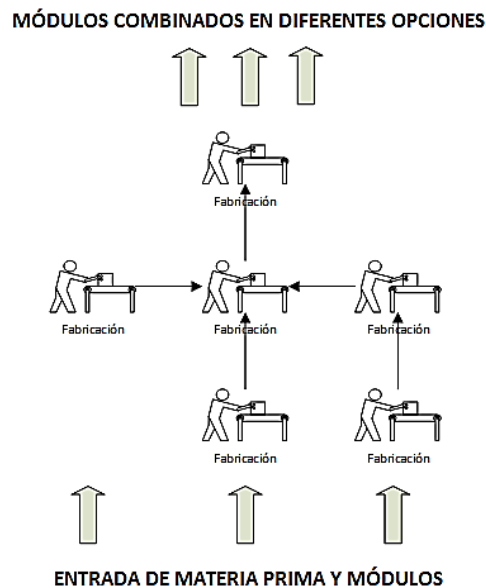


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 1.7.1.3. Sistemas modulares

El sistema de producción modular es aquel que permite contar con una gran variedad de productos relativamente altos y al mismo tiempo con una baja variedad de componentes. La idea básica consiste en desarrollar una serie de componentes básicos de los productos (módulos) los cuales pueden ensamblarse de tal forma que pueda producirse un gran número de productos distintos (ejemplo bolígrafos).

Figura 11. Sistema de fabricación modular



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 1.7.1.4. Sistemas por proyectos

El sistema de producción por proyectos se da a través de una serie de fases; en este tipo de sistemas no existe flujo de producto, pero si existe una secuencia

de operaciones, todas las tareas u operaciones individuales se realizan en una secuencia tal, que contribuya a los objetivos finales del proyecto.

Los proyectos se caracterizan por el alto costo y por la dificultad que representa la planeación y control administrativo.

### **1.7.2. Por su finalidad**

Cada lote de productos diferentes sigue un proceso especial. Los sistemas productivos en base a su finalidad se clasifican en:

#### **1.7.2.1. Primarios**

Están sujetos a factores incontrolables (agrícola y de extracción), pueden operar como sistemas continuos o intermitentes, dependiendo de la demanda en el mercado.

#### **1.7.2.2. Secundarios**

Son los de transformación y artesanal (industria del vidrio, del acero, petroquímica, automotriz, papelera, la de alimentos, entre otros). Estos sistemas funcionan como continuos e intermitentes dependiendo de las necesidades y de la demanda del mercado. La característica de la industria de la transformación es una gran división del trabajo aplicado a la producción en masa.

#### **1.7.2.3. Terciarios**

Engloban todo el sistema productivo o de servicios. La producción terciaria es la producción de servicios; esto implica que toda la producción terciaria no

produce cosa física, sino que produce servicios que ayudan en la venta o uso de los productos manufacturados en sí.

## **1.8. Descripción del producto**

Se definen las características del producto, la materia prima, los aspectos del diseño de los productos, sus especificaciones y el tipo de producción que se emplea para su materialización.

### **1.8.1. Características físicas del producto**

Las características físicas del producto son todas aquellas propiedades tangibles que hacen reconocible e identificable que el comprador puede aceptar para satisfacer sus necesidades.

El comprador advierte tres características en un producto:

- Las características tangibles como el color, el peso o el tamaño
- Las psicológicas, es el uso o disfrute que se le da a un producto
- Las que proporcionan la utilidad prevista

Basta con cambiar una característica de un producto para que pueda ser presumido como un nuevo producto.

### **1.8.2. Materias primas**

Se conocen como materias primas a los materiales extraídos de la naturaleza o que se obtienen de ella y que se transforman para elaborar bienes de consumo.

Se clasifican, según su origen, en: vegetales, animales y minerales. Ejemplos de materias primas son la madera, el hierro y el granito.

Las materias primas que ya han sido manufacturadas pero todavía no constituyen definitivamente un bien de consumo se denominan productos semielaborados, productos semiacabados o productos en proceso.

### **1.8.3.      Diseño de los productos**

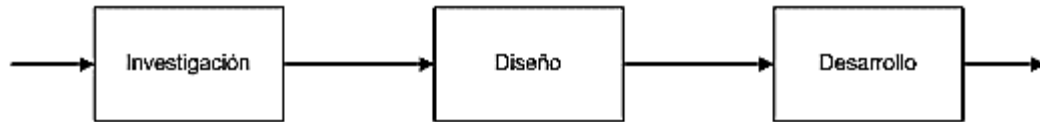
Una manera de aumentar la singularidad del producto es mediante el proceso de diseño. Los productos bien diseñados captan atención y provocan mayores ventas. El diseño no es superficial, sino que llega al núcleo del mismo producto. Un buen diseño contribuye a la utilidad de un producto tanto como a su aspecto, y en él están considerados: la apariencia, su facilidad de uso, su seguridad y que sean baratos de usar y reparar. También, deben ser sencillos y económicos de producir y distribuir. Un buen diseño puede captar la atención, mejorar el funcionamiento de un producto, disminuir sus costos de producción, y otorgarse gran ventaja dentro del mercado meta.

El proceso básico del diseño de un producto es:

- La investigación es el proceso que lleva al descubrimiento de técnicas, ideas o sistemas novedosos.
- El diseño es la transformación de los requerimientos en una forma adecuada para la fabricación o utilización. Tiene un carácter creativo.
- El desarrollo, es el mejoramiento de las técnicas, ideas o sistemas existentes.



Figura 12. **Proceso básico del diseño de un producto**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

#### **1.8.4. Especificaciones de los productos**

Son todas las características, los materiales y los servicios necesarios para producir componentes destinados a la obtención de productos. Estos incluyen requerimientos para la conservación de dichos productos; su empaquetamiento, almacenaje y marcado así como los procedimientos para determinar su obtención exitosa y medir su calidad, están basados en las necesidades de los clientes, desarrollando valores y unidades para cada necesidad identificada. Una vez desarrollados valores y unidades, se realiza un estudio en el que se comparan las especificaciones.

#### **1.8.5. Tipo de producción**

Se establece con base en los pronósticos de ventas que tiene la empresa, si es producción continua, intermitente o una mezcla de ambos.

Los lotes o *batch* se realizan en serie; lo que significa que se fabrican productos con las mismas características y calidad, en un determinado tiempo, con lo cual se obtienen los siguientes beneficios: la reducción de los costos de producción, de almacenaje y de mano de obra; asimismo, la satisfacción de las

necesidades de los clientes, la mejora del nivel de vida de los empleados y el cumplimiento de las normas legales.

En la producción por lotes existen desventajas, ya que el equipo se debe parar para ser configurado de nuevo y realizar una prueba antes que el siguiente lote pueda ser producido, además del tiempo muerto que se da entre la producción de un lote a otro.

## **2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Esponja de poliuretano**

El proceso de fabricación se realiza en el área de espumado, además de producir esponja para la venta a clientes externos, se encarga de surtir esponja a las demás áreas de la planta de producción que se encargan de realizar otros productos derivados.

Figura 13. **Imágenes del área de espumado**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

#### **2.1.1. Descripción del proceso de producción**

El proceso de espumado comienza con la formulación de la mezcla de acuerdo con la densidad de esponja que se quiera obtener, a partir de la cual se

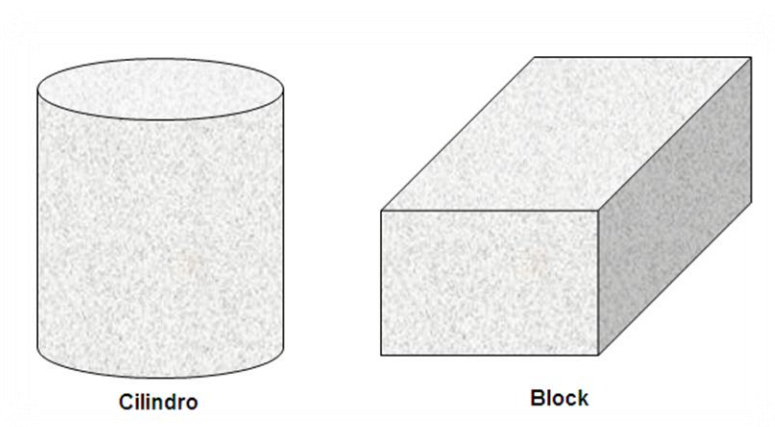
determina la proporción de los químicos a utilizar, que son:

- Polioli
- Disocianato de tolueno (TDI)
- Cloruro de metileno
- Silicona
- Catalizador T-9
- Amina
- Alcohol isopropílico

La fabricación de esponja se da en dos formas, de acuerdo con su posterior utilización:

- Bloques
- Cilindros

**Figura 14. Formas de espumado de esponja**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

En ambas formas se pueden espumar en diferentes densidades según sea la calidad de la esponja que se desee obtener y de la utilización que se le vaya a dar.

En el mezclador se agrega primero polioliol y después catalizador T-9 y se mezclan, al mismo tiempo se hace una premezcla (aparte), agregando amina, silicona y agua secuencialmente, luego se procede a mezclar estos tres componentes.

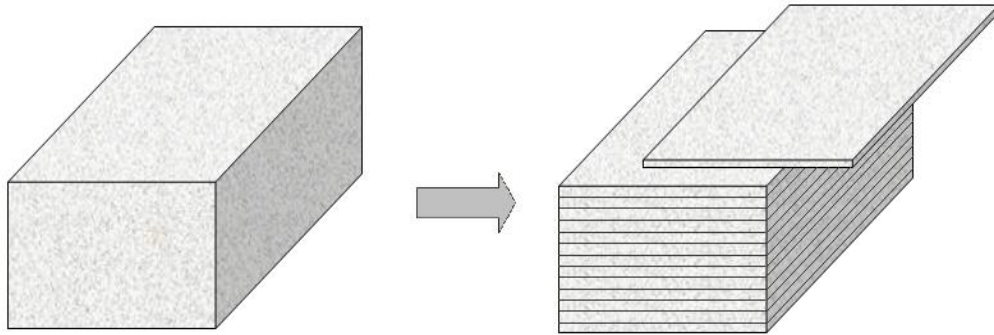
Se agrega la premezcla al mezclador que ya contiene el polioliol y T-9 previamente mezclado, luego se agrega cloruro de metileno, así como el TDI y se procede a mezclar todos los componentes.

Por último, se vierte esta mezcla al molde en donde dicha solución será aspirada mediante el extractor de aire que permitirá que la mezcla reaccione aumentando su volumen; teniendo el volumen deseado se procede a sacar el bloque o cilindro de esponja del molde, y a trasladarlo al área de enfriamiento.

En el área de enfriamiento, la reacción se da en condiciones normales de ambiente y se necesitan 24 horas para que la esponja esté lista. Cuando un bloque se ha enfriado, se procede a trasladar a la cortadora, en donde se rectifican los 4 costados laterales del bloque para que en el laminado se tengan pliegues uniformes.

Luego de haber rectificado el bloque se procede a trasladar el mismo a la máquina laminadora; concluido el laminado del bloque se trasladan los pliegues al área de producto terminado.

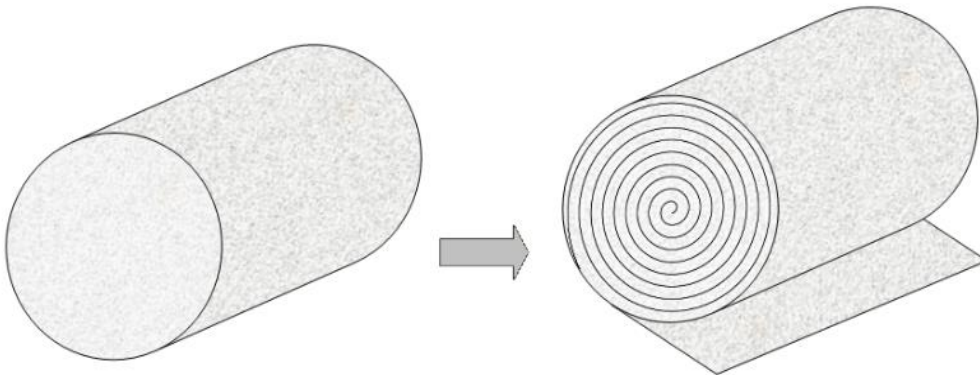
Figura 15. **Laminado del *block* de esponja**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

Para un cilindro, cuando ha enfriado se traslada a la laminadora, la cual corta el cilindro formando rollos de esponja.

Figura 16. **Laminado del cilindro de esponja**

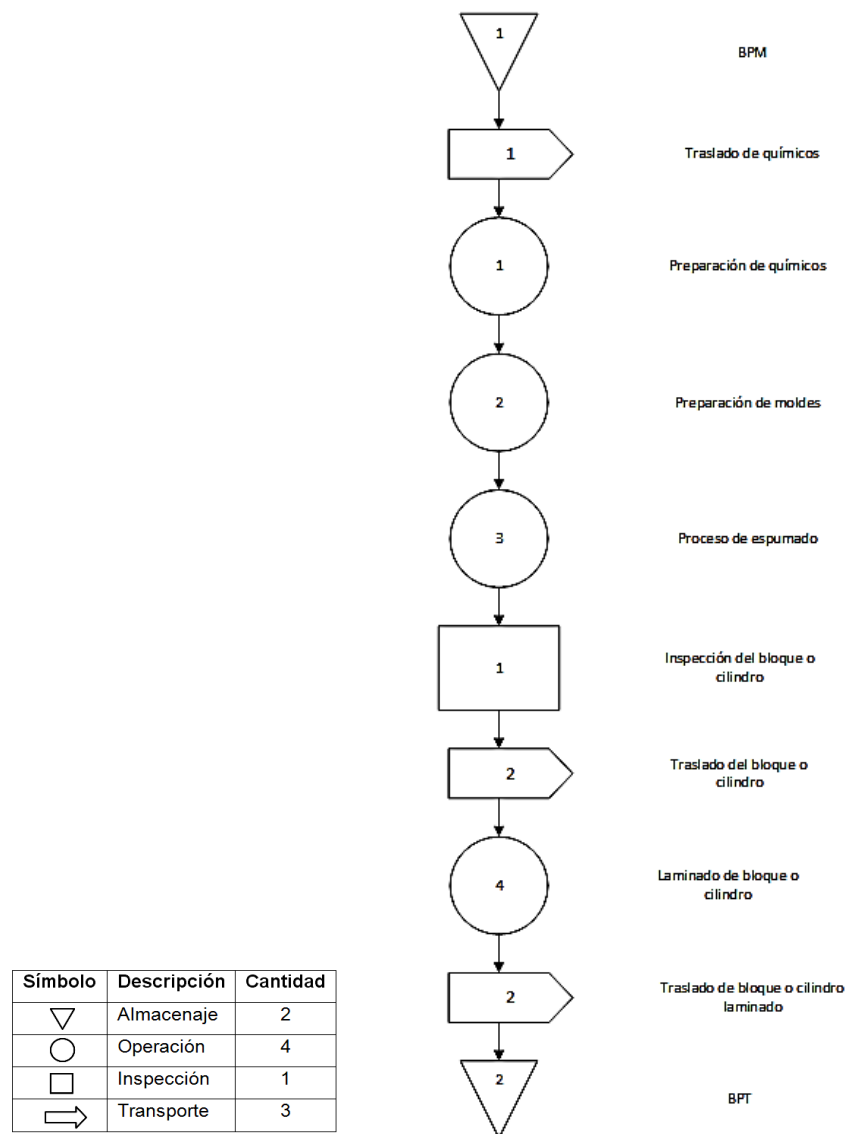


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 2.1.1.1. Diagrama de flujo del proceso

En el siguiente diagrama se representa gráficamente el flujo del proceso de fabricación de esponja:

Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de producción de esponja

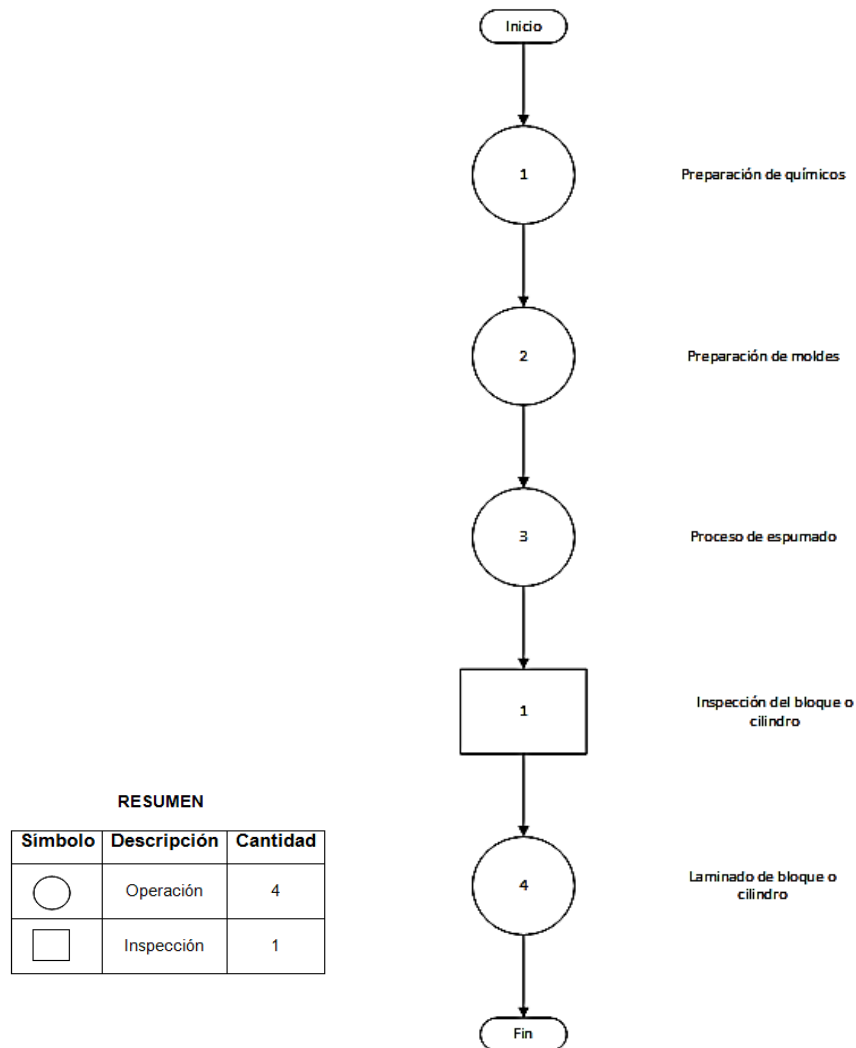


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 2.1.1.2. Diagrama de operaciones del proceso

El siguiente diagrama representa gráficamente cómo se realizan las etapas de producción de esponja.

Figura 18. **Diagrama de operaciones del proceso de producción de esponja**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.



### 2.1.1.3. Descripción del diagrama de recorrido

En el siguiente diagrama se puede observar la ruta de la esponja a través de las estaciones de trabajo.

Figura 19. Diagrama de recorrido del proceso de producción de esponja



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 2.1.2. Distribución de planta

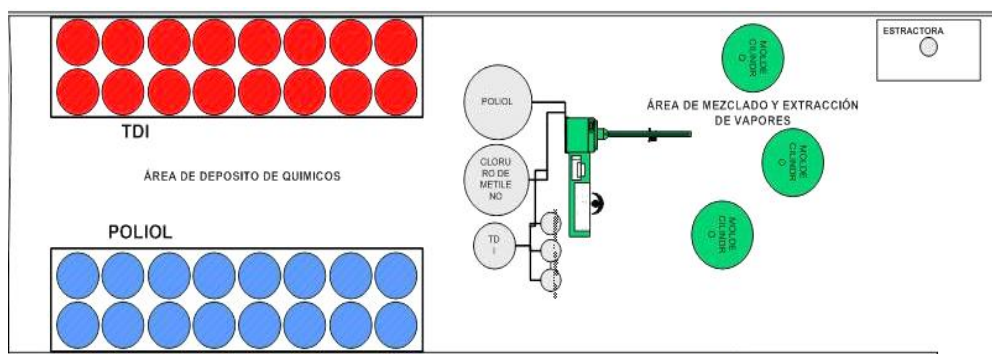
Se pueden identificar dos áreas específicas dentro de la planta de producción de esponja: el área de espumado y enfriado y el área de laminación y almacenaje.

En el área de espumado y enfriado, en la parte frontal de la planta, está el depósito de químicos en donde se almacenan las materias primas para la elaboración de la esponja.

Contiguo al depósito de químicos está la máquina de mezclado y la extractora, la cual evacua los vapores que emanan la mezcla recién vertida en los moldes.

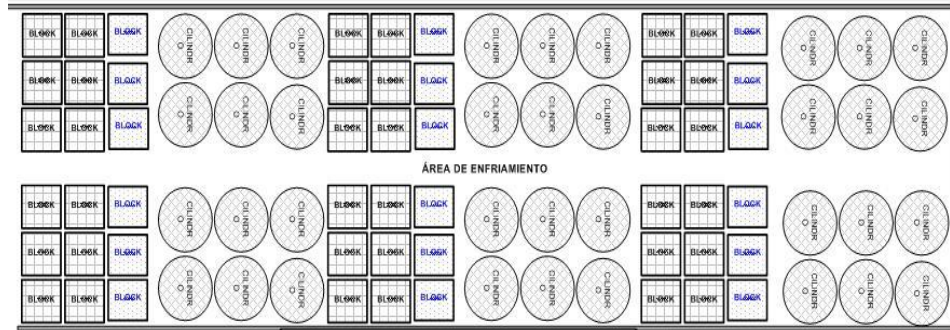
Luego se encuentra el área de enfriamiento, la cual tiene que estar a una temperatura de 22 °C.

Figura 20. **Distribución de las áreas de depósito de químicos y mezclado y extracción**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

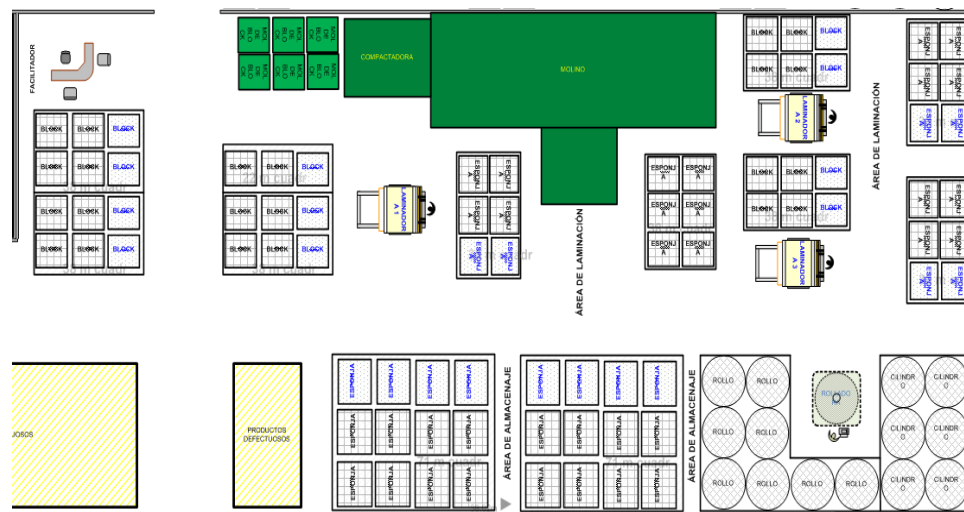
Figura 21. Distribución del área de enfriamiento



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

Luego del área de enfriamiento, se encuentra el área donde se efectúa el laminado de los bloques y cilindros, para luego depositar las láminas y los rollos en el área de almacenaje.

Figura 22. Distribución del área de laminación y almacenaje



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### **2.1.3. Descripción de máquinas y equipo**

A continuación se realiza una descripción de la maquinaria utilizada en la fabricación de la esponja de poliuretano:

#### **2.1.3.1. Mezclador**

Esta máquina se encarga de mezclar las distintas cantidades de los químicos que se utilizan para la producción de esponja; esto con la finalidad de obtener una mezcla homogénea en dicho proceso.

#### **2.1.3.2. Molde**

Se encarga de recibir la mezcla; es mediante los moldes que se obtienen las formas de bloque y cilindro de esponja que posteriormente serán laminados.

#### **2.1.3.3. Extractor**

Este se encarga de extraer los vapores que emanan de la mezcla, conforme el bloque o el cilindro va aumentando en volumen.

#### **2.1.3.4. Cortadora**

Se encarga de rectificar los costados de los bloques de esponja, ya que aunque el molde genera medidas aproximadas es necesario que el bloque sea uniforme en los bordes.

Figura 23. **Modelo de una máquina cortadora**



Fuente: *El futón*. <http://www.elfuton.com.ar/thmbs/poli1.jpg>. Consulta: 19 de diciembre de 2014.

#### **2.1.3.5. Laminadora**

Se encarga de cortar los bloques de esponja en láminas según el espesor que se desee.

Figura 24. **Modelo de una máquina laminadora**



Fuente: *El futón*. <http://www.elfuton.com.ar/thmbs/poli2.jpg>. Consulta: 19 de diciembre de 2014.

#### 2.1.3.6. Pesa digital

Esta se encarga de pesar los diferentes ingredientes para las distintas formulaciones de esponja.

Figura 25. **Modelo de pesa digital**

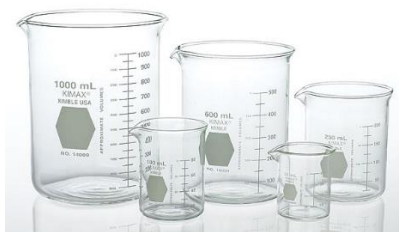


Fuente: *PCE Ibérica*. <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/balanzas/images/balanza.jpg>. Consulta: 19 de diciembre de 2014.

#### 2.1.3.7. Beacker

Este es usado para medir las cantidades en mililitros de químicos a usar en el proceso de producción de la esponja.

Figura 26. **Modelos de beacker**



Fuente: *SKS Science*. <https://www.sks-science.com/images/14080-01LRG.jpg>. Consulta: 19 de diciembre de 2014.

#### **2.1.4. Descripción de materia prima**

Dentro de la materia prima principal a utilizar en el proceso de producción de esponja está la utilización de los químicos que se describen a continuación, además del agua.

##### **2.1.4.1. Poliol**

Utilizado en formulaciones de poliuretano que, en combinación, es utilizado en la producción de esponjas flexibles para colchones, muebles de estar, sillones, autopartes, componentes para calzados, acolchados y aislantes acústicos.

##### **2.1.4.2. TDI (diisocianato de tolueno)**

El diisocianato de tolueno se utiliza como intermedio del producto químico en la producción de los productos del poliuretano. Por ejemplo, hacer esponjas de polipropileno y los elastómeros.

##### **2.1.4.3. Cloruro de metileno**

El cloruro de metileno es un líquido incoloro de leve aroma dulce. Se conoce también como diclorometano. El cloruro de metileno no ocurre en forma natural en el medio ambiente. El cloruro de metileno se usa como solvente industrial y para remover pintura. También puede encontrarse en algunos aerosoles y pesticidas y se usa en la manufactura de cinta fotográfica, entre otros.

#### **2.1.4.4. Silicona**

Este es un polímero inodoro e incoloro hecho principalmente de silicio. La silicona es inerte y estable a altas temperaturas, lo que lo hace útil en gran variedad de aplicaciones industriales, como lubricantes, adhesivos e impermeabilizantes.

#### **2.1.4.5. T-9 (octoato de estaño)**

Es un catalizador metálico usado en la producción de esponja de poliuretano. La apariencia es como miel viscosa y posee un fuerte olor amoniacal.

#### **2.1.4.6. Amina**

Las aminas son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo. Según se sustituyan uno, dos o tres hidrógenos, las aminas serán primarias, secundarias o terciarias, respectivamente.

#### **2.1.4.7. Alcohol isopropílico**

Es un alcohol incoloro, inflamable, con un olor intenso y muy miscible con el agua. Muy utilizado en la limpieza de lentes de objetivos fotográficos y contactos de aparatos electrónicos, ya que no deja marcas y es de rápida evaporación. Por su semejanza con el alcohol etílico, puede utilizarse en sustitución de él en muchos casos.



### **2.1.5. Descripción de los tipos de esponja**

La esponja de poliuretano es un material flexible y poroso con propiedades mecánicas particulares que le otorgan características de múltiple aplicación en la industria. Es un material sumamente versátil que se puede utilizar en una extensa gama de aplicaciones.

#### **2.1.5.1. Variables que determinan el tipo de esponja**

Entre las variables que se utilizan para determinar el tipo de esponja se encuentran: densidad, el tamaño y el espesor de lámina.

#### **2.1.5.2. Densidad**

La densidad es la característica principal del producto, porque de ella se derivan todas las propiedades y características de las esponjas.

Según la composición química que se prepare y se mezcle se obtendrá una densidad distinta, haciendo diferenciar una esponja de la otra por su mayor calidad. El cálculo de la densidad debe seguir los siguientes pasos:

- Se obtiene el peso en kilogramos (*kg*) de una lámina de esponja;
- Se mide el largo, el ancho y el grosor de la lámina de esponja;

Con estos datos se obtiene el volumen de la lámina en metros cúbicos ( $m^3$ ), mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$v = l \cdot h \cdot a$$

Donde:

v = volumen

l = largo

h = grosor (alto)

a = ancho

Finalmente se calcula la densidad, la cual se obtiene al dividir el peso (masa) entre el volumen, la densidad se da en kilogramos por metro cúbico (Kg/m<sup>3</sup>).

$$d = \frac{m}{v}$$

d = densidad

m = masa

v = volumen

A continuación se enumeran las diferentes densidades de esponja flexible fabricadas:

- 15 kg/m<sup>3</sup>
- 17 kg/m<sup>3</sup>
- 19 kg/m<sup>3</sup>
- 20 kg/m<sup>3</sup>
- 22 kg/m<sup>3</sup>
- 27 kg/m<sup>3</sup>

### 2.1.5.3. Tamaño de bloque

La preparación y mezcla de tres químicos, poliol, T.D.I. y cloruro de metileno, reaccionan para dar origen a la esponja.

La reacción se produce en cajones y como resultado se obtienen los conocidos bloques con forma rectangular.

Es importante entonces que el operario conozca las especificaciones de estas piezas. El bloque de esponja producido para ser utilizado en muebles tiene las siguientes medidas:

Tabla II. **Dimensiones del bloque de esponja**

Tamaño (Block)	Largo		Ancho		Altura	
Normal	80"	2,03m	40"	1,02m	41½" - 42"	1,05m-1,07m
Grande	81 ½"	1,92m	81 ½"	1,23m	41½" - 42"	1,05m-1,07m

Fuente: FACASA. *Manual de especificaciones técnicas del área de producción*. p. 35.

La reacción de los químicos también se puede dar en moldes de forma cilíndrica, produciendo cilindros de esponja, los cuales pueden tener las medidas siguientes:

Tabla III. **Dimensiones del cilindro de esponja**

Tamaño (Cilindro)	Diámetro		Altura	
Pequeño	64,95"	1,65m	86,20"	2,19m
Grande	74,80"	1,90m	87"	2,21m

Fuente: FACASA. *Manual de especificaciones técnicas del área de producción*. p. 37.

#### 2.1.5.4. Laminado de bloque

De cada bloque laminado puede obtenerse una cantidad determinada de planchas, dependiendo del grosor que se esté trabajando. En promedio se tienen 40 pulgadas de alto aprovechables y a partir de este número se pueden conocer las cantidades de planchas a obtener de cada bloque.

A continuación se muestra la tabla que corresponde a las cantidades de planchas que se obtienen por bloque.

Tabla IV. Cantidad de planchas por bloque de esponja

Grosor (pulgadas)	Planchas / Bloque
1/4	160
1/2	80
1	40
1 3/8	29
1 1/2	26
1 3/4	22
2	20
2 1/2	16
3	13
3 1/4	12
4	10
5	8
6	6
7	5

Fuente: FACASA. *Manual de especificaciones técnicas del área de producción*. p. 47.

#### 2.1.6. Clasificación

De acuerdo con las variables determinadas anteriormente se generan distintos tipos de densidades de esponja, en los tamaños normal y grande.

Tabla V. **Tipos de esponja tamaño normal**

Tamaño	Densidad (kg/m³)	Espesor (pulgadas)
Normal	15	1/4, 1/2, 1, 1 3/8, 1 1/2, 1 3/4, 2, 2 1/2, 3, 4, 5
	17	1, 1 1/2, 2, 2 1/2, 3
	19	1 3/8, 1 1/2, 3, 4, 5, 6, 6 1/2, 8
	20	4, 5
	22	2 7/8, 3, 3 3/4, 4, 4 3/4, 5, 5 1/2, 6, 7
	27	3/4, 1, 3, 4, 5, 6, 7

Fuente: FACASA. *Manual de especificaciones técnicas del área de producción*. p. 50.

Tabla VI. **Tipos de esponja tamaño grande**

Tamaño	Densidad (kg/m³)	Espesor (pulgadas)
Grande	15	1/2, 1, 1 1/2, 2, 2 1/2, 3, 4, 5
	17	1, 1 1/2, 2, 2 1/2, 3
	19	1 1/2, 3, 4, 5, 6, 6 1/2, 8
	20	4, 5
	22	3, 4, 5, 5 1/2, 6, 7
	27	1, 3, 4, 5, 6, 7

Fuente: FACASA. *Manual de especificaciones técnicas del área de producción*. p. 50.

## 2.2. Características del personal requerido

En el área de producción de esponja los puestos de trabajo se clasifican en:

- Facilitador de esponja
- Supervisor de espuma
- Operarios

### **2.2.1. Facilitador de esponja**

Es uno de los puestos más importantes para la empresa; por eso tiene que ser de suma confianza, ya que de él depende que se lleve a cabo la producción y el control del seguimiento de la planificación requerida.

Su perfil requerido es: persona dinámica y proactiva, que no presente ninguna resistencia al cambio; debe tener don de mando, que ejerza de una forma eficiente el liderazgo, para lograr los objetivos y las metas de la empresa a corto, mediano y largo plazo. Estudios universitarios en el ramo (Ingeniería Química, Mecánica Industrial o Industrial). Experiencia comprobable (generalmente este puesto se da a personas que tienen cierto tiempo de laborar en la empresa, ya que ellos son quienes mejor conocen el proceso, para fomentar los ascensos dentro de la misma.)

### **2.2.2. Supervisor de espuma**

Es el que se encarga directamente en la fabricación de la esponja, ya que controla la máquina espumadora además de saber las fórmulas para los distintos tipos de esponja, su trabajo es vital, ya que debe generar las correctas formulaciones para producir una esponja de alta calidad.

El perfil requerido para este puesto es:

- Persona dinámica y proactiva, debe saber trabajar bajo presión.
- Estudios universitarios en el ramo (Ingeniería Química o Licenciatura en Química).
- Experiencia comprobable.

### **2.2.3. Operarios**

El operario de producción es importante para mantener el proceso productivo. Hace el seguimiento de la producción y de su progreso, asegurando de que todo esté funcionando sin problemas y eficientemente. Ellos toman los datos y mantienen registros de los resultados de la producción, además supervisan todo el proceso. Los operarios se clasifican como: clase A y clase B.

#### **2.2.3.1. Operario clase A**

Este colaborador ha realizado su labor dentro de la empresa por varios años. Es el que se encarga de realizar los trabajos en la producción, por ejemplo: la preparación de los ingredientes, la preparación de los moldes, el laminado de bloques y cilindros. El perfil mínimo aceptable es:

- Acostumbrado a trabajar bajo presión, conocimiento de medidas y realizar distintos tipos de trabajo.
- Capaz de aportar ideas.
- Proactivo.
- Innovador.
- Tercero básico mínimo.
- Conocimiento de los instrumentos de precisión.
- Habilidad en el manejo de herramientas.

#### **2.2.3.2. Operario clase B**

Este perfil es relativamente nuevo dentro de la empresa. Es el que se encarga de abastecer la esponja a otras áreas, por ejemplo, llevar esponja al

área de bodegas, abastecer de esponja al área de colchones. El perfil mínimo aceptable es:

- Habilidad para aprender
- Habilidad para tomar decisiones
- Deseo de seguirse desarrollando
- Que tenga noción del trabajo que desempeña
- Tercero básico mínimo
- Conocimiento de medidas

### **2.3. Producto terminado**

La esponja terminada es un producto elaborado con químicos de alta calidad que permiten una mayor resistencia, manteniendo su forma y dureza por más tiempo en comparación con productos de otras empresas.

**Figura 27. Esponja de poliuretano laminada y terminada**



Fuente: *Torres ESPIC*. <http://www.torresespig.es/media/gallerystandard/popup/52-PROCESOS12.jpg>. Consulta: 21 de diciembre de 2014.



### **3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN**

#### **3.1. Sistema actual**

Se realiza el estudio del sistema actual de control de producción realizando el análisis de los procedimientos, su flujo y la utilización de los recursos, evaluando el desempeño tanto operativa como financieramente.

##### **3.1.1. Análisis**

El análisis del actual sistema de control de producción se hace tomando en cuenta tres aspectos:

- La sincronía del sistema
- El equilibrio del flujo
- La utilización de los distintos recursos con los que se cuenta

##### **3.1.1.1. Sincronía**

El proceso de producción de esponja de poliuretano puede ser tratado como una manufactura sincrónica, en la cual se trabaja en armonía y de forma óptima sus operaciones, para alcanzar los objetivos que la empresa se ha propuesto. El objetivo primordial de toda empresa es generar utilidades o en pocas palabras, obtener una ganancia monetaria. Hay una coordinación lógica de todos los recursos de la empresa.

La manufactura sincrónica es cualquier forma sistemática de mover el material rápidamente y sin perturbaciones a través de los diferentes recursos (máquinas y mano de obra) de la planta en conjunción con la demanda del mercado, y se refiere a todo el proceso de producción que trabaja en completa armonía para alcanzar la meta de la empresa. Con ella se pretende coordinar todos y cada uno de los ciclos de producción. Se hace un énfasis especial en el desempeño de todo el sistema y no en el desempeño individual de las máquinas o de la mano de obra.

La manufactura sincrónica se basa en la “Teoría de restricciones” de Goldratt, la cual dicta nueve reglas que hay que seguir a la hora de programar la producción:

- No equilibrar la capacidad, equilibrar el flujo.
- El nivel de utilización de un recurso sin cuello de botella no se determina por su propio potencial, sino por alguna otra restricción del sistema.
- La utilización y la activación de un recurso no son la misma cosa.
- Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida para todo el sistema.
- Una hora ahorrada en un no embotellamiento es un espejismo
- Los cuellos de botella rigen tanto la demanda atendida como el inventario en el sistema.
- El lote de transferencia no puede, y muchas veces, no debe ser igual al lote del proceso.
- Un lote de proceso debe ser variable tanto a lo largo de su ruta como en el tiempo.
- Las prioridades pueden fijarse únicamente examinando las restricciones del sistema.

### **3.1.1.2. Equilibrio de flujo**

La manera de equilibrar y sincronizar el flujo es mediante los sistemas Kanban y Justo a Tiempo, con el fin de alcanzar un flujo regulado que permita la eliminación de desperdicios a lo largo del sistema. Kanban ayuda a mantener un sistema tipo “jalar”, en donde se produce solo lo que el cliente está demandando o requiriendo. Por su parte, JIT, regula la entrada de material, solo lo necesario en el momento indicado, sincronizando a los proveedores con los requerimientos del cliente.

Técnicamente el flujo juega un papel muy importante en este sistema de producción, ya que se logra mediante el equilibrio. Los valores a considerar en el piso para lograr este equilibrio son: los tiempos de ciclo de las estaciones de trabajo, la distribución de las cargas de producción debe ser nivelada y el ritmo de producción y frecuencia deben ser optimizados; para lograr esto se requiere de capacitación, fuerza laboral y asesoramiento. Este flujo cumple con el mejoramiento continuo que es la clave para la flexibilidad.

Se implementa el trabajo de utilizar la cantidad mínima posible en el último momento posible, provocando la eliminación de existencias. Esta forma de producción es la manera más eficaz y eficiente de producir las cosas.

### **3.1.1.3. Utilización del recurso**

Se busca eliminar todos los desperdicios dentro del modelo logístico, es decir, eliminar todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción, desde la obtención de materiales hasta la distribución del producto terminado, entendiendo como desperdicio todo aquello que sea diferente a los recursos

mínimos absolutos necesarios al desarrollo de productos, como materiales, maquinaria o mano de obra.

Aplicar la técnica de “jalar”, que consiste en obtener el material de modo que cada operación lo necesite, esto se va haciendo desde la rampa de entrega regresando hasta el inicio del proceso; este se basa en la demanda específica del cliente.

### **3.1.2. Evaluación de desempeño**

Como se mencionó anteriormente la sincronización de la manufactura se refiere a todo el proceso de producción que trabaja en completa armonía para alcanzar la meta de la empresa. Pero, ¿cuál es la meta de la empresa?, ¿cuál es la razón de la existencia del negocio?

La meta de la empresa es ganar dinero. Todo lo demás no son sino medios para alcanzar la meta. Si no gana dinero, la empresa será una empresa poco o nada rentable, incapaz de generar empleo, de invertir en investigación y desarrollo, o en nueva tecnología para fabricar productos de calidad y a bajo precio y, como consecuencia de ello, incapaz de aumentar sus ventas y generar a su vez más dinero.

### **3.1.3. Evaluación financiera**

Generalmente, se utilizan tres medidas para evaluar el desempeño de un negocio y para saber si se está o no ganando dinero. Estas medidas evalúan únicamente el desempeño financiero de la empresa y se describen a continuación:

### **3.1.3.1. Utilidad neta**

Se entiende por utilidad neta, la utilidad resultante después de restar y sumar de la utilidad operacional, los gastos e ingresos no operacionales, respectivamente.

El cálculo típico de la utilidad neta se hace en un estado de resultados, el cual empieza por los ingresos a los que se les restan las diversas clasificaciones de gastos, por lo general el costo de la mercancía vendida, después los gastos de venta y de administración, y finalmente, los otros gastos que se deben cubrir con los ingresos de ese periodo.

Simplificadamente se puede expresar la utilidad neta como:

$$\text{Utilidad neta} = \Sigma \text{ganancias} - \Sigma \text{gastos}$$

### **3.1.3.2. Liquidez**

Para medir la liquidez de una empresa se utiliza el ratio o razón de liquidez. La misma mide la capacidad de la empresa para hacer frente a sus obligaciones de corto plazo. Del análisis de estas razones se puede conocer la solvencia de efectivo de la empresa y su capacidad de permanecer solvente en caso de acontecimientos adversos.

Es la relación entre el activo circulante y el pasivo a corto plazo.

$$\text{Liquidez} = \frac{\text{Activo circulante}}{\text{Pasivo a corto plazo}}$$

### **3.1.3.3. Rendimiento sobre inversión (ROI)**

Es la relación entre el dinero ganado y el dinero invertido:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Activo total}}$$

Estas tres medidas se deben emplear juntas. Por ejemplo, una utilidad neta de Q5 millones es importante como medición, pero tiene un significado real hasta saber cuánta inversión hubo que hacer para generar esos Q5 millones. Si al inicio se realizó una inversión de Q70 millones, este es un rendimiento sobre la inversión del 7 %. Para pagar las cuentas de las operaciones diarias es necesario tener liquidez; sin disponibilidad de dinero la empresa puede ir a la quiebra, incluso si en términos contables normales es muy sólida. En la empresa se pueden tener grandes utilidades y grandes rendimientos sobre la inversión, pero a la vez tener escasez en efectivo, si por ejemplo, las utilidades se invierten en nuevas tecnologías o están vinculadas con el inventario.

La meta de la empresa, expresada en términos de estas medidas financieras, es incrementar la utilidad neta del negocio, aumentando simultáneamente la liquidez y el rendimiento sobre inversión.

Sin embargo estas medidas financieras, no indican nada acerca del desempeño operativo de la empresa, es decir, no ayudan a evaluar las operaciones que se realizan diariamente dentro de la planta; no dicen nada acerca de si las acciones de producción que se llevan a cabo, conducen o no a ganar dinero. Eso es precisamente lo que se necesita: unas medidas que indiquen si lo que se hace dentro de la fábrica lleva a ganar dinero.

### **3.1.4. Evaluación operativa**

Dado lo anterior, se dice que para evaluar el desempeño operativo de la empresa, existen tres medidas que indican si lo que se hace dentro de la fábrica lleva a ganar dinero o no. Estas medidas son:

#### **3.1.4.1. Facturación**

Es la tasa de generación de dinero del sistema de producción a través de las ventas, no simplemente produciendo. Si se produce algo, pero no se vende, no es facturación. Si se vende un producto con el afán de reducir inventarios, pero se vende a costo, sin ganar ninguna utilidad, entonces no se está generando dinero.

Se debe tomar en cuenta que la facturación no es lo mismo que ventas, ya que si se vende un producto en Q10 no se está incrementando la facturación en Q10; puede ser que el producto vendido contengan materiales que cuesten Q3; este dinero no lo generó el sistema, sino que es dinero que fluye por él mismo, así también se le deberán restar todos los costos que el sistema no genera.

La fórmula matemática para la facturación es:

$$F = PV - CVV$$

Donde:

- F = facturación
- PV = precio de venta
- CVV = costos verdaderamente variables

Los costos verdaderamente variables según la teoría de restricciones pueden ser los materiales, subcontrataciones, fletes de transporte, las comisiones de ventas, entre otros.

Es importante para el gerente de producción entender que con el hecho de producir más, aunque la producción vaya a formar parte del inventario, no se está generando facturación; la facturación significa traer dinero del exterior.

La empresa puede cuantificar el nivel de facturación, tomando en cuenta el momento en el que se registran las ventas y esto se puede hacer de dos formas: cuando el dinero cambia de manos y la técnica de acumulación, la cual consiste en registrar las ventas cuando la transacción sea irreversible. Esto es importante ya que la fábrica vende a distribuidores mayoristas y algunos de estos se reservan el derecho de devolver los productos.

#### **3.1.4.2. Inventario**

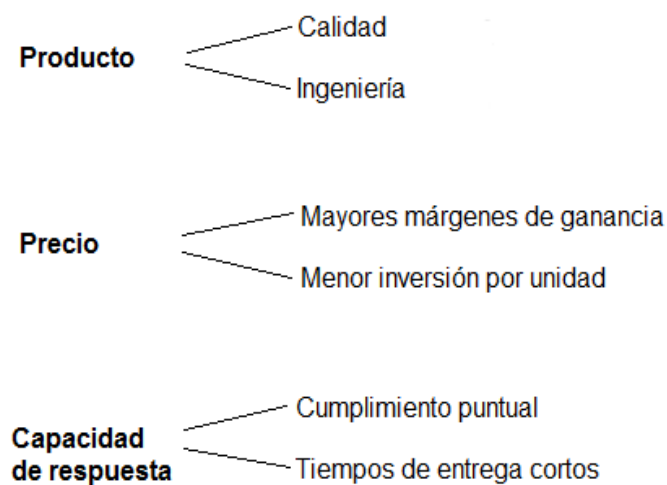
Es todo el dinero que la empresa invierte en comprar cosas que luego intenta vender. Como se observa, esta definición de inventario es diferente a la definición tradicional, ya que no incluye el valor añadido de mano de obra y gastos indirectos. Con esto se elimina la duda de si un quetzal que es erogado es una inversión o un gasto.

Se sabe que una alta rotación del inventario acelera la tasa de retorno del dinero, por lo tanto, para tener una rotación alta y tomando en cuenta que el precio de venta lo fija el mercado, se debe manejar un nivel bajo de inventario; esto sin descuidar los niveles de servicio.



Manejar un nivel bajo de inventario se traduce en menores gastos de operación, además la empresa obtiene ventajas competitivas a través de seis aspectos que son: calidad, ingeniería, mayores márgenes de ganancia, menor inversión por unidad producida, cumplimiento puntual y tiempos de entrega más cortos.

Figura 28. **Impacto de la reducción de inventarios**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Se deben implementar inventarios amortiguadores para mantener un buen nivel de servicio, sin caer en la generación de costos ocultos.

#### **3.1.4.3. Gastos de operación**

Todo lo que el sistema gasta para transformar los inventarios en facturación es “gasto de operación”. No solo la mano de obra directa se debe considerar dentro de estos gastos, los vendedores destinan su empeño en transformar la producción en facturación y cada secretaria también contribuye al mismo fin.

Por ejemplo, la empresa compra aceite para la lubricación de la maquinaria; este no se debe considerar como un gasto de operación hasta que sea utilizado, cuando el aceite se utiliza, la parte proporcional a la utilizada es la que se debe registrar como un gasto de operación.

Con base en lo anteriormente expuesto, se puede definir a los gastos de operación como todo el dinero que el sistema gasta en transformar el inventario en facturación. Esta definición de gastos incluye no solo los costos de producción (mano de obra directa, mano de obra indirecta, depreciación de equipo, materiales, suministros y costos de mantenimiento) sino el sueldo de supervisores, de la secretaria, entre otros trabajadores (costos administrativos). Si el trabajo de una secretaria no es para ayudar a transformar el inventario en ventas, su trabajo no es un gasto de operación sino un derroche.

En el mundo de los costos todos los gastos son importantes: el sueldo del operario, el del ingeniero, las mermas, el consumo de energía por pequeño que sea este, entre otros. Siempre está fluyendo el dinero por muchas partes, en grandes cantidades y no tan grandes.

Se puede decir entonces que la meta de la empresa, expresada en términos de estas tres medidas, es aumentar la facturación, disminuyendo simultáneamente inventarios y gastos de operación. Con base en lo anterior, se pueden reescribir las fórmulas de los indicadores financieros en relación con las mediciones del desempeño operativo:

$$\text{Utilidad neta} = \text{Facturación} - \text{Gastos de operación}$$

$$\text{Rendimiento sobre inversión} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inventarios}}$$

### 3.1.5. Productividad

Uno de los objetivos principales de la manufactura sincronizada es precisamente la reducción de los inventarios para poder alcanzar la meta del negocio.

Generalmente la productividad se define como la relación que existe entre lo que se produce y lo que se usó para producir. De este enunciado se obtiene la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción A} + \text{Producción B} + \dots + \text{Producción N}}{\text{Insumos utilizados}}$$

Si se produce más con menos insumos o más con los mismos insumos, entonces se dice que se es productivo.

Ahora bien, con base en el punto de vista del Dr. Goldratt (1984) en el libro *La Meta*, productividad es:

- Realizar algo adecuadamente;
- Realizar algo de acuerdo con una meta;
- Hacer las cosas de tal manera que en el caso de la empresa, esta se aproxime cada vez más a la meta,

De acuerdo con lo anterior, una acción productiva es entonces aquella que lleva a la empresa a acercarse más a su meta. Si la meta es ganar dinero, entonces: una acción productiva es aquella que lleva a la empresa a generar dinero.

La productividad global de una empresa y de la mano de obra se mide de la siguiente manera:

$$\text{Productividad global} = \frac{\text{Valor de la producción}}{\text{Costo de los insumos}}$$

$$\text{Productividad global} = \frac{\text{Precio} * \text{unidades producidas}}{\text{Costo de los insumos}}$$

$$\text{Productividad de la mano de obra} = \frac{\text{Valor de la producción}}{\text{Costo de la mano de obra}}$$

Sin embargo, estas medidas no aseguran que el negocio esté generando utilidades, debido a que todas estas medidas son cuantitativas y no se considera en ellas el aspecto cualitativo de la producción, ya que un producto debería ser bien hecho la primera vez y responder a las necesidades del cliente.

Todo costo adicional (reinicios, refabricación, reemplazo reparación después de la venta) debería ser incluido en la medida de la productividad. Pues generan costos ocultos o procesos adicionales a una producción en línea.

Para probar si la productividad ha aumentado, es necesario preguntarse lo siguiente: ¿Las medidas tomadas han incrementado facturación? ¿Han reducido el inventario? ¿Han disminuido el gasto operativo? Esto conduce a una nueva definición de lo que es productividad, “todas aquellas medidas que se toman para que la empresa esté más cerca de los objetivos establecidos”.

### **3.2. Diseño de un sistema de control de producción mejorado**

El diseño de un nuevo proceso de control de producción de esponja está dirigido a mantener un stock en la bodega de producto terminado, con la finalidad de alcanzar altas eficiencias operativas en planta.

Dichas eficiencias serán calculadas, diaria y semanalmente, con base en un pronóstico mensual de ventas.

#### **3.2.1. Beneficios**

Con la mejora del sistema de control de producción se busca obtener la mayor cantidad de beneficios, entre los que se pueden mencionar: mejorar la homogeneidad del producto, contribuir al ahorro de las materias primas, acortar los tiempos de preparación y reducir los residuos. Estas son algunas de las más visibles ventajas económicas y productivas, que se buscan con el nuevo sistema de control de producción.

Asimismo, se busca que la planeación y el control de los procesos de fabricación de la empresa permitan que se cumplan con las disposiciones que establecen las ventas, asegurando una óptima administración de costos e inventarios.

Uno de los aspectos que más influyen en la organización de una empresa es la programación de la producción; siguiendo un ordenamiento lógico la programación de la producción es un paso muy importante para la planeación.

Algunas ventajas:

- Los pedidos se pueden entregar en la fecha estipulada
- Se pueden disminuir los costos de fabricación
- No se desperdicia materia prima
- Los clientes estarán satisfechos
- Garantiza la calidad del producto

### **3.2.2. Mejoras**

Las empresas productoras históricamente, han tratado de balancear la capacidad a través de una serie de procesos que deriven en igualar su capacidad productiva con la demanda del mercado. Contrariamente, la capacidad desbalanceada es más adecuada. La clave es utilizar esta diferencia y aprovecharla de una manera ventajosa.

En una línea simple de producción la cual está compuesta de varias estaciones, cuando se establece la tasa de producción de la línea, la gente de producción trata de igualar las capacidades de cada una de las estaciones, ajustando la maquinaria, la cantidad de trabajo, la habilidad y el tipo de trabajo asignado, las herramientas utilizadas, el tiempo extra presupuestado, entre otros.

No obstante, en la metodología de la manufactura sincrónica, el igualar todas las capacidades de las estaciones se toma como una mala decisión. Un equilibrio sería posible solo si los tiempos de producción de todas las estaciones fueran constantes o tuvieran una distribución muy estrecha. Una variación normal en los tiempos de producción hace que las estaciones del final de la línea tengan tiempos de inactividad cuando las estaciones del inicio se toman más tiempo en el proceso.

De forma contraria, cuando las estaciones del inicio de la línea operan en menor tiempo, el inventario entre las estaciones aumenta. Se da un efecto acumulativo en la variación estadística. Para poder equilibrar esta variación es necesario que se dé un aumento del trabajo en proceso para absorber la variación, o bien incrementar las capacidades de abajo para compensar los tiempos más largos del inicio. El punto es que dentro de la línea del proceso no deben balancearse las capacidades en iguales niveles.

Por el contrario, se debe intentar balancear el flujo de producto a través de la línea de producción. La regla es que cuando el flujo está balanceado, las capacidades están desbalanceadas.

Se hace necesario tener algún punto o puntos de control para verificar el flujo de producto a través de cada sistema de producción. Si el sistema posee un cuello de botella, este es el mejor lugar para el control. A este punto de control se le denomina “tambor”, porque lleva el pulso que el resto del sistema utiliza para funcionar.

Cabe recordar que un cuello de botella, se puede definir como una operación que no posee la capacidad de satisfacer la demanda del sistema. Como consecuencia, un cuello de botella está trabajando la mayor parte del tiempo y utilizarlo como punto de control garantiza que las operaciones del inicio no produzcan demasiado ni creen un inventario excesivo en proceso, que el cuello de botella no tenga la capacidad de manejar.

Saber cómo manejar el cuello de botella es lo más crítico y el análisis se enfoca en el hecho de garantizar que dicho cuello de botella tenga siempre trabajo para hacer.

Existen dos cosas que se deben hacer con este cuello de botella:

- Mantener un inventario de amortiguación frente a este para garantizar que siempre tenga algo sobre lo cual trabajar. Dado que se trata de un cuello de botella, su producción determina la demanda atendida del sistema.
- Volver a comunicarle al área que inicia el sistema, lo que el área “tambor” ha producido, para que la primera de las nombradas suministre solo esa cantidad. Esto evita que el inventario aumente.

En la empresa en estudio se da una inadecuada medición del desempeño, por lo que presenta problemas al final de cada mes, debido a que no se toma en cuenta que el inventario de materias primas y semielaborados en proceso es alto.

La solución a estos inconvenientes, es ver a todas las áreas que conforman el proceso como un sistema. A este sistema se le aplicará la metodología manufactura sincrónica. Para esto, se debe determinar qué áreas constituyen la ruta crítica del proceso, las cuales son las que determinan el ciclo de producción del sistema.

La ruta crítica del proceso está conformada por las siguientes áreas:

- Área de depósito de químicos
- Área de mezclado y extracción
- Área de enfriamiento
- Área de laminación
- Área de almacenaje



Figura 29. **Área de depósito de químicos**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Figura 30. **Área de mezclado y extracción**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Figura 31. **Área de enfriamiento**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

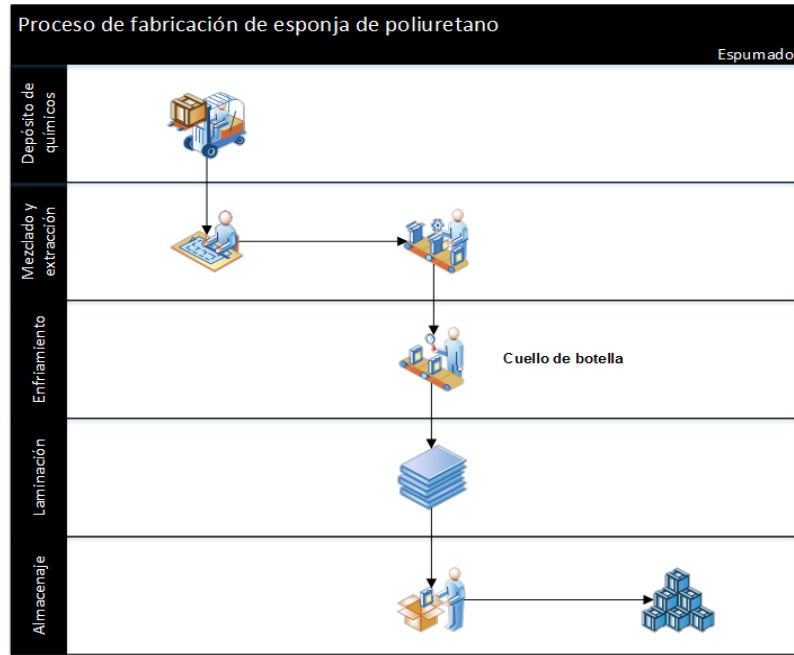
Figura 32. **Área de laminado**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

El orden en que aparecen escritas las áreas en el párrafo anterior es el orden del flujo de producción, el cual es representado en el siguiente gráfico.

Figura 33. Ruta crítica del proceso de elaboración de esponja



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

Es importante definir cuál de las áreas representa el cuello de botella del proceso de producción; en la siguiente tabla se muestra el tiempo que se emplea para la fabricación en cada una de las áreas que conforman la ruta crítica.

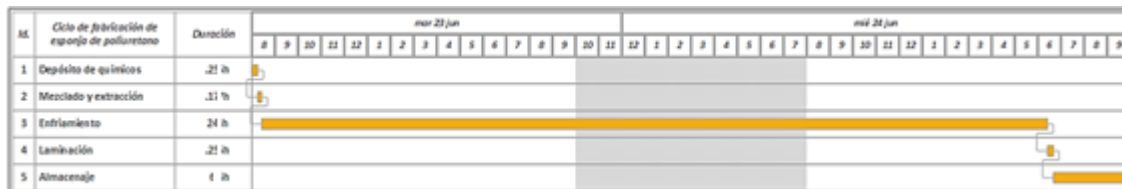
Tabla VII. Ciclos de fabricación de las áreas que conforman el flujo de elaboración de esponjas

Área de proceso	Tiempo de fabricación (horas)
Área de depósito de químicos	0,25
Área de mezclado y extracción	0,17
Área de enfriamiento	24
Área de laminación	0,25
Área de almacenaje	6

Fuente: FACASA. *Manual de especificaciones técnicas de la empresa en estudio*. p. 87.

Para visualizar mejor la ruta crítica del proceso de fabricación de esponja, se muestra el siguiente diagrama de actividades.

Figura 34. **Diagrama de Gantt del proceso de elaboración de esponja**

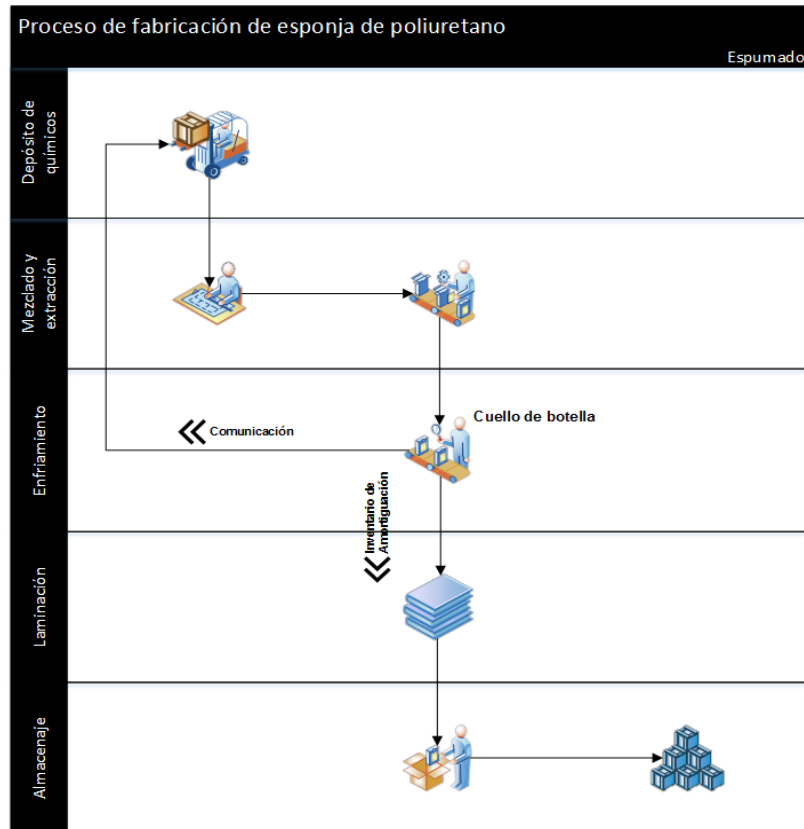


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

Es fácil determinar qué área es la que representa el cuello de botella del flujo de producción; en este caso es el área de enfriamiento, ya que en esta se emplea un tiempo largo en comparación con las otras áreas, por lo que es esta la que representará el “tambor” del sistema, en ella se establecerá un punto de control especial: la mayor atención por parte del área de mantenimiento y un servicio de altas prestaciones; además se definirá al área de mezclado y extracción como el amortiguador del sistema.

Se trabajará el área de mezclado y extracción, haciendo mayor énfasis en la sincronización y formulación para la reducción de los tiempos y con el fin de lograr la constante producción de la esponja que se comercializa más, para que exista un *stock* en el área de almacenamiento que ayude a mantener el flujo de esponja a los departamentos siguientes en la cadena de fabricación, según las especificaciones que los clientes soliciten, logrando una menor pérdida en los tiempos, y con ello poder reducir el almacén y evitar así tener un gran *stock* final que representa un aumento en el costo diario, controlando siempre que en el periodo de enfriamiento la esponja se mantenga a la temperatura correcta para no emplear más tiempo en el proceso.

Figura 35. **Ruta crítica del proceso de elaboración de esponja (propuesta)**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

Como se puede observar en la tabla V, el ciclo de fabricación del sistema es de un día, seis horas y cuarenta minutos. Al aplicar la manufactura sincrónica, el ciclo para la fabricación del sistema sería igual al ciclo de fabricación del cuello de botella, es decir, 24 horas.

Se hará necesario también que se modifiquen las políticas de recepción de los pedidos, adecuándose estos, al tiempo que se emplea en la fabricación de la esponja.

### **3.3. Herramientas de control**

Son el conjunto de técnicas y normas que se utilizan para lograr un control eficaz en el sistema de producción de un producto. Existen dos tipos de herramientas de control, unas que sirven para conocer el estado económico de una empresa a las cuales se les denomina herramientas informativas. Otras que sirven para determinar el grado de cumplimiento de los distintos objetivos empresariales y se llaman correctivas.

El control de producción, por lo general, tiene relación con todos los departamentos y con personas externas a la fábrica; por eso se considera de suma importancia y a él se le atribuye la responsabilidad de cambios y ajustes que tenga el personal como el producto mismo, por lo que es necesario utilizar distintas herramientas; algunas de ellas son:

- Recibir y registrar órdenes del departamento de ventas.
- Estimar el costo de nuevos trabajos.
- Servir de enlace entre la fábrica y el departamento de ventas o el cliente.
- Estimar las ventas.
- Mandar requisiciones de compra.
- Tomar decisiones de fabricación o de compra.
- Mantener control sobre las materias primas y los productos terminados.
- Determinar los niveles de inventarios.
- Estimar las necesidades de mano de obra y maquinaria para cumplir con los programas.
- Programar y mantener la producción en toda la planta.
- Hacer dibujos detallados de un producto.
- Mandar órdenes de producción.
- Activar ejecución de las órdenes.

### **3.4. Aplicación de las herramientas de control**

Para que el sistema de control de producción sea eficaz, es necesario que se apliquen algunas de las herramientas de control anteriormente expuestas, ya sea que no existan o para el mejoramiento de algunas; entre las más importantes están:

- Recibir las requisiciones por el departamento de ventas, ya que de él depende la elaboración del producto.
- Realizar los pronósticos de ventas.
- Crear las requisiciones de compras.
- Hacer las órdenes de producción.
- Ejecutar los planes diseñados.

También se pueden emplear otras herramientas utilizadas para la planeación-control, y así llevar un buen control del área, tales como:

#### **3.4.1. Auditoría administrativa**

Es la confrontación periódica de la planeación, organización, ejecución y control administrativo de una compañía. Revisa el pasado, presente y futuro de empresa. Además, chequea las diferentes áreas de la compañía con el fin de verificar si están logrando el máximo resultado de sus esfuerzos. Solo se puede realizar una auditoría administrativa a una organización que tenga suficiente tiempo funcionando. Esto ayuda a establecer un patrón de su comportamiento. Los beneficios de este tipo de auditoría son:

- Revisión de las nuevas políticas y prácticas, tanto respecto a su conveniencia como a su cumplimiento.

- Identificación de áreas débiles dentro del área, que requieren mayor apoyo.
- Mejor comunicación; esto permite informar a los empleados del estado de la empresa.
- Mide el grado de efectividad de los controles administrativos actuales.
- La auditoría administrativa se ocupa del punto de vista general, no evalúa el funcionamiento personal.

Los resultados de la auditoría administrativa son reflejados en un reporte de auditoría que está escrito desde un punto de vista y con un estilo que presente resultados y recomendaciones objetivas, haciéndolos tan impersonales como sea posible.

El trabajo del auditor es practicar la auditoría; la implantación de sus recomendaciones es potestad del gerente que tenga la autoridad suficiente sobre el área o actividad de que se trate. En otras palabras, si un funcionario puede hacer el cambio deseado, un reporte de auditoría debe ir dirigido a él.

La auditoría en sí certifica lo que la organización ha hecho por sí misma y lo que ha hecho para sus clientes o receptores del producto; para esto debe evaluar ciertos factores tales como: eficiencia de la producción, efectividad en las entregas, desarrollo del personal, aumento de utilidades, relaciones públicas y responsabilidad social, entre otros.



### **3.4.2. Reportes - informes**

Son todos aquellos que facilitarán el proceso de control, por ejemplo: reportes de producción, informes de almacenamiento, reportes de calidad, entre otros. El estudio de los datos que ellos arrojan y su comparación con otros reportes similares, ayudarán al supervisor a la toma de decisiones y a un mayor conocimiento del estado de la planta.

Los reportes de producción son una herramienta con la que se puede controlar, analizar y aprender de los procedimientos de producción de la empresa. Dado a que la empresa fabrica esponjas, por ejemplo, un reporte semanal puede ayudar a determinar lo que funciona y lo que no, en períodos de tiempo específicos y la demanda del producto.

Un reporte de calidad ayudará a evaluar el sistema de control de la fábrica, el cual es diseñado para asegurar la calidad del producto y de los procesos.

### **3.4.3. Análisis estadístico**

Es muy importante para un buen control, realizar análisis estadísticos de los innumerables aspectos de la operación de la empresa, así como la presentación clara de estos, ya sean históricos o de pronóstico.

La mayor parte de los administradores comprenden mejor los datos estadísticos cuando se les presenta en forma gráfica, allí se dan a conocer mejor tendencias y relaciones.

Los datos deben ser presentados en forma tal que puedan realizarse comparaciones con ciertos estándares.

Puesto que ningún gerente puede hacer nada respecto del pasado, es esencial que los reportes estadísticos muestren tendencias para que las personas que los observan puedan extrapolar y estimar el rumbo o tendencia.

Esto significa que la mayor parte de los datos, cuando se presentan en gráficas, deben estar disponibles en promedios de tiempos para eliminar las variaciones debidas a períodos contables, factores estacionales, ajustes contables y otras variaciones asociados con tiempos determinados.

### **3.5. Tipo de control de producción que se empleará**

El control es una función administrativa que permite verificar, constatar, palpar, medir, si los procesos, elementos o sistemas están cumpliendo y/o alcanzando o no los resultados esperados. Entre los distintos tipos de controles que se pueden llevar a cabo en la fábrica, se pueden mencionar:

- Control de producción, medidas que logren el óptimo rendimiento en las unidades, cumpliendo con las necesidades de las ventas.
- Control de calidad, corregir cualquier desvío en los estándares de calidad del producto.
- Control de costos, verificar continuamente los costos de producción de materia prima o de mano de obra.
- Control de tiempo de producción, para eliminar desperdicios de tiempo o esperas innecesarias.

- Control de inventarios, de materias primas, partes y herramientas, productos, tanto en proceso como terminados, entre otros.
- Control de operaciones.
- Control de desperdicios.

El control de la producción se deriva de la necesidad de dirigir la producción y combinar los equipos y recursos existentes con el fin de obtener de ellos una alta productividad. Además se establecen los controles para medir el desempeño de la fábrica y para tomar acciones correctivas oportunamente. Entre los controles que se pueden implementar en la fábrica se describen los siguientes:

#### **3.5.1. Control anticipado**

El tipo más deseable de control, evita los problemas que se esperan porque ocurre antes de la actividad real. Está dirigido a futuro. Por ejemplo, los gerentes de una empresa manufacturera de calzado podrían contratar a más personal tan pronto como el gobierno anuncie que esa empresa ha ganado un contrato importante para fabricar los zapatos para la policía nacional. Al contratar al personal con antelación se evitan posibles demoras. Por lo tanto, la clave del control anticipado está en tomar medidas antes que se presente un problema.

Los controles anticipados permiten a los gerentes evitar problemas, en lugar de tener que remediarlos más adelante. Por desgracia, estos controles requieren información oportuna y exacta, muchas veces difícil de encontrar.

### **3.5.2. Control concurrente**

El control concurrente, como lo dice su nombre, sucede al mismo tiempo que transcurre la actividad. Cuando el control es instituido al mismo tiempo que se lleva a cabo el trabajo, se pueden corregir los problemas antes que resulten muy costosos.

La forma más conocida de control concurrente es la supervisión directa. Cuando un gerente supervisa directamente las acciones de un empleado, puede vigilar las acciones de este y al mismo tiempo corregir problemas conforme se vayan presentando. Aun cuando, evidentemente, existe cierto espacio entre la actividad y la respuesta correctiva, la demora es mínima.

### **3.5.3. Control retroalimentado**

El tipo de control que goza de más popularidad depende de la retroalimentación y se presenta cuando ha terminado la actividad. El mayor inconveniente de este tipo de control es que, para cuando el gerente cuenta con la información, el daño ya está hecho. Sin embargo, en el caso de muchas actividades, el control retroalimentado es el único tipo viable que se tiene al alcance.

Cabe señalar que el control retroalimentado tiene dos ventajas sobre el anticipado y el concurrente. En primer lugar, la retroalimentación ofrece a los gerentes información significativa acerca de cuán eficaz fue su planificación. La retroalimentación que arroja poca variación entre el estándar y el desempeño real es prueba de que, en general, los planes estuvieron bien dirigidos a la meta. Si la desviación es grande, el gerente podría usar esta información para hacer otros planes más eficaces.

En segundo, el control retroalimentado podría reforzar la motivación de los empleados. Las personas quieren obtener información sobre su grado de desempeño. La retroalimentación les proporciona dicha información.

Se debe buscar la manera de emplear de forma equilibrada una combinación de los tres tipos de control.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

En este capítulo se contemplan todos los aspectos necesarios para que el nuevo diseño del sistema de control sea aplicable, controlable y óptimo para el nuevo proceso. La implementación de un nuevo sistema servirá para mejorar y beneficiar grandemente a la empresa, basándose en la premisa que sostiene que cualquier empresa desea reducir costos para aumentar las ganancias.

### **4.1. Modificación y adaptación de los procesos actuales**

El área de espumado es donde se realiza la mezcla de los componentes químicos que se utilizan para hacer la esponja de poliuretano.

No mezclar correctamente los químicos afectará a la hora que la esponja se envíe al proceso de enfriamiento, ya que la esponja que se obtendrá será de baja calidad y eso hará que la empresa no mantenga un estándar deseado, influyendo en la disminución de las ventas de la misma. Es por eso que es muy importante mantener un control en todo el proceso que se realiza en esta área.

La elaboración de la esponja de poliuretano debe mantenerse en control; es necesario mantener un lote pequeño de inventario para que rote de una mejor manera. Es allí donde se debe trabajar la sincronización del proceso para que el tiempo se reduzca, el cliente se mantenga satisfecho y los costos sean menores. Al implementar un nuevo sistema, se debe analizar la propuesta antes de llevarla a cabo para ver si es viable y luego poder continuar con el proceso, en el caso de no ser viable hay que ver otras propuestas que puedan favorecer a la empresa para minimizar los costos y aumentar su productividad.

#### **4.1.1. Capacitaciones**

La capacitación es un factor estratégico para garantizar la competitividad de la empresa, por lo que es necesario capacitar constantemente a los facilitadores y a todos los operadores.

Es conveniente que sean diseñados y puestos en marcha programas de capacitación basados en las necesidades de los colaboradores y de la empresa.

Un buen plan de capacitación debe contemplar los conocimientos, las habilidades y las actitudes que el colaborador debe adquirir, reafirmar y actualizar para desempeñar con una mayor eficiencia y eficacia sus labores. Por ejemplo, en la parte técnica operativa, se pueden brindar capacitaciones sobre manejo de equipo, nuevas tecnologías, manejo de productos químicos, control estadístico, seguridad en el área de trabajo, entre otros, así también en la parte personal, se pueden impartir cursos sobre trabajo en equipo, manejo de conflictos, entre otros.

Es conveniente capacitar al personal que ya labora en la empresa para que pueda ser ascendido a puestos de mejor nivel e inclusive, para moverlos de un área operativa a una administrativa.

Cuando el personal de la empresa logra ocupar mejores puestos y la gente está consciente que hay posibilidades de crecer dentro de la organización, el esfuerzo que se realiza es mayor, el grupo se identifica y la empresa se fortalece.

Así pues, se podrá hacer que los facilitadores adquieran conocimientos sobre herramientas administrativas, financieras, o los operarios puedan aprender nuevas metodologías, para realizar su labor de tal manera que se le facilite y pueda cumplir con las expectativas.



#### **4.1.2. Información continua**

Dentro de cualquier organización la información fluye día con día, y cada actividad genera más información que puede apoyar las distintas tareas que se llevan a cabo para su buen funcionamiento. En todos los departamentos de todas las organizaciones se genera información, como en el departamento de recursos humanos, finanzas, contabilidad, limpieza, producción, entre otros departamentos.

La información se genera debido a las actividades que se llevan a cabo en cada departamento y el éxito de estos mismos depende de la visión que se tenga y en qué se apoyan para lograr las metas establecidas; sin duda alguna, el apoyo en la información que se genera dentro de ese departamento es una base sumamente sustentable y creíble para tomarse en cuenta en posibles tareas.

Los datos históricos de una empresa pueden marcar el camino a seguir para las tareas que se lleven a cabo dentro de la organización; estos datos no son sino información almacenada y procesada para su interpretación y para ser tomada en cuenta como una guía a seguir de lo que se debe y lo que no se debe hacer según experiencias de la misma empresa. Cualquier empresa que no registre sus actividades, constantemente se verá en los mismos errores una y otra vez, hasta que se percate de cuál es el error y lo documente para su utilización en un futuro.

El manejo de información permite identificar cuáles son las fortalezas y cuáles las debilidades y sectores vulnerables como organización.

Teniendo en cuenta que se sabe con certeza cuáles son las debilidades y fortalezas, se puede tener una planeación más alcanzable y factible; también se puede identificar dónde se tiene que trabajar más y qué parte de la empresa

necesita mayor atención. Esto ayudará a tener un control más amplio sobre el funcionamiento de todas las actividades de la organización.

La información debe fluir dentro de la empresa sin ningún obstáculo, y evitar toda situación de estancamiento, ya que es la forma más adecuada de sacar el mayor provecho a la información que maneja.

La información tiene un carácter instrumental, no finalista, y sirve de soporte en todos los ámbitos de la empresa. Ya no puede ser considerada como un mero soporte o apoyo de las actividades de la empresa, sino como uno de sus principales recursos o activos.

Debido al carácter instrumental de la información, se puede emplear esta para comunicar sobre las políticas de la empresa, decisiones que afecten a los colaboradores, planes de trabajo, nuevos planes de incentivos y métodos de prevención de accidentes.

Por lo que se puede afirmar que: “La información es la parte fundamental de toda empresa para tener un alto nivel de competitividad y posibilidades de desarrollo”.

#### **4.1.3. Supervisión continua**

La supervisión dentro de la industria, es un proceso basado en empleo de técnicas especializadas, que tiene como fin utilizar proporcionadamente los factores que hacen posible la ejecución de los procesos de trabajo: el talento humano, la materia prima, los equipos, la maquinaria, las herramientas, el dinero, y demás elementos, ya sea de forma directa o no, intervienen en la producción

de bienes o productos realizados para la satisfacción de un mercado cada día más exigente, y que a través de su utilización contribuye al éxito de la empresa.

Para supervisar se requiere: planear, organizar, dirigir, ejecutar y retroalimentar constantemente, asimismo, se debe realizar con constancia, perseverancia y dedicación aunada a la necesidad de contar con habilidades interpersonales.

La retroalimentación constante, en el caso de estudio, será la capacidad del facilitador o supervisor, para recoger las reacciones de los operadores mediante lenguaje verbal o no verbal, y de acuerdo con la actitud de estos para modificar su mensaje. Tanto las personas que lo dan como las que lo reciben tienen sus propios sentimientos, emociones y percepciones.

Retroalimentar o dar *feedback*, en el ámbito laboral, significa que quien lo da está informando a quien lo recibe acerca de su desempeño en una tarea realizada y el grado de acierto respecto de lo que la empresa esperaba de él. De esta forma se mantienen e incrementan las fortalezas, y se estipulan áreas de mejora en los aspectos débiles. Así pues el *feedback* se convierte en una herramienta clave para mejorar las relaciones interpersonales.

Para lograr a través del *feedback* un impacto donde se logre el objetivo inicial, este se debe dar por medio de una técnica específica, ya que no se sabe cómo lo va a recibir la persona y quién puede optar por una actitud positiva o negativa, pues de dicha actitud dependerá en buena parte que la persona implemente cambios.

Además de dar y recibir la retroalimentación, el supervisor debe observar, identificar, analizar y registrar todas y cada una de las actividades que se lleven

a cabo dentro del área de trabajo. Debe asegurar los avances de todas las actividades realizadas por los integrantes del equipo de trabajo, haciendo uso de los sistemas y herramientas de control que tenga disponibles, para el registro y una sana comunicación de la información correcta hacia todos los interesados dentro de la empresa.

#### **4.2. Índices de evaluación de la efectividad del sistema**

Los índices de evaluación son útiles como parámetros de medición del cumplimiento de las mejoras esperadas del nuevo sistema de control de producción.

El nuevo sistema de control tiene como objetivo facilitar a la empresa las responsabilidades de planeación y control de cada uno de los grupos operativos, información permanente e integral sobre su desempeño, que les permita autoevaluar su gestión y tomar los correctivos del caso.

Los índices de evaluación pueden ser todas aquellas formas en donde se lleva un control de las eficiencias, rendimientos y controles de los productos existentes.

Es importante que la empresa desarrolle e implemente indicadores de desempeño (KPI) que serán los índices de evaluación para la empresa. Ya que es necesario hacerlo porque lo que no se mide, no se mejora, y para que la empresa crezca y pueda mejorar a la competencia es necesario medir su desempeño.

Las formas de evaluarlo se pueden ver por medio de un análisis financiero del nuevo sistema y evaluando si los gastos de la nueva área es menor a los

ingresos generados por abrir esta área, ya que es importante mantener siempre este constante análisis para saber si es necesario mantener este tipo de implementación.

A la vez hacer un análisis conforme a los formatos de control para ver:

- Si los rendimientos y las eficiencias de los operarios son mayores.
- Que se disminuyan los accidentes que se puedan dar en la empresa y haya una mayor seguridad.
- Que haya menores desperdicios de material.
- Que el mantenimiento de las máquinas sea constante para evitar las fallas y averías que puedan tener y prolongar su vida útil, entre otros.

Así se podrá evaluar que este nuevo sistema ha reducido costos y mejorado la producción de la elaboración de esponjas.

Así pues se pueden tener índices de eficiencia, índices de tiempos de entrega, índices de desperdicios, índices de producción, índices de accidentes laborales, entre otros.

#### **4.3. Eficiencia y productividad del proceso**

Los costos en el proceso si se mantiene un flujo sincronizado de producción, el inventario en proceso en cualquiera de las áreas de producción que se encuentren inmediatamente después del “tambor”, no debe ser mayor a la capacidad de este último.

Una forma fácil de medir este índice, la constituye el concepto de días en dólares o en quetzales, según como lo maneje la empresa, una medición del valor

del inventario y del tiempo que este permanece dentro de un área. Para utilizar esta medida, se podría simplemente multiplicar el valor total del inventario por el número de días que el mismo permanece dentro del área.

Los días en dólares o quetzales pueden resultar beneficiosos de varias maneras. Debe considerarse la práctica corriente de utilizar las eficiencias o el uso de los equipos como medida de desempeño. Para obtener altas utilidades se mantienen grandes cantidades de inventario para que todo siga funcionando.

Sin embargo, unos grandes inventarios darían como resultado un alto número de días en dólares o quetzales.

Otra manera de evaluar la eficiencia del área sería midiendo el índice de rotación de inventario, el cual es igual al costo del producto facturado durante un período determinado, dividido por el inventario promedio durante dicho período, y se interpreta como la cantidad promedio de veces que se ha renovado el inventario en determinado período de tiempo.

La eficiencia y productividad del proceso estarán determinadas por los tres parámetros de evaluación de la “Teoría de las restricciones”: facturación, inventario y gasto de operación; si se logra controlar esas tres variables incrementando la facturación y disminuyendo las otras dos, automáticamente se estará siendo eficiente y productivo, y se podrá analizar por medio de los costos en el proceso.

#### **4.4. Monitoreo de índices de evaluación de la efectividad del sistema**

La manufactura sincrónica promueve el cierre de órdenes de producción en vista que alimenta al sistema órdenes que están relacionadas con el ciclo de fabricación y que por lo tanto deben ser cerradas en dicho ciclo.

Debido a la necesidad que el proceso de fabricación de esponjas sea más flexible, se hace imperativo que los lotes de fabricación sean cada vez más pequeños. Esto también simplifica el procedimiento de apertura y cierre de órdenes de producción.

El procedimiento más eficaz de monitoreo es aquél que se realiza frecuentemente. Para este caso se creará un comité evaluador que se reunirá todos los días para el chequeo de pedidos pendientes, días en dólares o en quetzales de inventario, generación de *throughput* o la demanda atendida y cierre de órdenes de producción.

Para lograr que la evaluación sea colegiada, el comité estará integrado por un representante del Departamento de Ventas, un representante del Departamento de Logística y un representante del Departamento de Producción. Este comité será el encargado de identificar las amenazas al cumplimiento de los índices y poder así prevenirlas.

#### **4.5. Medición e informes**

La medición de los indicadores se realizará mediante la implementación de distintos tipos de control dentro del proceso productivo, antes del proceso, durante el proceso y llegando más allá de finalizado el proceso productivo.

#### **4.5.1. Control antes del proceso**

Antes que inicie el proceso de fabricación de esponja de poliuretano se debe comprobar que los componentes, así como las mezclas de los distintos químicos empleados en las distintas formulaciones, garanticen la estandarización de la producción. Por eso se hace necesario la creación de un proceso de calibración de los distintos componentes.

##### **4.5.1.1. La dosificación de los componentes**

El ingeniero químico y el encargado de área deben hacer unas pruebas de los componentes para obtener la fórmula ideal para hacer una esponja, dosificando cada uno de los componentes para tener las cantidades ideales que permitan obtener el mejor control de calidad.

Para controlar la dosificación de los componentes químicos para espumar, se debe de hacer un proceso de pasos correlativos, para que esto se haga de una forma adecuada y no haya errores en el transcurso de las verificaciones y se mantenga un control.

El operador para lograr esta actividad deberá quitar el protector de las áreas donde expulsa el líquido la máquina espumadora, con un tubo, ingresándolo en la máquina para sacar por allí el primer líquido. Para esto se necesitará una pesa en kilogramos y una en gramos.

- Poliol: se usará un tambo metálico en donde se ingresará el líquido; el encargado de área ingresará los tiempos en los *timers* conforme a la fórmula, luego le dará la opción de sacar el líquido. Al salir el poliol de la espumadora, el operario deberá pesar el líquido, con ello el encargado



verificará los datos de la fórmula versus el peso real del líquido que sale de la espumadora; comprobará si la fórmula está en lo correcto, y deberá corregir los tiempos para que estén calibrados; se hace la prueba por lo menos dos veces.

- Cloruro de metileno: se usará un balde para la medición, y se usará la pesa de gramos; se hace el mismo procedimiento que el anterior para observar que la medida de este componente sea la correcta.
- Silicona: se usa un balde más pequeño para hacer las mediciones de la silicona que se usa para la elaboración de la esponja y se hace el mismo procedimiento de los anteriores, utilizando la pesa de gramos.
- Amina: por la poca cantidad que se usa en la mezcla se pesa en un vaso para esta medición, y se usa la pesa de gramos, por la válvula de amina se deberá sacar el líquido y se hará el mismo procedimiento.
- Agua: en la mezcla para hacer la esponja de poliuretano se necesita el agua, ya que esta hace reaccionar los químicos y le da su volumen deseado; se emplea poca cantidad de agua y se mide de la misma manera que los anteriores.
- TDI: este químico es uno de los más fuertes y su olor es desagradable, por lo que se necesitará protección de careta o mascarilla para no olerlo, es el último en ingresar a la fórmula por la reacción que mantiene. Este componente necesita una bolsa que se coloca en una carreta para que ingrese el líquido y se mide en la pesa de kilogramos; se debe verificar como se hizo en los anteriores procedimientos.

#### **4.5.1.2. Verificación de los *timers***

Esta verificación se hace paralelamente al proceso de verificación los componentes de la esponja, ya que por medio de los *timers*, se puede medir los tiempos necesarios para cada formulación, y si en la medición de algún componente se da una variación de error fuera de los límites permitidos, entonces el encargado deberá supervisar la fórmula para modificar los tiempos y poder modificar la fórmula.

#### **4.5.1.3. Presión del aire de la máquina de espumado**

El encargado de área deberá supervisar que las máquinas estén bien calibradas y lubricadas diariamente y que la maquinaria esté en buen funcionamiento. El operario le debe dar una inspección visual completa a la máquina para asegurarse de que todas las mangueras se encuentren bien colocadas y en perfecto estado; de no ser así es preferible no encenderla y notificarlo al encargado del área.

Se deberá implementar una lista de chequeo para registrar este proceso y con ello poder tener información sobre cuándo y quién realizó la verificación, así como los puntos que abarcó la misma, para que en caso de alguna falla se pueda determinar si en la inspección se llevó a cabo según el proceso correcto.

Figura 36. **Ejemplo de lista de chequeo para el proceso de inspección de la máquina de espumado**

Lista de chequeo - máquina de espumado			
Nombre de quien realizó la inspección: _____			
Fecha:                    /                   /			
Hora:                     _____			
Puntos chequeados	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/>
<b>1 Calibración de la máquina</b>			
¿La máquina de espumado está calibrada?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
<b>2 Lubricación de la máquina</b>			
¿Se observa buena lubricación de los componentes de la máquina de espumado?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
<b>3 Estado de las mangueras de aire</b>			
¿Están las mangueras en buen estado?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
¿Están las abrazaderas de las máquinas bien apretadas?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
<b>4 Estado general de la máquina</b>			
¿Está la máquina en condiciones de ser utilizada?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO
<b>Observaciones</b>			
<div style="border: 1px solid black; height: 40px;"></div>			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

Esta verificación es de las más sencillas de realizar, ya que la presión que tiene que mantener la máquina es la misma para cualquier proceso de espumado. En la pantalla de la máquina se despliega la presión que se está utilizando y se

debe verificar que sea siempre la misma. Siempre el encargado del área deberá estar pendiente que la presión sea constante, de no ser así deberá calibrar hasta que obtenga la presión deseada.

#### **4.5.2. Control durante el proceso**

Luego de realizar los respectivos controles antes de iniciar el proceso de espumado verificando la dosificación de los componentes, los tiempos que se necesita emplear según sea la formulación y revisión de maquinaria y equipo a utilizar, el encargado procede a realizar el espumado.

##### **4.5.2.1. Proceso de espumado**

Se transportan los componentes que se necesiten y se colocan dentro de las bombas de succión y se preparan para su uso; se debe accionar la bomba e insertar la manguera en el tonel para que se realice la succión de los componentes.

Abrir las válvulas que se encuentran abajo del depósito para que no obstruyan el paso del químico, encender la maquinaria, ingresar los tiempos en los *timers* según las fórmulas, esperar para colocar el recipiente que recibe los residuos de la mezcla de la espumadora, y colocar el molde donde caerán los componentes.

Cuando son ingresados los componentes, se deberá rápidamente colocar sus laterales para cerrar el molde y de forma simultánea esperar que se cierre la máquina espumadora para recibir los residuos.

Figura 37. **Proceso de mezclado**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

En pocos minutos aumentará el volumen y se obtendrá un espumado.

Figura 38. **Proceso de espumado**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

#### **4.5.2.2. Proceso de curado**

Cuando se termina el proceso de crecimiento, los bloques se colocan en un área de almacenaje amplia con una temperatura fresca (20 °C – 24 °C) y mantenerlo un tiempo de 24 horas, cuando el ambiente afecte al curado de la esponja; se ponen en marcha los ventiladores para mantener la temperatura ideal para que se transforme en esponja.

**Figura 39. Esponja en enfriamiento**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Es necesario implementar controles en el proceso de espumado, ya que para mantener una esponja de calidad y de un confort deseado, se debe supervisar la elaboración del espumado y la finalización del mismo para que no haya ningún problema al usarlo en la elaboraciones de artículos, muebles, entre otros, en donde se use una esponja para que le dé confort.

Toma de densidad: los cálculos de la densidad se realizan mediante la cantidad indicada en la fórmula, ya que para que la densidad aumente o disminuya se deben hacer modificaciones en la fórmula.

Toma de temperatura: se emplea un intercambiador de temperaturas (*chiller*), que se debe utilizar cuando la temperatura ambiente es mayor a 25 °C, para que la temperatura de los químicos en los depósitos disminuya y no ocurra ningún problema en el espumado de cilindros y bloques. Cuando la temperatura de los depósitos se estabilice, se debe de verificar en los indicadores de temperatura de los depósitos y automáticamente se apaga el *chiller*.

Mediante el uso de termocoplas, se puede controlar que el bloque mantenga la temperatura ideal según su tamaño cuando está en el período de curación (24 horas) ya que se conecta una termocopla al bloque y una hora después se puede medir la temperatura con un termómetro digital.

Tamaño de celda: se emplea un pedazo de esponja, utilizando una pajilla, esta se debe insertar y soplar dentro de la esponja, verificando la salida del aire se puede determinar si la celda está abierta o cerrada; lo ideal es que no esté tan abierta, ya que cuando esto sucede se vuelve cristalina, de igual forma cuando la celda está cerrada; esto se reconoce porque hace un ruido particular al momento de presionar la esponja, ya que si está cerrada, se agrieta.

Porcentaje de rendimiento: se debe medir el porcentaje de rendimientos que contiene la esponja, primero se deben realizar unas pruebas a los bloques, al bloque que se realizará la prueba, se debe indicar mediante rotulación la siguiente información:

- Densidad

- Fecha que se espumó
- Tamaño del bloque

Se realiza el corte de unas láminas pequeñas, que son el excedente que se genera en el espumado; ya que los bloques no quedan bien formados, se hacen en la máquina horizontal.

Se deben de tomar las medidas del bloque para obtener su volumen (v), seguidamente se mide la masa (w) del bloque, para obtener la densidad (ρ) de la esponja utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{w}{v}$$

Se deben obtener las medidas de la masa del bloque con las láminas que se desperdician ( $w_f$ ), esto con el fin de saber cuál es el porcentaje de rendimiento de la mezcla, comparándola con la fórmula para la elaboración de esponja de poliuretano, de la cual se obtiene una medida teórica de la masa ( $w_t$ ); este dato servirá como punto de comparación.

La masa teórica ( $w_t$ ) se compara con la medida real de la masa del bloque (w), para obtener el dato del porcentaje de químicos (agua y cloruro) que se evaporaron, una medida alta indica que está bajo control el proceso; se debe emplear la siguiente fórmula:

$$\% \text{ evaporación} = \frac{w_t - w}{w_t}$$



Para tener el rendimiento del peso es necesario que tenga el dato de cuánto pesa las láminas que se desperdician ( $w_d$ ).

$$w_d = w_f - w$$

Y luego se obtendrá el rendimiento del peso:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{w}{w_d} * 100$$

Para obtener el rendimiento del volumen es necesario tener la comparación del volumen que se tiene al elaborar el proceso en la máquina con el real y para ello se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento volumen} = \frac{V_{\text{bloque}}}{V_{\text{cajón}}}$$

Los porcentajes de rendimiento deben oscilar entre 90 % a más para indicar que no hay ningún problema con la elaboración de la esponja. Esto quiere decir que se puede tener una tolerancia de hasta -10 % del volumen teórico.

#### **4.5.2.3. Proceso de laminado**

Se puede controlar el proceso de laminado que se da a la esponja, por medio de indicadores de control que pueden proporcionar la calidad con la que se está realizando el laminado. Los controles se pueden dar por medio de:

- Dimensiones: las dimensiones del laminado se hacen conforme al uso que requiera la industria que esté solicitando la esponja, existen distintos tipos de laminado: laminado liso, laminado corrugado, laminado en cilindro,

entre otros. Y cada laminado se puede presentar en diferentes volúmenes que dependerán del uso que se desee. Para colaborar con lo establecido en la orden que se genera para laminar los bloques de esponja que se producen, se deben de medir con una muestra de un laminado sencillamente con un metro para mantener las dimensiones que se desean en los laminados. Para medir el espesor, el operario deberá mediante con un punzón graduado o una herramienta similar cuyo diámetro no supere los 2 mm.

- Este proceso de medición deberá cumplir con la Norma UNE 92120-2, la cual indica que se deben de realizar mediciones en diez puntos diferentes dentro de la superficie, cinco de espesor alto y otros cinco aparentemente de espesor bajo. Tras este proceso, el resultado del cálculo del espesor será la media de las diferentes medidas, sin contar los cuatro valores extremos; las medidas deberán estar en un rango de incerteza del 25 % de la media general. Este proceso se realizará al menos cada 75 m<sup>2</sup> y, como mínimo, por cada unidad de obra y por día. En el caso de un nivel de frecuencia intenso, el reglamento particular de la marca N indica que la medición se debe realizar cada 50 m<sup>2</sup> y, como mínimo, una medición por unidad de obra y por día.
- Calidad de corte: la calidad de corte que se produce dependerá de la maquinaria que se utiliza, ya que para que sea más eficiente el proceso se necesita que la máquina este en las condiciones óptimas, para que garantice un buen corte en el laminado; además un operador debe estar supervisando y observando constantemente que los cortes que se producen mantengan las medidas y la calidad deseada.

- Desperdicios: los desperdicios se dan proporcionalmente al buen espumado que se da. Entre menos orificios y burbujas mantenga el bloque que se va a laminar menor desperdicio se obtendrá, ya que todas esas partes con imperfectos que se obtienen en los bloques, deben ser quitadas antes de ser laminado. Es importante además aclarar que los desperdicios se dan al tener un mal corte en el laminado, por lo que se debe de llevar un control en el corte. Entre menos desperdicios se produzcan más materia se podrá utilizar y mayores ganancias se obtendrán.

#### **4.5.3. Control después del proceso**

El control después de terminado el proceso, se centrará en el mantenimiento y preparación o reparación que la maquinaria y equipo debe recibir, para garantizar que todo el proceso sea llevado a cabo de una manera óptima y eficiente.

Para que los cortes de la esponja sean más exactos, no se debe descuidar el mantenimiento que se da a las maquinarias y el control del manejo de estas. Ya que por alguna razón fallan, la producción para y se desperdiciarán los tiempos. Es por ello que se hace la recomendación que se logren establecer los siguientes controles en las máquinas a utilizar:

##### **4.5.3.1. Lubricaciones**

Las lubricaciones que se dan a las maquinarias se deben realizar diariamente, algunas semanales y otras quincenales; para ello se necesita que se coordine con el área de mantenimiento para establecer este control, ya que este procedimiento influirá en evitar paros por fallas de la maquinaria, así como

en la mayor o menor vida útil de las mismas, pues repercute en los costos de producción.

Las máquinas de laminado deben diariamente lubricarse con aceite grado SAE 40; el departamento de mantenimiento establecerá las piezas que se deben lubricar antes o después de ser utilizadas las maquinarias en la jornada de trabajo.

Cada semana se debe realizar una limpieza total mediante la utilización de un soplete y desengrasante dieléctrico, y utilizar la grasa adecuada para el trabajo en los engranajes y cadenas que contengan las máquinas.

#### **4.5.3.2. Mantenimiento preventivo**

Un mantenimiento preventivo se realiza conforme a un programa o calendario ya asignado por el área de mantenimiento, lo que es ideal hacerle a las máquinas que se utilizan constantemente; eso ayuda a reducir los costos considerablemente, pues previenen paros repentinos en la producción, se previenen fallas graves en la maquinaria que pueden hacer que el costo de la reparación sea elevado por la premura, o el remplazo total de la máquina. Cada cierto tiempo el área de mantenimiento debe llegar a supervisar la maquinaria y comprobar que se realicen los mantenimientos correspondientes; se debe llevar un registro diario del uso que se le da a cada máquina.

#### **4.5.3.3. Verificación de componentes en general**

Se debe verificar que las cuchillas estén afiladas correctamente, para que se obtenga el corte deseado, además de afiladas deben estar lubricadas todo el tiempo; la mesa en donde se colocan los bloques debe estar siempre en

constante movimiento, por lo que se debe procurar que mantengan la lubricación en dicha mesa para que esta pueda realizar movimientos precisos.

#### 4.6. Análisis financiero

Se determinan los costos del inventario y el costo del producto terminado.

##### 4.6.1. Costos de inventario en proceso

Para determinar el costo del inventario que está en proceso en un determinado período de tiempo, en el caso de estudio, será de un mes; se debe determinar el costo por unidad de producto, para lo cual se emplea la fórmula:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo del i.i. del proceso} + \text{costos del mes}}{\text{Producción equivalente del mes}}$$

Por ejemplo, según el informe de la situación de los costos de producción para un mes, se tiene la siguiente información:

Tabla VIII. Datos de los costos producción del ejemplo

INFORME DE COSTOS DE PRODUCCIÓN			
INVENTARIO INICIAL DE PRODUCTO EN PROCESO			
Materia prima	Q	20 000,00	
Mano de obra	Q	10 000,00	
Costos generales de fabricación	Q	10 000,00	Q 40 000,00
COSTOS DEL MES			
Materia prima	Q	100 000,00	
Mano de obra	Q	30 000,00	
Costos generales de fabricación	Q	10 000,00	Q 140 000,00
		<b>COSTO ACUMULADO</b>	Q 180 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Datos del volumen producción del ejemplo**

INFORME DE CANTIDAD DE PRODUCCIÓN		
UNIDADES INGRESADAS AL PROCESO		
Volumen al iniciar el período		1 750
Volumen en proceso	4 500	
<b>TOTAL EN PROCESO DURANTE EL PERÍODO</b>		<b>6 250</b>
UNIDADES RESULTANTES DEL PROCESO		
Producción terminada y entregada		4 167
Producción en proceso		2 083
<b>TOTAL EN PROCESO EL PERÍODO</b>		<b>6 250</b>

Fuente: elaboración propia.

Suponiendo que la producción en proceso se encuentre a un 60 % para ser terminada, se tiene:

$$\text{Prod equivalente} = \text{prod terminada} + \text{prod en proceso} * 0,60$$

$$\text{Prod equivalente} = 4\,167 + 2\,083 * 0,60$$

$$\text{Prod equivalente} = 5\,417 \text{ unidades}$$

De acuerdo con la fórmula del costo unitario, este se obtendrá aplicando los siguientes cálculos:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo del i. i. del proceso} + \text{costos del mes}}{\text{Producción equivalente del mes}}$$

Tabla X. **Cálculos costo unitario de producción**

Concepto	Costo Inventario Inicial	Costo del mes	Costo total	Producción equivalente	Costo unitario
Materia prima	Q 20 000,00	Q 100 000,00	Q 120 000,00	5 417	Q 22,15
Mano de obra	Q 10 000,00	Q 30 000,00	Q 40 000,00	5 417	Q 7,38
Costos Generales	Q 10 000,00	Q 10 000,00	Q 20 000,00	5 417	Q 3,69
<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN EQUIVALENTE</b>					<b>Q 33,23</b>

Fuente: elaboración propia.

Con el dato anterior se podrá determinar la distribución de los costos de producción de la siguiente manera:

Costo rubro de producción = producción equivalente x costo unitario

Costo materia prima = 1 250 x Q 22,15 = Q 27 690,60

De la aplicación de la fórmula anterior se obtienen los siguientes datos:

Tabla XI. **Costo total producto en proceso**

PRODUCTO EN PROCESO	Producción equivalente	Costo unitario	Costo producción equivalente
Materia prima	1 250	Q 22,15	Q 27 690,60
Mano de obra	1 250	Q 7,38	Q 9 230,20
Costos Generales	1 250	Q 3,69	Q 4 615,10
<b>Costo total del producto terminado</b>			<b>Q 41 535,91</b>

Fuente: elaboración propia.

Por lo que se determina, para este caso, que el costo del producto en proceso es de Q 41 535,91.

#### 4.6.2. Costos de producto terminado

Del ejemplo anterior también se puede determinar el valor del producto terminado.

*Costo rubro de producción = producción equivalente x costo unitario*

*Costo materia prima = 4 167 x Q 22,15 = Q 92 309,40*

Tabla XII. **Costo total producto terminado**

PRODUCTO TERMINADO	Producción equivalente	Costo unitario		Costo producción equivalente	
Materia prima	4 167	Q	22,15	Q	92 309,40
Mano de obra	4 167	Q	7,38	Q	30 769,80
Costos generales	4 167	Q	3,69	Q	15 384,90
<b>Costo total del producto terminado</b>					<b>Q 138 464,09</b>

Fuente: elaboración propia.

Para este caso, que el costo del producto terminado es de Q 138 464,09.

Además del costo del producto terminado o en proceso, también se puede determinar el costo de almacenaje del producto.



Tabla XIII. **Costos de inventario en almacén**

COSTOS DE ALMACENAJE	Densidad de esponja tamaño normal					Total
	15	17	19	20	22	
<b>Kilos a almacenar</b>	<b>3 000</b>	<b>1 000</b>	<b>1 250</b>	<b>2 000</b>	<b>500</b>	<b>7 750</b>
Costo primo * Kilo	Q 5,00	Q 5,00	Q 5,00	Q 5,00	Q 5,00	Q 5,00
Costo final * Kilo	Q 1,50	Q 1,50	Q 1,50	Q 1,50	Q 1,50	Q 1,50
Gastos de almacén	Q 0,50	Q 0,50	Q 0,50	Q 0,50	Q 0,50	Q 0,50
Costo financiero * Kilo	Q 0,25	Q 0,25	Q 0,25	Q 0,25	Q 0,25	Q 0,25
Amort. Inventario en bodega	Q 2,00	Q 2,00	Q 2,00	Q 2,00	Q 2,00	Q 2,00
<b>Total costos por Kilo</b>	<b>Q 9,25</b>	<b>Q 9,25</b>	<b>Q 9,25</b>	<b>Q 9,25</b>	<b>Q 9,25</b>	<b>Q 9,25</b>
<b>Total * densidad</b>	<b>Q 27 750,00</b>	<b>Q 9 250,00</b>	<b>Q 11 562,50</b>	<b>Q 18 500,00</b>	<b>Q 4 625,00</b>	<b>Q 71 687,50</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.7. Tiempo de entrega del producto terminado

La importancia de cumplir con los tiempos de entrega del producto radica en la credibilidad y satisfacción del cliente, ya que, además de recibir un producto de alta calidad y a un precio justo, recibe un servicio de excelencia y en el tiempo requerido.

Este nivel de servicio se debe fomentar y medir, también entre los clientes internos que conforman el sistema de producción de la empresa en estudio.

Una manera fácil de medirlo es relacionarlo directamente con el ciclo de fabricación del sistema, y una manera de agilizarlo es que se procure el flujo continuo de material por el sistema, específicamente por el tambor del proceso, para que fluya el inventario acorde a la proporción de los pedidos que han realizado los clientes.



## **5. MEDIO AMBIENTE**

### **5.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala**

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la institución rectora de la gestión ambiental, a la cual le corresponde velar por la protección de los sistemas naturales, mediante la propuesta de normativa ambiental correspondiente y su aplicación.

Entre las facultades que posee el Ministerio se tiene:

- Licencias ambientales.
- Evaluación de los instrumentos ambientales.
- Control del cumplimiento de la normativa ambiental.
- Educación ambiental.
- Control y seguimiento de las medidas de mitigación dentro de las diferentes actividades económicas.
- Asesoría en producción más limpia.

#### **5.1.1. Política para la gestión de la calidad ambiental**

Según el artículo 5 del Acuerdo Gubernativo 791 - 2 003 “Normativa sobre la política marco de gestión ambiental”, los ejes del área de gestión de la calidad ambiental son los siguientes:

- Prevención ambiental
- Evaluación, control y seguimiento ambiental

#### **5.1.1.1. Prevención ambiental**

La gestión ambiental preventiva se orienta a evitar que en el futuro se produzcan situaciones que atenten contra el medio ambiente. Se trata de no cometer de nuevo los errores del pasado, a modo de evitar los gastos de recursos que normalmente significa revertir condiciones críticas.

#### **5.1.1.2. Evaluación, control y seguimiento ambiental**

El seguimiento ambiental, en general, tiene por objetivo monitorear la evolución del ambiente en un proyecto desde las fases de construcción, operación y abandono de la actividad. El control ambiental se aplica sobre todo al cumplimiento de las medidas de mitigación, protección y mejoramiento.

Es en cumplimiento de lo anterior que el MARN publicó el Acuerdo Gubernativo 258 - 2 010 (“Herramienta técnica para la competitividad y la gestión ambiental preventiva”) dentro del marco de la política de producción más limpia, en respuesta a los requerimientos del Estado, las empresas y la sociedad civil para apoyar a la competitividad y sostenibilidad del país.

El concepto de producción más limpia, se puede definir como la aplicación constante de una estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a la vida humana y al medio ambiente.

La producción más limpia, incluye, la puesta en práctica de una estrategia ambiental preventiva; la conservación de materias primas, agua y energía; la eliminación de materiales tóxicos; la reducción de la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos del proceso productivo; reducción de los impactos en todo

el ciclo de vida del producto y la constante aplicación de conocimientos, mejoramiento de tecnología y cambio de la cultura organizacional.

La producción más limpia está contenida dentro del marco de gestión ambiental dentro de una empresa.

### **5.1.2. Manejo sostenible del patrimonio natural**

Dentro de la normativa en relación a la gestión ambiental, se contemplan ejes para el manejo sostenible del patrimonio natural, estos son:

#### **5.1.2.1. Recursos naturales renovables**

Dentro de la política de producción más limpia, es importante el proteger, conservar, regenerar, investigar y utilizar sosteniblemente los recursos naturales bióticos, ya que estos constituyen las condiciones básicas para la vida humana; además estos también en un alto porcentaje forman parte de las materias primas en las que se basa la economía nacional.

#### **5.1.2.2. Cuencas hidrográficas y agua**

Se debe procurar de manera especial, la protección y el favorecimiento de la regeneración natural del ciclo del agua, adoptando las medidas que impidan la degradación de la misma por actividades dentro del proceso productivo.

Debido a esto, el MARN además de lo contemplado dentro de la política de producción más limpia, cuenta con otros instrumentos legales para la conservación y uso del agua, ya que se le considera como prioridad nacional.

### **5.1.2.3.    Ámbito económico productivo**

Con la política de producción más limpia, el MARN contribuye a mejorar la gestión ambiental con la introducción de patrones de producción y consumo más amigables con el ambiente, por medio de la alineación y coordinación de las acciones de los sectores público y privado, para alcanzar un desarrollo sostenible que sustente el desarrollo económico del país.

## **5.2.       Manejo de desechos**

La metodología de producción más limpia busca hacer uso eficiente de materias primas, agua y energía, en búsqueda de reducir las emisiones y desechos en donde se generan, así como el uso de productos tóxicos.

Las industrias generan una gran cantidad de desechos, muchos de los cuales son recuperables. El problema radica en que las técnicas para aprovechar los residuos y hacerlos útiles tienen un costo elevado y en muchas ocasiones no compensa económicamente realizarlo.

En búsqueda de incorporar la metodología de producción más limpia, se deben adaptar los procedimientos para que sea factible la reutilización de los materiales desperdiciados en el mismo proceso u otra aplicación útil dentro de la empresa.

### **5.2.1.       Propuesta de manejo y eliminación de desechos**

Los desechos industriales son los restos que surgen de los materiales y otros insumos que sometidos o no al proceso productivo de transformación, ya sea por causas físicas, químicas, biológicas u otras; tienen la característica de

ser claramente identificables y susceptibles de ser medidos, siendo inevitable su generación. A estos desechos también se les denomina *scrap*.

#### **5.2.1.1. Método para recolectarlos y desecharlos**

Los residuos químicos se deben contener y cubrir con una gran cantidad de arena, tierra o cualquier otro material disponible que sea absorbente, el cual debe barrerse para ayudar a la absorción.

La mezcla puede recogerse por medio de una pala y ser depositada en botes, para luego retirarla para su eliminación. Lavar los residuos del área con agua, jabón y enjuague. El agua contaminada deberá retenerse y no permitir que fluya hacia adentro del suelo o hacia aguas superficiales. Es muy importante no verter los residuos al alcantarillado.

Los residuos sólidos producto del espumado o del laminado de los bloques de esponja, pueden ser utilizados en la creación de nuevos productos.

#### **5.2.1.2. Medidas de mitigación**

- Desechos sólidos: bajo esta denominación se incluyen, además de los residuos sólidos propiamente dichos, los materiales semilíquidos o pastosos y los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de los efluentes industriales líquidos. Estos conllevan perjuicios, en particular si son biodegradables, combustibles y/o tóxicos. Siempre es conveniente analizar la factibilidad de reciclarlos en la propia industria o en otra que pueda utilizarlos. En cada caso particular es necesario realizar un estudio integral de su generación, manejo y disposición, incluyendo su transporte que debe atenerse a una serie de requisitos.

- Emisiones gaseosas: estas incluyen partículas de distintos materiales, gases y vapores. Por lo general, tienen su origen en los generadores estacionarios de energía, preferentemente calórica, en los procesos unitarios que integran los sistemas propios de la actividad industrial de las organizaciones y en sus plantas de tratamiento de residuos, preferentemente líquidos. A semejanza de lo que sucede con los otros tipos de residuos, el control de las emisiones gaseosas comprende distintos tipos de tratamiento que complementan las acciones previstas para minimizar su generación en el origen.
- Desechos líquidos: los tratamientos de residuos líquidos generan, por lo general, residuos sólidos y lodos que deben ser objeto de tratamiento antes de su disposición final, de modo que esta no afecte al ambiente. Las medidas de protección personal en el manejo de desechos y derrames son:
  - Evacuar el área. Los derrames pueden dar lugar a superficies muy resbaladizas.
  - No comer, beber o fumar en el área de trabajo.

Entre las medidas de protección del medio ambiente que se pueden tomar, se tienen:

- Contener los desechos en un espacio especial, con tal de evitar derrames y que estos lleven a la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, traslade posteriormente a recipientes cerrados.
- Mantener los recipientes perfectamente cerrados cuando no estén en uso. El almacenamiento debe ser a prueba de incendio.



Si existe algún tipo de escape o fuga de desechos se debe:

- Ventilar el área afectada.
- Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en envases que se puedan precintar.
- Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro.
- No verterlo al alcantarillado.

#### **5.2.1.3. Beneficios obtenidos**

En relación con los desechos, la empresa debe adoptar ciertas medidas para su reducción, lo cual trae beneficios económicos y ventajas competitivas frente a otras empresas que no han incorporado procesos de producción más limpia. Algunas de estas medidas son:

- Reducir las pérdidas innecesarias de materiales: se dio inicio con la implementación del programa 5S, principiando por la eliminación de todo el material de desecho, logrando que las áreas de trabajo estén limpias y ordenadas. Con esto se busca reducir la cantidad de desperdicios y las pérdidas de materiales.

Figura 40. **Eliminación del material de desecho del área de esponja**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

- Reducir los requerimientos energéticos: este proceso de reducción se puede iniciar mediante el remplazo en la planta de producción de todos las bombillas convencionales y las lámparas incandescentes por bombillas ahorradoras o focos led; esto supone una reducción considerable de los requerimientos energéticos de la planta, impactando en los costos.
- Seleccionar los materiales de menor impacto ambiental: el uso de materia prima cuyas empresas proveedoras posean certificados ambientales tales como la ISO 14000; otra manera es mediante el empleo de materiales biodegradables, que sean amigables al medio ambiente.
- Reducir el consumo de agua y el volumen de los efluentes: en el área de esponja, la reducción del consumo se puede dar verificando que las cantidades de agua que se están empleando sean las correctas, que la

maquinaria no tenga fugas y que tampoco existan fugas en las tuberías que conducen el líquido hacia la máquina de espumado.

- Implementar sistemas de tratamiento de residuos y de gestión ambiental, entre otros: la implementación de un sistema de gestión ambiental dentro de la planta de producción sería de mucho beneficio y ayudaría al alcance de los objetivos ambientales que a futuro la empresa se puedan plantear.

Los beneficios derivados de una correcta implementación y puesta en práctica de una gestión adecuada de desechos son:

- Ahorro en costos por reutilización de materia prima reciclada, por disminución en la necesidad de mantenimiento de equipos (aire más limpio), por la venta de residuos reciclables, por un aumento en la eficiencia de producción, fruto de un mejor conocimiento de los procesos y prácticas que generan residuos o efluentes.
- Posibilidad de "vender" productos innovadores, resultantes de investigaciones destinadas a adoptar procesos productivos más limpios.
- Creación de nuevos empleos, mayores ingresos y poder de compra de la fuerza laboral empleada en la construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas, en la implementación y gestión de los sistemas de manejo de residuos sólidos y en las actividades de reciclaje de residuos, entre otras.
- La inversión industrial de capital asegura la permanencia de la planta en el área, produciendo confianza en el sector y en la comunidad que depende de los productos de esa industria.

#### **5.2.1.4. Costo del manejo de desechos**

Un buen sistema para el manejo de los desechos asegura que tanto los residuos reutilizables, como riesgosos peligrosos, sean adecuadamente separados. Esto conlleva a una reducción de los desechos y a la vez de los costos de eliminación y reciclaje.

Los residuos reutilizables o productivos, son aquellos que pueden utilizarse en el mismo u otros procesos productivos dentro de la industria que los generó o dentro de otras, en el estado que surge o mediante un tratamiento especial. Los residuos industriales tienen una vinculación económica, ya sea porque tienen un valor productivo (valor de venta, valor de mercado, entre otros) lo que no implica que tenga que contabilizarse.

En la producción de esponja se generan muchos residuos, estos se almacenan en bolsas, para ser utilizadas más adelante dentro de la fábrica como insumos de limpieza o se les dan otros usos.

**Figura 41. Residuos del laminado de esponja**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Actualmente en Guatemala existe una alta comercialización de esponja la cual es empleada en usos múltiples, por lo que una bolsa de 5 kg de residuos de esponja puede tener un valor comercial aproximado de Q35,00.

También se pueden vender los toneles vacíos en los estaban contenidos los distintos agentes químicos empleados en la producción de esponja, los toneles metálicos vacíos en el mercado tienen un precio promedio de Q75,00.

Figura 42. **Toneles vacíos que son comercializados**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Además también existe una gran cantidad de residuos de papel y cartón y metales que pueden ser vendidos.

Si se realiza el análisis de costos del manejo y la venta por semana de los residuos que pueden ser reutilizados o reciclados, se obtendrían los siguientes resultados:

Tabla XIV. **Resultado económico de la comercialización de residuos y desperdicios reutilizables**

Material	Kilos o unidades	Precio venta	Total
Esponja	125	Q35/5kg	Q4 375,00
Toneles	30	Q75/unidad	Q2 250,00
Papel	50	Q1,65/kg	Q82,50
Total			<b>Q6 707,50</b>

Fuente: elaboración propia.

Como se puede visualizar en la tabla anterior, cada semana de la venta de residuos reutilizables o reciclables, la planta puede obtener ingresos de Q6 707,50, dinero que puede ser utilizado para amortizar los costos de implementar un sistema de gestión ambiental, es importante mencionar que actualmente con el énfasis que los mercados y la economía mundial le está dando a la protección del medio ambiente; una certificación internación en este rubro se transforma en una ventaja competitiva.

### 5.3. Seguridad industrial

La seguridad industrial son las condiciones y factores que afectan o pueden afectar la salud y la seguridad de los empleados u otros trabajadores en el lugar de trabajo, en la empresa, dada la naturaleza de las materias primas, los procesos empleados y el producto final, es tema importante a tomar en cuenta.

Los poliuretanos son compuestos orgánicos, y como tales, susceptibles de combustión. Para retrasar su encendido y evitar la propagación de la llama se requiere que tengan una estructura química adecuada y se les añaden componentes ignífugantes.

El TDI está clasificado como sustancia peligrosa y de etiquetado obligatorio, teniendo que manejarse por tanto con la oportuna precaución. El grado del posible peligro dependerá ante todo de la cantidad de los vapores y aerosoles de isocianato que se desprenden durante la transformación. En el supuesto que no sea objeto de proyección, entonces la transformación entre 20 °C y 23 °C no implica problema alguno, si se realiza en recintos bien ventilados.

En las áreas de espumado y laminado es necesario mantener medidas de seguridad, y mantener constantemente en inducciones a los operarios para saber qué hacer en casos de emergencias. En las industrias que se elabora espumado se sabe que debe tenerse mucho cuidado, debido a que es en un lugar que con un descuido puede producirse un incendio o podrían cortarse, ya que las cuchillas de las maquinarias en el área de laminado son peligrosas; cualquiera de ellas podría cortarle alguna parte del cuerpo a un operario fácilmente por la potencia y la fuerza que estas conllevan.

Para eso se deben establecer medidas de seguridad que protejan al trabajador de cualquier peligro que pueda ocasionarse por negligencias

### **5.3.1. Norma OHSAS 18000**

Normativa publicada en 1999, relacionada con el tema “seguridad y salud ocupacional”; esta viene a complementar a la serie ISO 9001 (calidad) e ISO 14001 (ambiente).

La serie de Normativas OHSAS 18000 (18001 – especificaciones y 18002 – guía para implementación) brindan a las empresas elementos de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional eficaz que se pueda integrar a otros requisitos de gestión y ayuden a la empresa a lograr objetivos tanto de

seguridad y salud ocupacional como económicos. Para implementar este sistema de gestión en la planta de producción, se debe iniciar con los siguientes pasos:

- Formar un equipo de trabajo; la planta ya cuenta con una brigada de emergencias, a los que se les puede unir personal con experiencia administrativa.
- Delimitando el alcance del sistema, en este caso se iniciará con el área de producción, desde materia prima hasta las bodegas de producto terminado.
- Haciendo un diagnóstico de la planta de producción.

Para el buen funcionamiento del sistema se debe formar un grupo interdisciplinario de personas que incluyan todas las áreas de la empresa, pensando en una implementación integral del sistema, lo que permitirá analizar la problemática desde distintos puntos de vista.

El equipo de trabajo debe estar conformado por personal administrativo, técnicos, ingenieros, supervisores, operarios de planta, entre otros. Para la evaluación de riesgos es conveniente contar con una o varias personas con competencias en técnicas de evaluación. La revisión inicial es el punto de partida del sistema. Es una revisión de todas las actividades para obtener una información de la cual se formularán diferentes planes para lograr objetivos y mejoras en el sistema de gestión. En este punto se revisará lo siguiente:

- Requisitos legales
- Identificación de peligros
- Evaluación de riesgos



- Revisión de procedimientos existentes
- Puntos débiles y fuertes de la organización

La empresa podrá elegir qué actividades incluir en el sistema de gestión. El sistema podrá afectar a toda la organización o a parte de las actividades de la misma. Cuando esté definido el lugar de trabajo (sede, centro, entre otros) es necesario que todas las actividades relacionadas con la tarea que allí se realice, estén incluidas en el alcance.

La implementación del sistema de gestión se debe realizar en 5 fases, las cuales son:

- Fase 1. Definición de la política de seguridad y salud en el trabajo: en esta fase se deben establecer los principios asumidos por la alta dirección para la mejora de las condiciones de trabajo, elevando el nivel de prevención y de seguridad en todos sus aspectos y promoviendo la mejora constante de las condiciones de salud para todos y cada uno de los trabajadores.
- Fase 2. Planificación: en esta fase se debe:
  - Evaluar e identificar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores.
  - Identificar los requisitos legales para cumplir con la legislación en materia preventiva.
  - Fijar unos objetivos y elaborar un plan de acción para cumplir los mismos.

Para la implementación de la norma, en esta fase se deben establecer procedimientos claros para la identificación de peligros, identificación de

riesgos, evaluación de los mismos, así como la determinación de controles necesarios para la consecución de objetivos. Se debe planificar revisiones periódicas, por ejemplo, auditorías internas. Se debe crear un documento en donde se describa cómo se identificará la legislación, el acceso a la misma, la manera en que se realizará la actualización de dicha normativa, para que la información llegue a todos los afectados e igualmente establecer un mecanismo para actuar frente a legislación derogada.

La empresa en estudio considerará la evaluación de riesgos y los compromisos de la política a la hora de formular los objetivos. Además debe elaborar un programa que contendrá para cada objetivo, las metas para su consecución indicando los responsables, los medios y los recursos asignados.

- Fase 3. Implementación y operación: una vez definida la política, identificado y evaluado los riesgos, marcado unos objetivos para eliminarlos o minimizarlos mediante un plan de acción continúa con la implementación del sistema, mediante los siguientes puntos:
  - Definir y concretar funciones y responsabilidades.
  - Dar formación a los trabajadores para darle competencia necesaria frente a los riesgos a los que están expuestos en el trabajo.
  - Informar a los trabajadores sobre los peligros y riesgos de su entorno laboral.
  - Preparar la documentación necesaria para llevar un control y orden necesario para llegar a un buen fin.
  - Estar preparado ante cualquier situación de emergencia.

- Fase 4. Verificación: cuando el equipo de trabajo tenga identificados y evaluados los riesgos, definidos los objetivos y el plan de acción, formando e informando a los trabajadores de los mismos, planificando y controlando la documentación mediante procedimientos y registros se procederá a realizar las siguientes actividades:
  - Marcar un procedimiento de seguimiento para medir si se están cumpliendo los objetivos planteados.
  - Identificar, detectar y estudiar los accidentes e incidentes producidos.
  - Tomar acciones correctivas o preventivas de los incumplimientos detectados (ya sea documentación o accidentes producidos).
  - Realizar una auditoría interna con el objeto de evaluar el desempeño.
- Fase 5: Revisión por la dirección: la dirección deberá revisar toda la documentación, el funcionamiento global del sistema y realizar evaluaciones de eficiencia.

Una vez concluidas estas 5 fases satisfactoriamente, la empresa estará preparada para afrontar una auditoría externa de certificación en un sistema de gestión y seguridad ocupacional, basado en la Norma OHSAS 18001. Los beneficios para la empresa, al momento de la implementación de este sistema son:

- Identificar peligros, prevenir riesgos y poner las medidas de control necesarias en el lugar de trabajo para prevenir accidentes.
- Obtener menos accidentes, lo cual significa reducción de costos causados por tiempo de inactividad en la planta.

- Demuestra un claro compromiso con la seguridad de los trabajadores y puede contribuir a que estén más motivados, sean más eficientes y productivos.
- Se crea una mejor imagen de la empresa al haber un compromiso fuerte con el empleado y su seguridad.

### 5.3.2. Protección personal

El equipo de protección personal (EPP) es un elemento que se toma en cuenta dentro de la planificación, implementación y operación del sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional, por lo que es sujeto de controles y revisiones establecidas en la normativa correspondiente.

El equipo de protección personal que debe utilizarse en el área de trabajo dependerá de la operación que se está realizando, el cual al momento que se presente deterioro, debe ser reemplazado para evitar accidentes; lo ideal es el uso de protección adecuada. Es necesario que no se permita el acceso al área de trabajo, a ninguna persona sin el equipo de protección adecuado.

Tabla XV. **Equipo de seguridad que se debe de utilizar en el proceso de espumado**

Equipo de seguridad que se debe utilizar para el manejo de químicos	
Equipo	Características
Casco de poliuretano de alta densidad	Casco de alta densidad con arnés de cuatro puntos de sujeción.
Mascarilla N95	Esta mascarilla brinda protección respiratoria contra partículas sólidas y líquidas, es efectiva, brinda confort y es higiénica.

Continuación de la tabla XV.

Mascarilla N95	Esta mascarilla brinda protección respiratoria contra partículas sólidas y líquidas, es efectiva, brinda confort y es higiénica.
Guantes de nitrilo revestido	Brinda una fuerte protección cuando se está trabajando con químicos, además de su superficie lisa, el guante provee la misma comodidad que otros guantes más suaves y delgados. El tejido de algodón se encarga de la absorción de la transpiración para mayor confort durante largos períodos de uso. Deben ser anti corte nivel 5.

Fuente: elaboración propia.

En la espumadora, el operario debe utilizar una máscara con filtro para gases y vapores, ya que algunos químicos que se emplean en el fabricación de esponja, especialmente el TDI (disocianato de tolueno), son tóxicos y pueden afectar la salud, produciendo mareos, dolores de cabeza, entre otras afecciones; además el operario debe utilizar guantes a la hora de ingreso de los químicos y cuando se hagan las verificaciones de dosificaciones, también es necesario que se utilice una careta o gafas para que no haya contacto con los ojos, especialmente tener mucho cuidado con el TDI, ya que puede producir ceguera.

Figura 43. **Operadores del proceso de mezclado utilizando EPP**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Para complementar la protección del operario, este debe tener una gabacha para protección de los químicos y al momento de mover el bloque de esponja al área de curado, utilizar un cinturón para el área lumbar y con ello evitar alguna lesión, dislocación o hernia, debido a su peso.

Figura 44. **Operadores del proceso de espumado utilizando su EPP**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Para las cortadoras, se debe utilizar guantes a la hora de maniobrar el bloque en la mesa de la cortadora para proteger las manos de la cuchilla, estos como lo indica la tabla XIX, deben ser anticorte; un cinturón para el área lumbar, debido al esfuerzo que el operario realiza al momento de colocar los bloques en las máquinas o la hora de bajarlas, para evitar algunas lesiones en la columna.

Figura 45. **Operador del laminado utilizando EPP**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

### **5.3.3. Equipo contra incendios**

En la empresa existen extinguidores convencionales de ácido carbónico; estos están ubicados donde existe mayor probabilidad de iniciarse un incendio. Pero deben incorporarse más extinguidores, especialmente en las áreas donde se almacenan los químicos y en la bodega de producto terminado. Se debe utilizar extintores de polvo seco ABC o BC.

Se debe capacitar a los operarios y encargados de área en el manejo de extinguidores, asimismo se debe mantener un control periódico de las fechas de caducidad de los extinguidores que se instalarán en la empresa, su mantenimiento periódico, así como verificar que los extinguidores nunca estén bloqueados.

Además de los extintores, en la planta se cuenta con un sistema de mangueras contra incendios.

Figura 46. **Manguera contra incendios ubicada en la planta de producción**



Fuente: área de producción de la empresa DIVECO.

#### **5.3.4. Extintores**

Antes de detallar el tipo de extintor a utilizar, se debe recordar los distintos tipos de fuegos:

- Los fuegos clase A son aquellos que se producen en materiales comunes solidos que son combustibles, como la madera, papel, cartón, textiles, plásticos, entre otros. Cuando estos materiales se queman, dejan residuos en forma de brasas o cenizas.
- Los fuegos clase B son los que se producen en líquidos combustibles inflamables, como petróleo, gasolina, pinturas, entre otros. También se incluyen en este grupo el gas licuado de petróleo y algunas grasas



utilizadas en la lubricación de máquinas. Estos fuegos, a diferencia de los anteriores, no dejan residuos al quemarse.

- Los fuegos clase C son los que comúnmente se identifican como "fuegos eléctricos". En forma más precisa, son aquellos que se producen en "equipos o instalaciones bajo carga eléctrica", es decir, que se encuentran energizados.

Como se mencionó anteriormente, entre el equipo contra incendios adecuado a los procesos y materiales con los que se trabaja en la empresa en estudio, se deben instalar extintores que combatan fuegos tipo ABC o tipo BC.

Entre los extintores más utilizados en el combate contra estos tipos de fuego están:

#### **5.3.4.1. Extintor de polvo químico universal - ABC**

Los extintores de polvo químico seco (fosfato monoamónico al 75 % y otros como sales pulverizadas) (ABC) se utilizan para combatir fuego clase A (combustibles sólidos), clase B (combustibles líquidos y gases inflamables), clase C (combustibles gaseosos).

#### **5.3.4.2. Extintor de polvo químico seco - BC**

Los extintores de polvo químico son diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de incendio clase B (combustibles líquidos) y clase C (gases inflamables).

Se instalaron en la planta de producción extintores de polvo químico universal tipo ABC, la ubicación de cada extintor es de fácil acceso y está señalizado para mayor visualización en caso de emergencia.

Figura 47. **Extintores instalados en la planta de producción**



Fuente: área de producción de la empresa DIVECO.

### **5.3.5. Señalización industrial**

La señalización también es un elemento que se toma en cuenta dentro del sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional, por lo que también es sujeto de controles y revisiones establecidos en la norma. La señalización que debe utilizarse se define con base en el análisis de los riesgos existentes, de las situaciones de emergencia previsibles y de las medidas preventivas adoptadas y que ponga de manifiesto la necesidad de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.

- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

#### 5.3.5.1. Los colores de seguridad

Los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En la siguiente tabla se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:

Tabla XVI. Colores de seguridad

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
<b>Rojo</b>	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos.
	Peligro – alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
<b>Amarillo</b>	Señal de advertencia	Atención, precaución. Verificación.
<b>Azul</b>	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar equipo de protección individual.

Continuación de la tabla XVI.

Verde	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad.

Fuente: elaboración propia.

Las señales están instaladas a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata de las zonas de riesgo u objeto que deba señalizarse, o cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.

El lugar donde están ubicadas las señales está bien iluminado, son accesibles y fácilmente visibles. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.

Figura 48. **Señalización instalada para identificar ruta de salida y equipo contra incendios**



Fuente: área de producción de la empresa DIVECO.

### 5.3.5.2. Señales de socorro o salvamento

Forma rectangular o cuadrada. Gráfico color blanco sobre un fondo verde (el verde deberá cubrir el 50 % de la superficie de la señal como mínimo).

Figura 49. Señales de socorro o salvamento



Fuente: Coordinadora. <http://doc.coordinadora.org/wiki/images/c/c0/Se%C3%B1ales-Contenedores-5.jpg>. Consulta: 19 de mayo de 2015.

### 5.3.5.3. Señalización de equipos contra incendios

Forma rectangular o cuadrada. Gráfico color blanco sobre un fondo color rojo (el rojo deberá cubrir el 50 % de la superficie de la señal como mínimo).

Figura 50. **Señales equipo contra incendios**



Fuente: Coordinadora. <http://doc.coordinadora.org/wiki/images/f/fe/Se%C3%B1ales-Contenedores-4.jpg>. Consulta: 19 de mayo de 2015.

El equipo contra incendio está identificado con sus respectivas señales, basado en las características que estas deben poseer.

Figura 51. **Señales instaladas en los equipos contra incendios, ubicados dentro de la planta de producción**



Fuente: área de producción de la empresa DIVECO.

#### 5.3.5.4. Señales de equipo de protección personal

Forma redonda. Gráfico color blanco sobre un fondo color azul (el azul deberá cubrir el 50 % de la superficie de la señal como mínimo).

Figura 52. **Señales equipo protección personal**



Fuente: PONCELEON. <http://www.ponceleon.org/prl/images/pictos/obligacion.jpg>. Consulta: 19 de mayo de 2015.

#### 5.3.6. Vías de evacuación

Las vías o rutas de evacuación se deben diseñar de tal manera que cumplan con los siguientes criterios:

- Las señales preventivas se colocarán en un lugar donde permita que las personas tengan tiempo suficiente para captar el mensaje sin correr riesgo, de preferencia a una distancia de 1 m del suelo.
- La dimensión de las señales debe ser tal, que pueda ser observada de la mayor distancia del ambiente a señalizarse. Debe considerarse que los lugares a señalizar pueden ser de espacios cerrados o sea confinados y en áreas abiertas. En ambas situaciones debe variar el tamaño de la misma por el efecto visual que tienen que presentar a los usuarios. En

espacios cerrados se colocarán a 1 m de altura del nivel del suelo y 3 m metros de intervalo entre cada una. La señal de flecha se repetirá tres veces y luego el objetivo que se persigue (salida de emergencia, punto de reunión, primeros auxilios, zona de seguridad).




- Los materiales a utilizar deben ser de acuerdo con las características del medio ambiente, previo estudio del mismo (tomando en cuenta el recurso financiero), que sean durables.
- Las señales y avisos de seguridad deben estar sujetos a un programa de mantenimiento para conservarlos en buenas condiciones. Cuando la señal o aviso sufra un deterioro debe ser reemplazada.

Tabla XVII. **Lineamientos para diseñar una ruta de evacuación**

Acción	Descripción	Señal
La dirección de una ruta de evacuación en sentido requerido.	Color seguridad verde. Contraste blanco. Forma geométrica rectángulo. Símbolo flecha indicando el sentido.	
La ubicación de una salida de emergencia	Color seguridad verde. Contraste blanco. Forma geométrica rectángulo. Símbolo: una salida que se indica con una flecha direccional.	
Ubicación de una escalera de emergencia en el sentido requerido.	Color seguridad verde. Contraste blanco. Forma geométrica rectángulo. Símbolo una salida de emergencia con una escalera.	



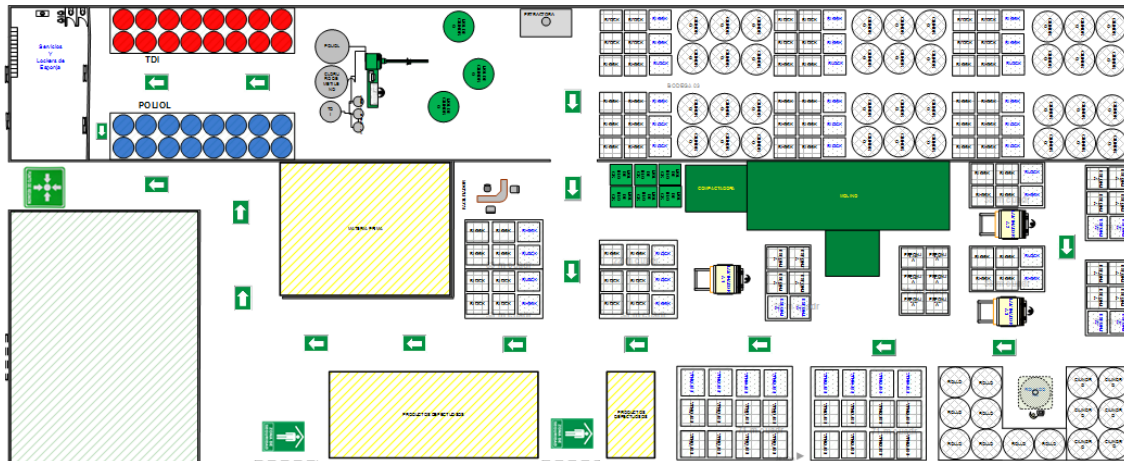
Continuación de la tabla XVII.

Punto de reunión o zona de conteo donde se concentrarán las personas en caso de emergencia.	Color seguridad verde. Contraste blanco. Forma geométrica rectángulo. Símbolo cuatro flechas equidistantes dirigidas hacia un punto.	
Ubicación del lugar donde se dan los primeros auxilios	Color seguridad verde. Contraste blanco. Forma geométrica rectángulo. Símbolo cruz equidistante.	
Zona de seguridad	Color seguridad verde. Contraste blanco. Forma geométrica rectángulo. Símbolo: figura humana resguardándose.	

Fuente: elaboración propia.

Con base en lo anterior se realizó una propuesta de ruta de evacuación, la cual se puede visualizar en la siguiente figura, dicha ruta comprende todos los ambientes correspondientes al área de esponja, la implementación de la misma se deja a criterio de la brigada de emergencia de la planta.

Figura 54. Ruta de evacuación propuesta para el área de esponja



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2013.

### 5.3.7. Norma ISO 14000

Norma internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental, que puedan permitir que la empresa desarrolle e implemente una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, relativos a los aspectos ambientales significativos. Estos aspectos ambientales se aplican únicamente a aquellos que la empresa identifica que pueden ser controlables y sobre los cuales puede tener influencia.

La implementación de esta norma implica dotar a la empresa de una herramienta simple, efectiva y potente para resguardarla de la generación de pasivos ambientales y para mejorar el desempeño en términos económicos de las cuestiones ambientales.

Es una acción de la dirección que busca la reducción de riesgos y de costos operativos asociados a los aspectos ambientales.

Para que la empresa pueda implementar y certificar un sistema de gestión ambiental por la Norma ISO 14001 debe seguir una serie de pasos que son:

- Definir las responsabilidades relativas a la gestión ambiental.
- Establecer y comunicar la política ambiental, quiere decir declarar formalmente el compromiso de la empresa respecto de su desempeño ambiental. Esta política debe ser coherente y consistente con la estrategia general de la organización.
- Identificar todos los aspectos ambientales de sus actividades y productos.
- Releva el marco legal y reglamentario, así como el modo en que aplica de manera precisa.
- Evaluar los impactos ambientales correspondientes a los procesos que se llevan a cabo y reconocer cuáles de estos son significativos basados en la política ambiental adoptada.
- Definir e implementar los procedimientos generales propios del sistema de gestión ambiental y específicos propios que conllevan la producción de esponja.
- Seleccionar los indicadores clave de desempeño de los procesos, así como la metodología de medición de los mismos.
- Implementar efectivamente todos los procesos definidos.
- Monitorear la eficacia del sistema de gestión a través de los indicadores clave seleccionados y la aplicación de técnicas estadísticas.
- Aplicar acciones correctivas basadas en el análisis de los resultados y acciones preventivas basadas en la política ambiental.

Estos simples pasos deben ser realizados por personal especializado competente en temas ambientales, o al menos con asistencia de expertos en la materia.

La implementación del sistema de gestión ambiental, en general, no determina cambios significativos en la empresa, sino que constituye un complemento importante de la gestión general; la cuestión ambiental es mayormente una cuestión operativa pero significativamente importante.

## **6. MEJORA CONTINUA**

### **6.1. Plan de mejoramiento continuo al sistema**

Este plan de mejoramiento al sistema de control se debe hacer después de implementarse; para ello se debe aplicar el respaldo mediante el uso de programas de computación que agilicen la automatización de los controles y brinden información en línea que aporte a una mejor toma de decisiones. El tiempo estimado para llevar a cabo la verificación de la implementación de las mejoras al sistema es aproximadamente de dos meses continuos.

Es importante recalcar que cuando una restricción se rompe, todo el sistema de control óptimo puede dejar de serlo al momento de dicho fallo. Por lo que es primordial tomar en cuenta en los planes de mejoramiento continuo que al momento de suceder esto, con base en las nuevas necesidades se debe implementar el estudio y diseño de los nuevos controles de producción. Es importante mantener las evaluaciones detalladas para cada sistema de control, para evitar que se haga una mala planificación y siempre estar alertas y precavidos con los nuevos cambios que se pueden dar dentro del sistema de producción.

### **6.2. Aspectos administrativos y de organización**

La mejora continua conlleva a la mejora de la calidad de los productos y servicios que la empresa brinda, apuntando directamente a la satisfacción de los clientes. En la empresa es necesario el desarrollo de una cultura orientada a la

mejora continua, la sistematización de los procesos, la participación del personal, el trabajo en equipo y la creatividad.

El análisis y la mejora de los procesos no son opcionales, se han vuelto imprescindibles ante la necesidad de supervivencia y competitividad.

Existe una serie de pasos a seguir para que la organización trabaje de manera productiva. En primer lugar, es necesario realizar un mapeo general de los procesos de la empresa (administrativos y operativos), lo que permitirá identificar claramente los procesos principales y los de apoyo. Luego hay que inventariar todos los procesos (que afecten la calidad), siguiendo el orden del mapeo realizado. Con ello se definirá a los responsables, los equipos y las prioridades para realizar el análisis.

Un elemento clave en el cual se puede cimentar una cultura de mejora continua es la filosofía de trabajo:

- Mejorar la calidad mediante la eliminación sistemática de los problemas y la mejora continua de los procesos, inevitablemente conduce a mejorar la productividad de la empresa y el bienestar de sus empleados.
- Partir de la premisa que es la persona encargada de un trabajo quien tiene mayor conocimiento de cómo se está ejecutando en la realidad, pero no necesariamente debe saber comunicarlo adecuadamente a los demás. Es por ello que se deben utilizar herramientas que faciliten y ayuden a poner en común el conocimiento individual.
- Toda persona desea tanto estar involucrada para hacer bien su trabajo y sentirse un contribuyente útil.

- Para mejorar un proceso es mejor trabajar en equipo que individualmente.
- Un proceso estructurado y sistemático para el análisis, la solución de problemas y la mejora de procesos, con ayuda de técnicas gráficas, facilita el trabajo en equipo y conduce a mejores soluciones.
- Todos los problemas de los procesos no se pueden solucionar con una única herramienta o con un único encare. Es importante dominar una amplia gama de estrategias y herramientas para utilizar la adecuada en cada caso.

Luego de establecer una filosofía de trabajo, administrativamente se deben definir los procesos dentro de la organización en los que existe el interés de mejorar; estos procesos deben ser seleccionados atendiendo a problemas reales o potenciales de los que se tenga evidencia, mediante el análisis de las quejas tanto internas como externas, procesos con altos costos y con tiempo prolongado, pérdidas de mercados, implementación de nuevas tecnologías, entre otros.

Una vez identificados los procesos que se desean mejorar, tendrán que definir equipos de trabajo, los cuales realizarán el análisis y las mejoras. Para que el equipo trabaje de manera efectiva debieran estar claros los objetivos, los diferentes roles (coordinador, responsable de los registros, participantes) y la metodología de trabajo.

La metodología no da respuestas sino que ofrece un medio o modo de pensar acerca de una situación como ver y entender su naturaleza y las consecuencias del cambio. No dice que se encontrará al final de camino, sino cuál es el camino que se debe recorrer.

Una buena metodología no es un conjunto rígido de reglas que hay que seguir estrictamente, sino una guía que orienta y que debe atenderse flexiblemente.

Las metodologías de análisis de procesos consisten en un conjunto de diferentes técnicas que se utilizan en las distintas etapas del análisis. Estas metodologías permiten ir de manera sistemática, organizada, abarcando los diferentes procesos de la empresa.

### **6.3. Aspectos físicos en la líneas de producción**

La producción que se emplea es la denominada producción en serie, ya que la disposición de los procesos en las que las operaciones que van sucediéndose están localizadas en continuidad inmediata una de la otra, en la que el producto en proceso está circulando continuamente y a una velocidad uniforme por una serie de operaciones, avanzando el producto trabajado a lo largo de un camino directo hasta su terminación.

Como se ha visto anteriormente, la velocidad del proceso productivo va a estar determinada por la operación denominada “cuello de botella”.

Como se determinó en capítulos anteriores, en el área de producción de esponja, el cuello de botella es el proceso de enfriamiento, que es la actividad en la cual se invierte más tiempo; es en este punto donde se deben implementar ciertos controles que permitan la continuidad del flujo de producto.

El proceso de enfriamiento de un bloque o cilindro de esponja, se lleva a cabo en un área total de 402,97 m<sup>2</sup> (29,5 m x 13,66 m).

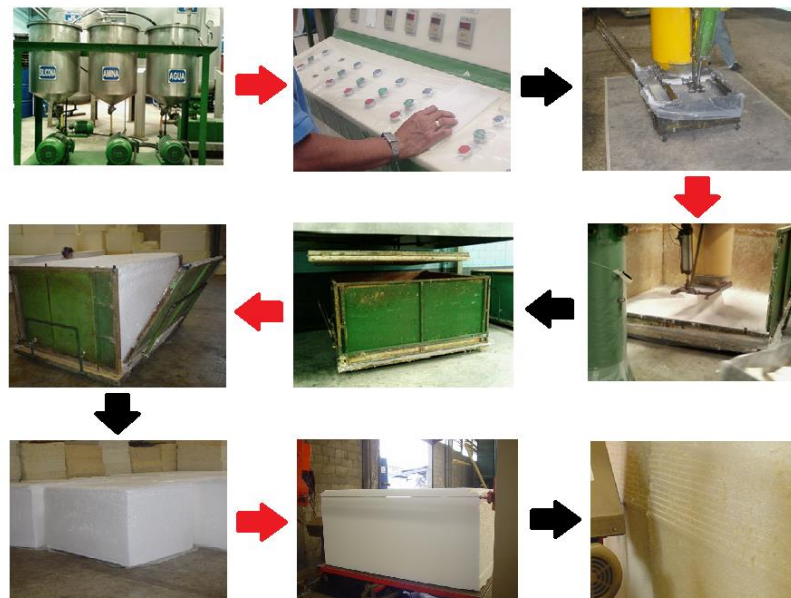


El procedimiento es el siguiente:

- Verificar el bloque se estabilice dentro del molde; la altura del bloque debe estar en el rango de 1,5 a 2,5 pulgadas menor a la altura del molde.
- Trasladar el bloque en el molde al área de curado para el proceso de enfriamiento, normalmente el tiempo de enfriamiento es de 24 horas.
- Evaluar el bloque en el molde; este procedimiento se realiza con cuidado para evitar golpear el bloque y causar imperfecciones en la esponja.
- Se traslada el bloque de esponja al área de laminado.
- Retornar el molde al área de espumado para ser utilizado nuevamente.

Asimismo se deben establecer controles en las actividades posteriores al proceso de enfriamiento, tanto en el corte como en el almacenamiento de las planchas terminadas de esponja.

Figura 54. Aspectos físicos de la línea de producción de esponja



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

#### **6.4. Programa de control de calidad**

La fábrica cuenta con un departamento encargado del control de calidad, pero es importante que el área de producción de esponja tome la iniciativa en este aspecto, con el fin de mejorar y afinar sus procesos constantemente.

El control estadístico de un sistema de producción es un método para identificar las causas especiales de variación y para señalar la necesidad de tomar alguna acción correctiva cuando sea el apropiado. El control estadístico se apoya en los gráficos de control.

Estos controles ayudan a la empresa a pasar del control de calidad correctivo (dependiente de una sola área) al control de calidad preventivo (dependiente de las áreas productivas), y posteriormente al control de calidad predictivo (dependiente de todas las áreas de la empresa).

El programa de control de calidad en el área de esponja se centra en la aplicación de herramientas ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y que son utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos.

Estas herramientas para asegurar la calidad de la producción son:

- Hojas de control (formularios)
- Histogramas
- Diagrama de Pareto
- Análisis por estratificación
- Diagrama de dispersión
- Gráficos de control

Estas herramientas se adaptan a las necesidades de la fábrica y a la viabilidad de su aplicación en el área de fabricación de esponja, siendo estas:

#### **6.4.1. Formularios de control de calidad**

El control de calidad es el proceso de evaluar una parte del producto contenido en un lote a fin de aceptar o rechazar todo el lote, considerándolo conforme o no con alguna especificación de calidad establecida. El muestreo de aceptación puede aplicarse a la medición de atributos o a la medición de variables. La principal ventaja es la economía, porque aumenta la productividad y reduce los costos.

Entre las desventajas del muestreo de aceptación están:

- Riesgos de muestreo.
- Mayores costos administrativos.
- Menos información sobre el producto que proporciona la inspección del 100 %.

En el área de espumado se ha utilizado un sistema de control para hacer las verificaciones de los componentes, para que las mezclas de dichos componentes puedan ser casi exactas a las fórmulas, permitiendo un error mínimo que se haya estipulado para tener un espumado deseado y se produzca menos desperdicio de esponja a la hora de terminar el proceso.

A la vez se propone un control del inventario en bodega de producto terminado para facilitar la salida del producto y mantener un constante control de la esponja que hay en bodega, para reducir el inventario de producto terminado.

El desarrollo de un control del laminado también es esencial para procurar el estándar y la calidad de la esponja elaborada y control de mantenimiento de maquinaria para evitar fallas y averías en las máquinas, para evitar costos innecesarios y altos. Con estos nuevos formatos propuestos se podrá controlar la producción, la reducción de desperdicios, tiempo, entre otros, por medio de índices de evaluación que se hacen al obtener varios controles que se pueden dar semanales, quincenales o mensuales, dependiendo de lo que se está evaluando.

#### 6.4.1.1. Dosificación de componentes

Se propone el siguiente formato de control para la dosificación de los componentes químicos y *timers*, en donde se podrán controlar y observar las mejoras que se den en este proceso.

Tabla XVIII. **Formato control de dosificación de los componentes**

DOSIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES						
Densidad de espuma: _____			Fecha: _____			
COMPONENTES	POLYOL	CLORURO DE METILENO	SILICONA	AMINA	AGUA	TDI
Tiempos - fórmula						
Peso - fórmula (kg)						
Peso real - fórmula (kg)						
Error						
<p>Nombre de quien realizó el control: _____</p> <p>Vo. Bo. Facilitador: _____</p>						

Fuente: elaboración propia.

Se realizó un muestreo para las dosificaciones de los componentes para la esponja densidad 15, utilizando el formato de control mostrado en la tabla XVI.

Tabla XIX. **Muestreo dosificaciones de componentes esponja densidad 15**

**MUESTRA 1**

	POLIOL	CLORURO DE METILENO	SILICONA	AMINA	AGUA	TDI
Tiempos	15,8	7,4	17,9	14,6	27,4	21,77
Peso fórmula	28,06	1,403	0,365	0,032	1,403	18,094
Peso real	27,93	1,367	0,332	0,03	1,288	17,996
Error	0,13	0,036	0,033	0,002	0,115	0,098

**MUESTRA 2**

	POLIOL	CLORURO DE METILENO	SILICONA	AMINA	AGUA	TDI
Tiempos	15,8	7,4	17,9	14,6	27,4	21,77
Peso fórmula	28,06	1,403	0,365	0,032	1,403	18,094
Peso real	27,99	1,389	0,347	0,029	1,358	18,014
Error	0,07	0,014	0,018	0,003	0,045	0,08

**MUESTRA 3**

	POLIOL	CLORURO DE METILENO	SILICONA	AMINA	AGUA	TDI
Tiempos	15,8	7,4	17,9	14,6	27,4	21,77
Peso fórmula	28,06	1,403	0,365	0,032	1,403	18,094
Peso real	27,81	1,4	0,35	0,03	1,394	17,992
Error	0,25	0,003	0,015	0,002	0,009	0,102

**MUESTRA 4**

	POLIOL	CLORURO DE METILENO	SILICONA	AMINA	AGUA	TDI
Tiempos	15,8	7,4	17,9	14,6	27,4	21,77
Peso fórmula	28,06	1,403	0,365	0,032	1,403	18,094
Peso real	28,01	1,396	0,361	0,028	1,396	17,948
Error	0,05	0,007	0,004	0,004	0,007	0,146

**MUESTRA 5**

	POLIOL	CLORURO DE METILENO	SILICONA	AMINA	AGUA	TDI
Tiempos	15,8	7,4	17,9	14,6	27,4	21,77
Peso fórmula	28,06	1,403	0,365	0,032	1,403	18,094
Peso real	27,98	1,397	0,362	0,025	1,392	18,012
Error	0,08	0,006	0,003	0,007	0,011	0,082

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvieron los siguientes resultados de los errores en la cantidad de cada componente, según la fórmula de la esponja densidad 15:

Tabla XX. **Dosificaciones: muestreo de error poliol**

Día	Muestras POLIOL					PROMEDIO	RANGO
	1	2	3	4	5		
1	0,130	0,100	0,090	0,070	0,110	0,100	0,060
2	0,070	0,110	0,130	0,100	0,090	0,100	0,060
3	0,250	0,140	0,090	0,130	0,110	0,144	0,160
4	0,050	0,070	0,030	0,050	0,060	0,052	0,040
5	0,080	0,120	0,070	0,110	0,090	0,094	0,050
					<b>MEDIAS</b>	<b>0,098</b>	<b>0,074</b>

Fuente: elaboración propia.

Para el poliol el error promedio en la fórmula es de 0,094 kg con un rango promedio de 0,074 kg.

Tabla XXI. **Dosificaciones: muestreo de error cloruro de metileno**

Día	Muestras CLORURO DE METILENO					PROMEDIO	RANGO
	1	2	3	4	5		
1	0,036	0,033	0,029	0,027	0,031	0,031	0,009
2	0,014	0,021	0,009	0,016	0,025	0,017	0,016
3	0,003	0,008	0,012	0,007	0,011	0,008	0,009
4	0,007	0,011	0,005	0,012	0,009	0,009	0,007
5	0,006	0,012	0,005	0,008	0,01	0,008	0,007
					<b>MEDIAS</b>	<b>0,015</b>	<b>0,010</b>

Fuente: elaboración propia.

Para el cloruro de metileno el error promedio es de 0.015 kg con un rango promedio de 0.010 kg.

Tabla XXII. **Dosificaciones: muestreo de error silicona**

Dia	Muestras SILICONA					PROMEDIO	RANGO
	1	2	3	4	5		
1	0,033	0,033	0,015	0,021	0,014	0,023	0,019
2	0,018	0,009	0,021	0,030	0,024	0,020	0,021
3	0,015	0,018	0,022	0,010	0,017	0,016	0,012
4	0,004	0,010	0,009	0,018	0,007	0,010	0,014
5	0,003	0,005	0,008	0,007	0,003	0,005	0,005
					<b>MEDIAS</b>	<b>0,015</b>	<b>0,014</b>

Fuente: elaboración propia.

Para la silicona el error promedio es de 0,015 kg con un rango promedio de 0,014 kg.

Tabla XXIII. **Dosificaciones: muestreo de error agua**

Dia	Muestras AGUA					PROMEDIO	RANGO
	1	2	3	4	5		
1	0,115	0,035	0,027	0,023	0,031	0,046	0,092
2	0,045	0,037	0,021	0,027	0,034	0,033	0,024
3	0,009	0,011	0,018	0,009	0,001	0,010	0,017
4	0,007	0,009	0,011	0,007	0,010	0,009	0,004
5	0,011	0,012	0,008	0,015	0,012	0,012	0,007
					<b>MEDIAS</b>	<b>0,022</b>	<b>0,029</b>

Fuente: elaboración propia.

Para el agua el error promedio es de 0,022 kg con un rango promedio de 0,029 kg.

Tabla XXIV. **Dosificaciones: muestreo de error TDI**

Dia	Muestras TDI					PROMEDIO	RANGO
	1	2	3	4	5		
1	0,098	0,083	0,091	0,078	0,101	0,090	0,023
2	0,080	0,085	0,093	0,081	0,082	0,084	0,013
3	0,102	0,089	0,094	0,083	0,091	0,092	0,019
4	0,146	0,091	0,097	0,113	0,121	0,114	0,055
5	0,082	0,095	0,089	0,088	0,090	0,089	0,013
					<b>MEDIAS</b>	<b>0,094</b>	<b>0,025</b>

Fuente: elaboración propia.

Para el TDI el error promedio es de 0,094 kg con un rango promedio de 0,025 kg.

En resumen, de la información anterior, para cada componente se obtienen los siguientes resultados:

Tabla XXV. **Medias y rangos para errores de fórmula de cada componente**

COMPONENTE	MEDIA -X-	RANGO -R-
POLIOL	0,098	0,074
CLORURO DE METILENO	0,015	0,010
SILICONA	0,015	0,014
AMINA	0,004	0,005
AGUA	0,022	0,029
TDI	0,094	0,025

Fuente: elaboración propia.



#### 6.4.1.2. Rendimientos de la esponja

Para medir los rendimientos que se obtienen al elaborar la esponja se propone un formato de un control en el que se puedan registrar las reducciones en los desperdicios de esponja a la hora de laminarla; ya que este supondrá un mejor control y se podrá verificar de inmediato en dónde están los errores para corregirlos.

Los formatos que se sugieren para el control de la calidad de la esponja son los siguientes:

Tabla XXVI. **Formato control de rendimiento del volumen de esponja**

CONTROL DE RENDIMIENTO DEL PESO DE ESPONJA						
Fecha: _____ Lote: _____						
FECHA	DENSIDAD	TAMAÑO	FORMA	VOLUMEN TEÓRICO	VOLUMEN REAL	% DE RENDIMIENTO
Observaciones: _____ _____						

Fuente: elaboración propia.

Se realizó un muestreo para determinar el porcentaje de rendimiento de la esponja con base en su volumen, utilizando el formato anteriormente propuesto, obteniendo los siguientes resultados para diferentes densidades y tamaños para bloque y cilindro de esponja:

Tabla XXVII. **Rendimientos de bloque tamaño normal, esponja D15**

Muestra	Densidad D15 - Bloque tamaño normal		
	Volumen teórico (m <sup>3</sup> )	Volumen real (m <sup>3</sup> )	% de rendimiento
1	2,195	2,163	98,56
2	2,195	2,216	100,97
3	2,195	2,194	99,94
4	2,195	2,205	100,46
5	2,195	2,206	100,50
		<b>Promedio</b>	<b>100,09</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Rendimientos de bloque tamaño grande, esponja D15**

Muestra	Densidad D15 - Bloque tamaño grande		
	Volumen teórico (m <sup>3</sup> )	Volumen real (m <sup>3</sup> )	% de rendimiento
1	2,503	2,481	99,14
2	2,503	2,486	99,33
3	2,503	2,533	101,22
4	2,503	2,525	100,89
5	2,503	2,497	99,75
		<b>Promedio</b>	<b>100,06</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Rendimientos de cilindro tamaño pequeño, esponja D17**

Muestra	Densidad D17 - Cilindro tamaño grande		
	Volumen teórico (m <sup>3</sup> )	Volumen real (m <sup>3</sup> )	% de rendimiento
1	6,266	6,238	99,55
2	6,266	6,630	105,81
3	6,266	5,797	92,51
4	6,266	6,200	98,95
5	6,266	6,181	98,64
		<b>Promedio</b>	<b>99,09</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Rendimientos de cilindro tamaño grande, esponja D17**

Muestra	Densidad D17 - Cilindro tamaño pequeño		
	Volumen Teorico (m <sup>3</sup> )	Volumen Real (m <sup>3</sup> )	% Rendimiento
1	4,683	4,704	100,45
2	4,683	4,971	106,15
3	4,683	4,661	99,54
4	4,683	4,570	97,59
5	4,683	4,661	99,54
		<b>Promedio</b>	<b>100,65</b>

Fuente: elaboración propia.

Con los resultados obtenidos de las diferentes muestras, se puede observar que para cada densidad, forma y tamaño de la esponja en promedio se obtienen porcentajes de rendimiento de volumen altos.

Haciendo un análisis de cada muestra por separado, lo ideal sería que el porcentaje de rendimiento de volumen fuese del 100 %, pero existen muestras por debajo de lo ideal; también se dieron resultados por arriba de lo ideal.

Rendimientos de volumen por debajo del 100 % son debidos a distintas causas, tales como lo son:

- Tiempos para cada componente químico incorrectos
- Tiempo de enfriamiento de la esponja inadecuado
- La temperatura ambiente

Se debe verificar cada punto anterior, ya que esto repercute en la cantidad de láminas de esponja que se obtienen de cada bloque o cilindro. Los rendimientos por encima del 100 % se pueden dar debido a la existencia de burbujas en el interior del bloque o cilindro, las cuales hacen que el volumen de la esponja sea mayor; estas pueden verse luego de laminar la esponja, generando mucho desperdicio.

Figura 55. **Burbujas en el interior de la esponja de poliuretano**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

Para la supervisión de los operarios y el área de trabajo también se propone un nuevo formato de control, en donde se pueda observar su rendimiento; esto se hará para determinar la eficiencia de cada trabajador en sus distintas áreas de trabajo y solucionar los problemas que en su área podrían tener, para que el operario se sienta cómodo, y así mejorar su eficiencia al tener como prueba este formato de control.

El formato de control de rendimientos de los operarios es el siguiente:

Tabla XXXI. **Formato control de rendimiento de operarios por máquina**

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE OPERARIOS POR MAQUINA																										
						FECHA: _____																				
OPERARIO	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO			CALIFICACIÓN 1 - 10																				
	SI	NO	BUENA	REGULAR	MALA																					
MAQUINA ESPUMADORA																										
LAMINADORA HORIZONTAL																										
LAMINADORA VERTICAL																										
MAQUINA CORRUGADORA																										
OBSERVACIONES _____																										
_____																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FUNCIONAMIENTO MAQUINARIA</th> <th>BUENO</th> <th>MALO</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MAQUINA ESPUMADORA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LAMINADORA HORIZONTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LAMINADORA VERTICAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MAQUINA CORRUGADORA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							FUNCIONAMIENTO MAQUINARIA	BUENO	MALO	OBSERVACIONES	MAQUINA ESPUMADORA				LAMINADORA HORIZONTAL				LAMINADORA VERTICAL				MAQUINA CORRUGADORA			
FUNCIONAMIENTO MAQUINARIA	BUENO	MALO	OBSERVACIONES																							
MAQUINA ESPUMADORA																										
LAMINADORA HORIZONTAL																										
LAMINADORA VERTICAL																										
MAQUINA CORRUGADORA																										
QUIEN REALIZÓ LA EVALUACIÓN: _____																										

Fuente: elaboración propia.

En el formato anterior propuesto, el facilitador del área califica de 1 a 10 el rendimiento del operario según su criterio, basándose en el uso de implementos de seguridad y la limpieza del lugar de trabajo.

Se debe aplicar este control cuando el operario está realizando su tarea, sin que este se dé cuenta que se le está evaluando.

Además de calificar al operario, se verifica por simple inspección el funcionamiento de la máquina que este utiliza para realizar su trabajo, con ello el facilitador puede hacer requerimientos al área de mantenimiento.

Se implementó este formato realizando un muestreo durante una semana laboral, de lunes a viernes, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XXXII. **Muestreo evaluación de operarios, área de esponja**

DIA 1	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO			CALIFICACIÓN 1 - 10
OPERARIO	SI	NO	BUENA	REGULAR	MALA	
MÁQUINA ESPUMADORA	X		X			9
LAMINADORA HORIZONTAL		X		X		5
LAMINADORA VERTICAL	X			X		7
MÁQUINA CORRUGADORA		X			X	3

DIA 2	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO			CALIFICACIÓN 1 - 10
OPERARIO	SI	NO	BUENA	REGULAR	MALA	
MÁQUINA ESPUMADORA	X		X			9
LAMINADORA HORIZONTAL	X		X			5
LAMINADORA VERTICAL		X		X		7
MÁQUINA CORRUGADORA	X			X		3

DIA 3	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO			CALIFICACIÓN 1 - 10
OPERARIO	SI	NO	BUENA	REGULAR	MALA	
MÁQUINA ESPUMADORA	X		X			9
LAMINADORA HORIZONTAL	X			X		5
LAMINADORA VERTICAL	X			X		7
MÁQUINA CORRUGADORA	X			X		3

DIA 4	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO			CALIFICACIÓN 1 - 10
OPERARIO	SI	NO	BUENA	REGULAR	MALA	
MÁQUINA ESPUMADORA	X		X			9
LAMINADORA HORIZONTAL		X		X		5
LAMINADORA VERTICAL	X			X		7
MÁQUINA CORRUGADORA		X			X	3

Continuación de la tabla XXXII.

DIA 5	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO			CALIFICACIÓN 1 - 10
OPERARIO	SI	NO	BUENA	REGULAR	MALA	
MÁQUINA ESPUMADORA	X		X			9
LAMINADORA HORIZONTAL		X		X		5
LAMINADORA VERTICAL		X		X		7
MÁQUINA CORRUGADORA	X				X	3

Fuente: elaboración propia.

Del muestreo de la tabla XXXII, los operarios de las diferentes máquinas obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XXXIII. **Resultados: uso de implementos de seguridad**

	USO DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		
	SI	NO	% ACEPTACIÓN
MÁQUINA ESPUMADORA	5	0	100,00
LAMINADORA HORIZONTAL	2	3	40,00
LAMINADORA VERTICAL	3	2	60,00
MÁQUINA CORRUGADORA	3	2	60,00

Fuente: elaboración propia.

De los resultados mostrados en la tabla XXXIII se puede observar que el operario de la máquina espumadora utiliza constantemente los implementos de seguridad; esto se debe a la toxicidad de los componentes químicos con los que está en constante contacto. Los operarios de la máquina laminadora vertical y de la máquina corrugadora hacen uso de los implementos de seguridad proporcionados pero no de forma constante, por lo que hay que recalcar en la importancia del uso del equipo de seguridad y hacer un llamado de atención al operario de la máquina laminadora horizontal.

Tabla XXXIV. **Resultados: limpieza del lugar de trabajo**

	LIMPIEZA DEL LUGAR DE TRABAJO		
	BUENA	REGULAR	MALA
MÁQUINA ESPUMADORA	5	0	0
LAMINADORA HORIZONTAL	1	4	0
LAMINADORA VERTICAL	0	5	0
MÁQUINA CORRUGADORA	0	2	3

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a la limpieza del lugar de trabajo, según los resultados obtenidos, el operario de la máquina espumadora mantiene su espacio de trabajo limpio, mas no así los demás operarios de maquinaria; es necesario crear conciencia y cultura en cuanto a la limpieza y orden del área de trabajo respectivo.

Tabla XXXV. **Resultados: calificación por puesto**

	CALIFICACIÓN 1 - 10					
	D1	D2	D3	D4	D5	PROMEDIO
MÁQUINA ESPUMADORA	9	9	9	9	9	9
LAMINADORA HORIZONTAL	5	5	5	5	5	5
LAMINADORA VERTICAL	7	7	7	7	7	7
MÁQUINA CORRUGADORA	3	3	3	3	3	3

Fuente: elaboración propia.

Para este estudio, el facilitador del área realizó la calificación del rendimiento y desempeño de cada operario, siendo el mejor calificado la persona que maneja la máquina espumadora y el peor calificado la persona que maneja la máquina corrugadora, por lo que queda en el facilitador del área y el jefe de producción tomar las decisiones para corregir ineficiencias.



Tabla XXXVI. **Muestreo funcionamiento de maquinaria, área de esponja**

	FUNCIONAMIENTO MÁQUINARIA	BUENO	MALO
1	MÁQUINA ESPUMADORA	X	
	LAMINADORA HORIZONTAL	X	
	LAMINADORA VERTICAL		X
	MÁQUINA CORRUGADORA		X

	FUNCIONAMIENTO MÁQUINARIA	BUENO	MALO
2	MÁQUINA ESPUMADORA	X	
	LAMINADORA HORIZONTAL	X	
	LAMINADORA VERTICAL	X	
	MÁQUINA CORRUGADORA	X	

	FUNCIONAMIENTO MÁQUINARIA	BUENO	MALO
3	MÁQUINA ESPUMADORA	X	
	LAMINADORA HORIZONTAL		X
	LAMINADORA VERTICAL	X	
	MÁQUINA CORRUGADORA	X	

	FUNCIONAMIENTO MÁQUINARIA	BUENO	MALO
4	MÁQUINA ESPUMADORA	X	
	LAMINADORA HORIZONTAL	X	
	LAMINADORA VERTICAL	X	
	MÁQUINA CORRUGADORA	X	

	FUNCIONAMIENTO MÁQUINARIA	BUENO	MALO
5	MÁQUINA ESPUMADORA	X	
	LAMINADORA HORIZONTAL	X	
	LAMINADORA VERTICAL	X	
	MÁQUINA CORRUGADORA	X	

Fuente: elaboración propia.

La muestra refleja que por lo general la maquinaria tiene un funcionamiento aceptable y constante, pero es necesario mantener los planes de supervisión y mantenimiento; es importante la constante comunicación y retroalimentación entre los encargados del área de esponja y del área de mantenimiento, buscando el evitar paros en la producción debido a fallas en el equipo.

#### **6.4.2. Gráficos de control**

Un gráfico de control es una gráfica de tiempo que se le han agregado dos líneas horizontales, conocidas como límite de control superior y límite de control inferior.

Los límites de control se seleccionan estadísticamente de manera que exista una elevada probabilidad que el sistema de producción se encuentre bajo control.

Si los valores de muestra caen fuera de los límites de control o si en la gráfica ocurren patrones no aleatorios, entonces algunas causas especiales pudieran estar afectando al sistema de producción. Este proceso debe de examinarse y tomar una acción correctiva.

Para la generación de los gráficos de control se debe realizar el proceso de evaluar una parte del producto de un lote, a fin de aceptar o rechazar dicho lote en su totalidad, considerando la conformidad o no con las especificaciones de calidad previamente establecidas.

##### **6.4.2.1. Gráficos de control por variables**

Los datos variables son los que se miden en una escala continua. En el caso de estudio, estos datos variables serían la altura, ancho, largo, el peso y la densidad de la esponja. Los gráficos de control por variables más utilizados son el de medias y el de rangos.

El número de muestras se indica mediante la letra  $k$ , y  $n$  es el tamaño de la misma. Para cada muestra  $i$  se calcula la media (identificada como  $\bar{x}$ ) y el rango  $R$ .

Se calculan la media y los rangos de los subgrupos de la muestra. Se elige un mínimo de muestras de la cadena de producción para proporcionar los datos básicos sobre el proceso.

#### **6.4.2.1.1. Gráfico de medias**

Una gráfica de las medias contiene dos escalas. La escala horizontal que representa el tiempo. En la escala vertical existen graduaciones para trazar los valores muestrales. La escala vertical tiene su centro en el valor medio de la población o media. También son necesarias otras dos líneas: los límites de control superior e inferior.

A cada muestra  $i$  se le calcula la media identificada como " $\bar{x}$ " y a continuación estos valores se trazan en sus gráficas de control respectivas y luego se realizan los cálculos del promedio o media general. Estos valores definen la línea central para el gráfico de medias. La media general es el promedio de las medias.

Luego la media promedio se utiliza para calcular los límites de control superior e inferior por medio de las siguientes fórmulas:

$$LCI = \bar{X} - A_2 R$$

$$LCC = \bar{X}$$

$$LCS = \bar{X} + A_2 R$$

Donde:

- X es el promedio de las medias
- R es el rango promedio
- $A_2$  dependen del tamaño de la muestra y dependen de la tabla de los factores de los límites de control que a continuación se detalla.

Tabla XXXVII. Factores para los límites de control

FACTORES PARA LOS LÍMITES DE CONTROL					
n	$A_2$	$D_4$	$d_2$	$3/d_2$	$A_m$
2	1,880	3,268	1,128	2,660	0,779
3	1,023	2,574	1,693	1,772	0,749
4	0,729	2,282	2,059	1,457	0,728
5	0,577	2,114	2,326	1,290	0,713
6	0,483	2,004	2,534	1,184	0,701

Fuente: EVANS, James. *Administración y control de calidad*. p. 659.

Se emplea esta gráfica para el muestreo de la tabla XIX, donde se analiza cada componente que se utiliza para producir esponja.

La tabla XXV muestra los datos de la media y los rangos de la muestra realizada para obtener los errores en la dosificación de los componentes.

Se calculan los límites de control para las medias de cada componente, utilizando las fórmulas anteriormente descritas. El valor  $A_2$  se obtiene de la tabla XXXVII.

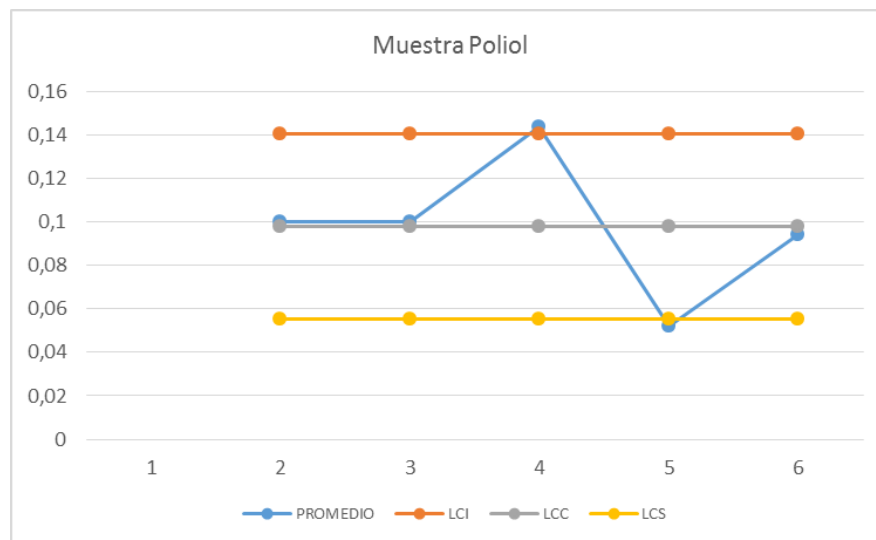
Tabla XXXVIII. **Límites de control: gráfico de medias para cada componente**

COMPONENTE	L.C.S.	L.C.C.	L.C.I.
POLIOL	0,141	0,098	0,055
CLORURO DE METILENO	0,021	0,015	0,009
SILICONA	0,023	0,015	0,007
AMINA	0,007	0,004	0,002
AGUA	0,038	0,022	0,005
TDI	0,108	0,094	0,080

Fuente: elaboración propia.

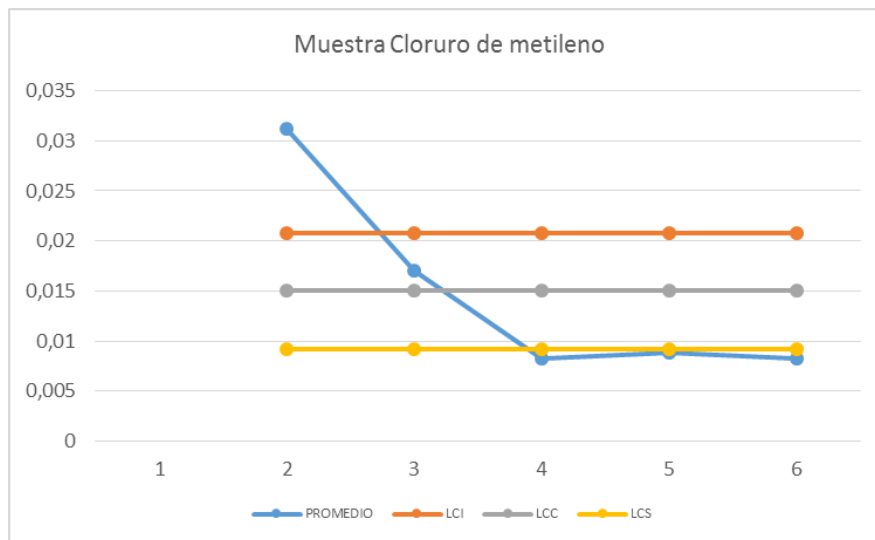
Con los límites de control calculados, se procede a realizar la gráfica de medias de las muestras realizadas para cada componente de la fórmula para producir esponja.

Figura 56. **Gráfico de medias: error dosificación de polioli**



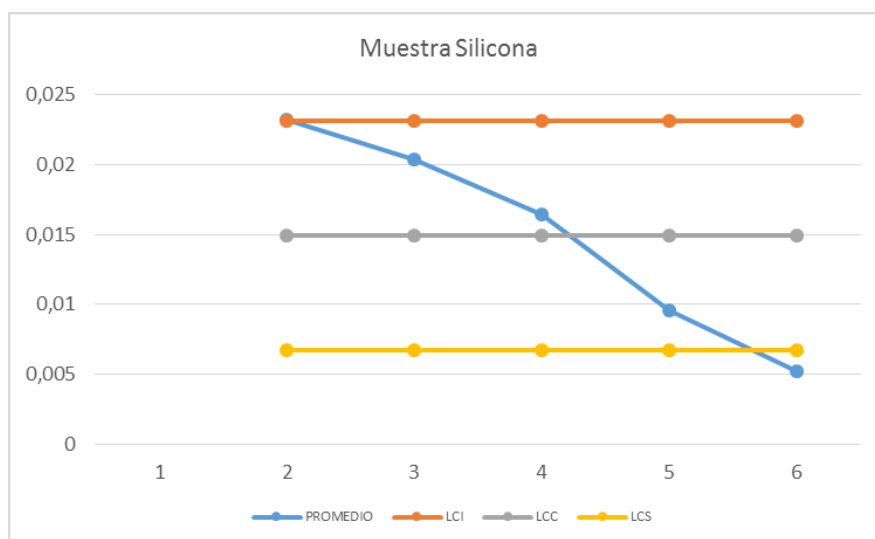
Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Gráfico de medias: error dosificación de cloruro de metileno**



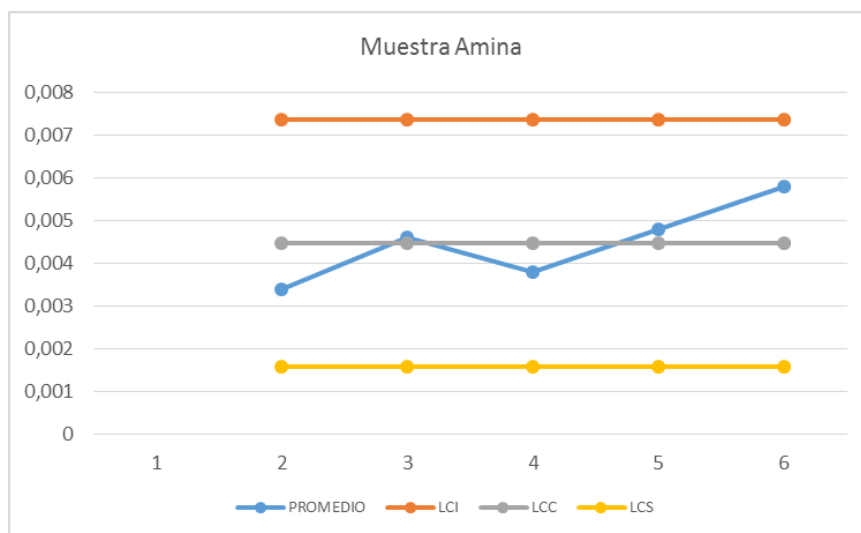
Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Gráfico de medias: error dosificación de silicona**



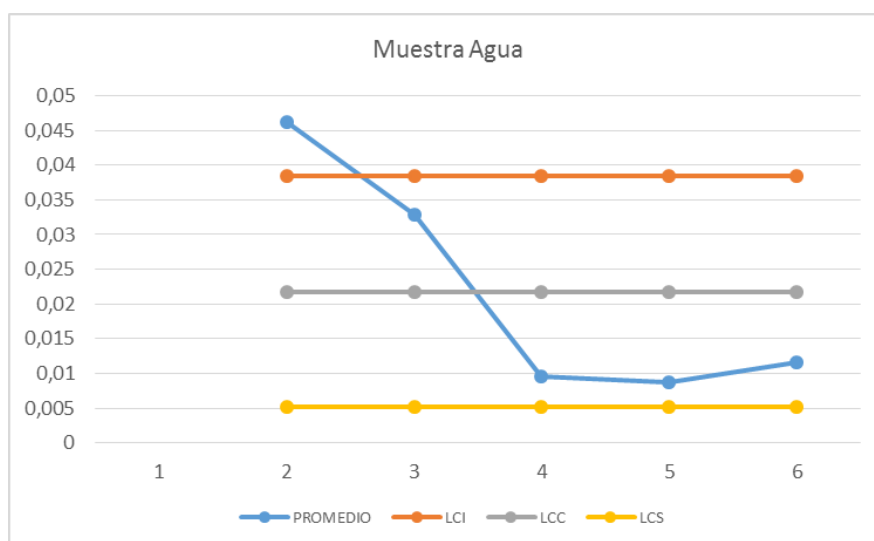
Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Gráfico de medias: error dosificación de amina**



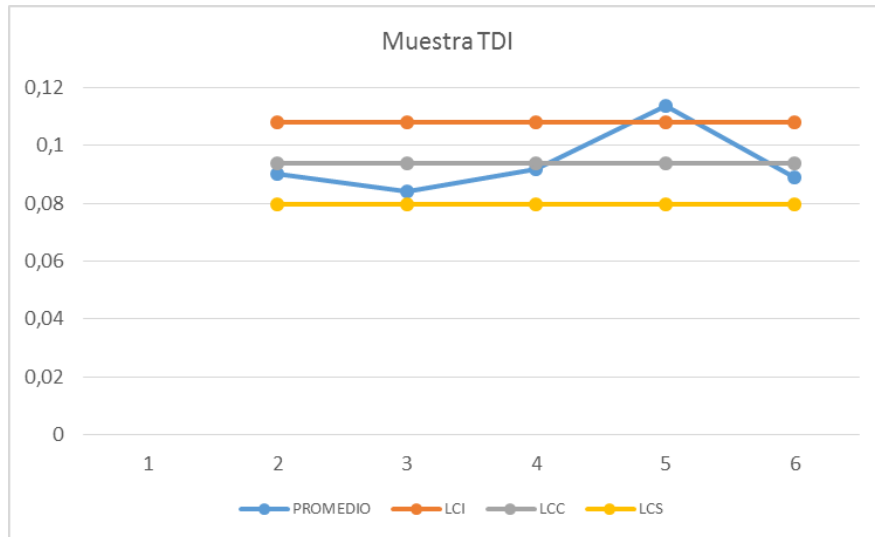
Fuente: elaboración propia.

Figura 60. **Gráfico de medias: error dosificación de agua**



Fuente: elaboración propia.

Figura 61. **Gráfico de medias: error dosificación de TDI**



Fuente: elaboración propia.

Los gráficos de medias del muestreo realizado a cada componente muestran distintos comportamientos, puntos fuera de los límites de control, cambios repentinos en el promedio del proceso y patrones cíclicos.

Las causas pueden ser:

- Cambios periódicos en el ambiente.
- Una mala medición de los componentes
- Ingreso inadecuado de los tiempos a emplear para cada componente
- Cambios en la temperatura y humedad
- La falta de estandarización de los métodos de inspección
- Las variaciones en la calidad de los componentes químicos utilizados
- La falta de calibración en los equipos y maquinaria



Figura 62. **Timers para el ingreso de los tiempos según la fórmula**



Fuente: área de esponja de la empresa DIVECO.

#### 6.4.2.1.2. Gráfico de rangos

Es muy valioso en el control estadístico de la calidad, debido a que indica cambios en la dispersión de los valores máximos y mínimos en una distribución de frecuencias. Cuando la amplitud o rango aumente más allá de los límites de control, está indicada la acción correctiva. La elaboración de una gráfica de amplitud o rango es similar a la gráfica de media.

A cada muestra  $i$  se le calcula el rango identificada como “ $r$ ” y a continuación estos valores se trazan en sus gráficas de control respectivas y luego se realizan los cálculos del promedio o media general. Estos valores definen la línea central para el gráfico de rangos. El rango general es el promedio de los rangos.

Luego el rango promedio se utiliza para calcular los límites de control superior e inferior por medio de las siguientes fórmulas:

$$LCS = D_4 R$$

$$LCC = R$$

$$LCI = D_3 R$$

Donde:

- $R$  es el promedio de los rangos.
- $D_4$  y  $D_3$  dependen del tamaño de la muestra y pueden localizarse en la tabla XVI.

Se emplea esta gráfica para el muestreo de la tabla XIX, donde se analiza cada componente que se utiliza para producir esponja.

La tabla XXV muestra los datos de la media y los rangos de la muestra realizada para obtener los errores en la dosificación de los componentes.

Se calculan los límites de control para los gráficos de rangos de cada componente, utilizando las fórmulas anteriormente descritas. El valor  $D_3$  y  $D_4$  se obtiene de la tabla XXXVII.

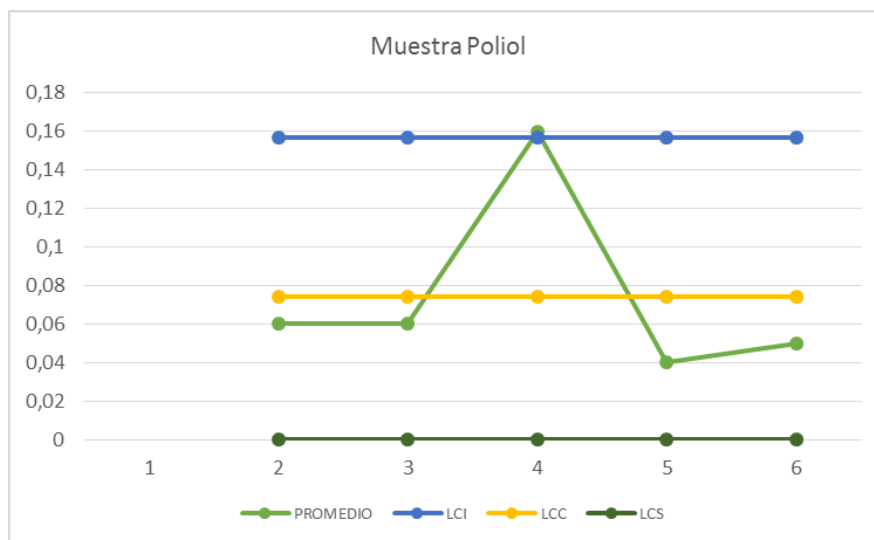
Tabla XXXIX. **Límites de control: gráfico de rangos para cada componente**

COMPONENTE	L.C.S.	L.C.C.	L.C.I.
POLIOL	0,156	0,074	0,000
CLORURO DE METILENO	0,021	0,010	0,000
SILICONA	0,030	0,014	0,000
AMINA	0,011	0,005	0,000
AGUA	0,061	0,029	0,000
TDI	0,052	0,025	0,000

Fuente: elaboración propia.

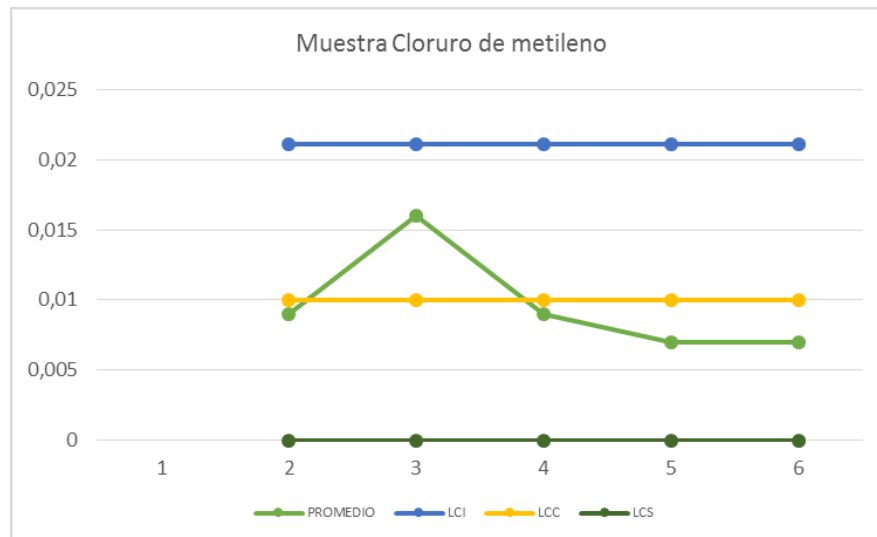
Con los límites de control calculados, se procede a realizar la gráfica de rangos de las muestras realizadas para cada componente de la fórmula para producir esponja.

Figura 63. **Gráfico de rangos: error dosificación de polioli**



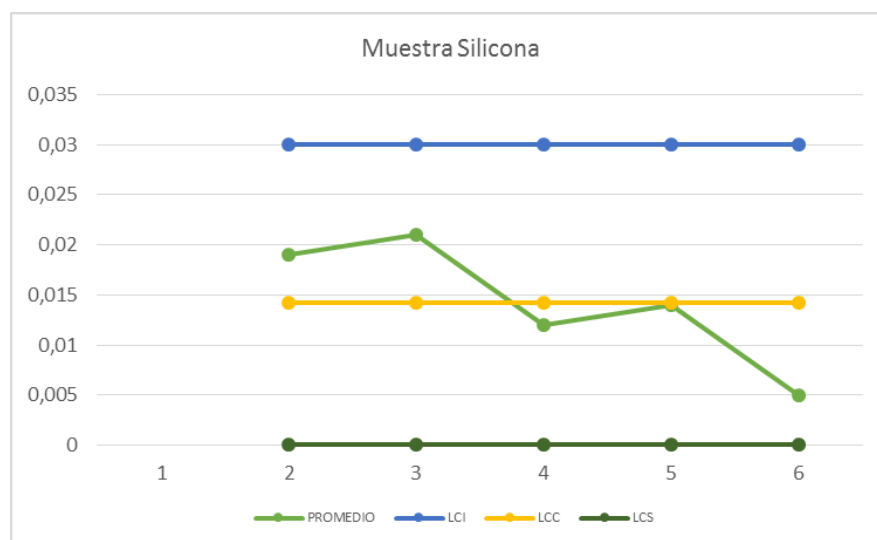
Fuente: elaboración propia.

Figura 64. **Gráfico de rangos: error dosificación de cloruro de metileno**



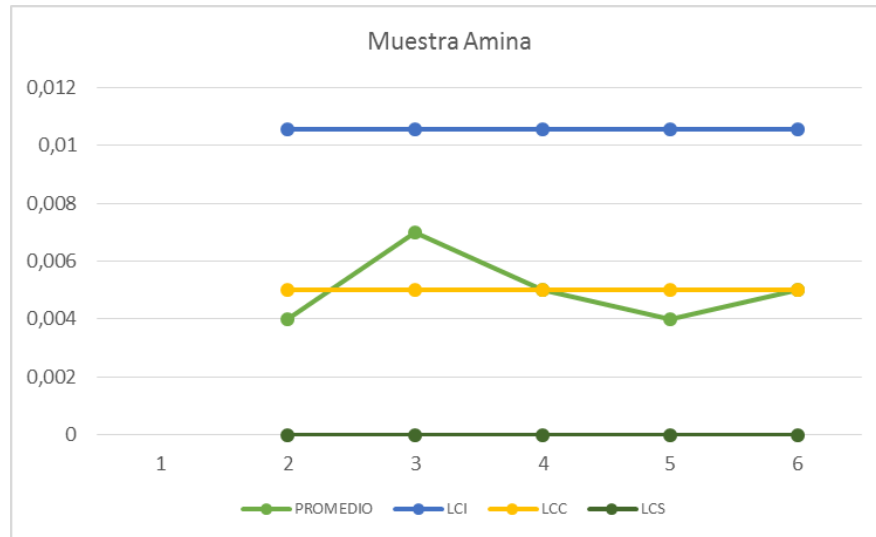
Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Gráfico de rangos: error dosificación de silicona**



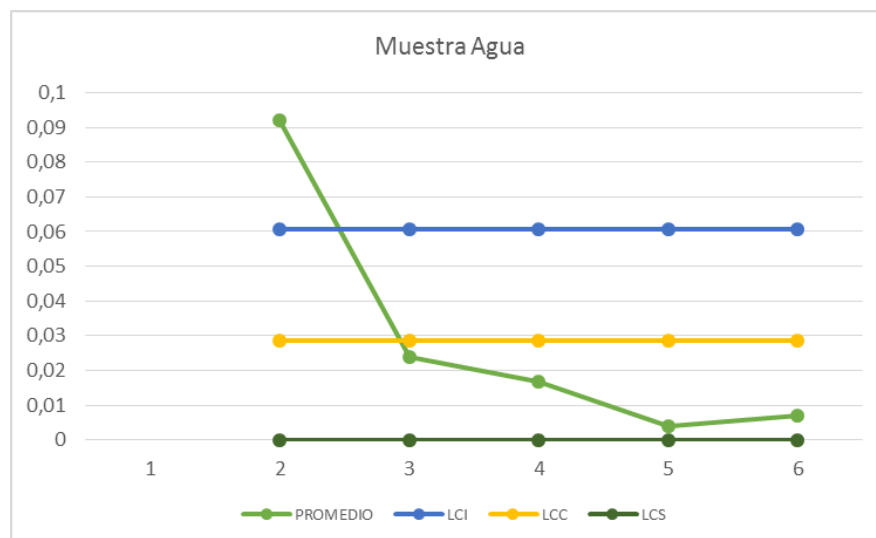
Fuente: elaboración propia.

Figura 66. **Gráfico de rangos: error dosificación de amina**



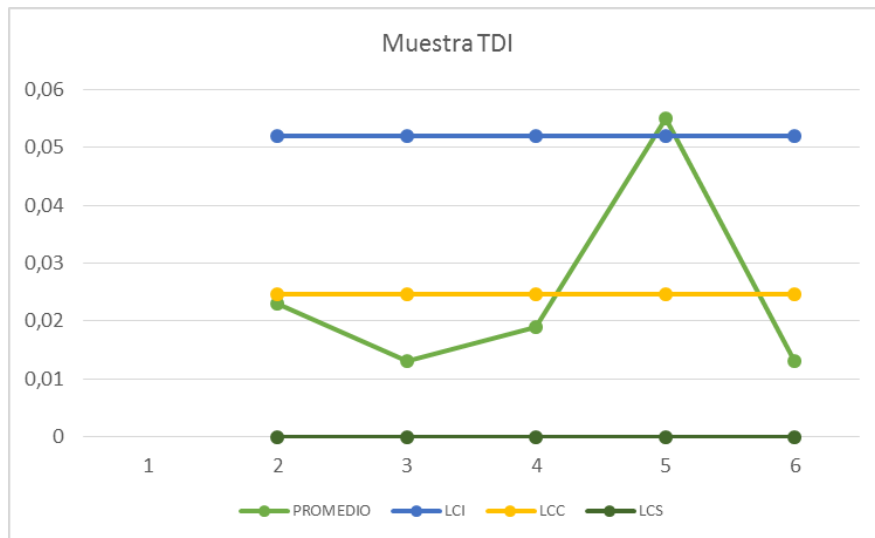
Fuente: elaboración propia.

Figura 67. **Gráfico de rangos: error dosificación de agua**



Fuente: elaboración propia.

Figura 68. **Gráfico de rangos: error dosificación de TDI**



Fuente: elaboración propia.

Al igual que los gráficos de medias, los gráficos de rangos del muestreo realizado a cada componente muestran distintos comportamientos, puntos fuera de los límites de control, cambios repentinos en el promedio del proceso y patrones cíclicos.

#### 6.4.2.2. Gráficos de control por atributos

Los datos de atributos pueden asumir dos valores: bueno o malo, pasa o no pasa. Para los datos de atributos se utilizan varios tipos de gráficas de control. Uno de los más comunes es el de la gráfica p.

Una gráfica P vigila la proporción de elementos no conformes producidos en un lote.

#### 6.4.2.2.1. Gráfico P

El gráfico P vigila la proporción de elementos no conformes producidos en un lote. Se le conoce como gráfica de la fracción no conforme o de la 40 fracción defectuosa. Una gráfica P se elabora primero reuniendo 25 a 30 muestras del atributo que se está midiendo. Cada muestra debe ser lo suficientemente grande para que contenga varios elementos no conformes. Las muestras se eligen durante periodos de tiempo. Esta estadística refleja el desempeño promedio del proceso. Una estimación de la desviación estándar está dada por:

$$S_P = \sqrt{\frac{P(1 - P)}{N}}$$

Por lo tanto, los límites de control superior e inferior están dados por:

$$LCI = P - 3S_P$$

$$LCC = P$$

$$LCS = P + 3S_P$$

Donde:

- P es el promedio de las fracciones de deficiencias
- $S_P$  es la desviación estándar
- Si el límite de control inferior es menor a cero se utiliza el valor de cero

La fracción de deficiencias de la muestra se determina por medio de la fórmula:

$$P = \frac{D}{N}$$

Donde D es el número de unidades deficientes en una muestra de tamaño N. En general, se toman muestras de tamaño n en un proceso que está bajo inspección, se determina la proporción de deficiencia y se dibuja el resultado en un gráfico p, usando la fórmula anterior.

#### **6.4.2.2.2. Gráfico NP**

El NP es un gráfico de control para la cantidad de elementos no conformes dentro de una muestra. Para utilizarlo el número de muestras debe de ser constante. Los gráficos P no necesitan muestras iguales, ya que la fracción no conforme es independiente del tamaño de la muestra. Los límites de control para el gráfico NP se calculan de la siguiente manera: el límite central es el número promedio de elementos no conformes por muestra identificados como NP, que se calcula tomando el promedio de los elementos no conformes.

Una estimación de la desviación estándar es:

$$S_{NP} = \sqrt{NP(1 - P)}$$

Y los límites de control son los siguientes:

$$LCI = NP - 3S_{NP}$$

$$LCC = NP$$

$$LCS = NP + 3S_{NP}$$



## **6.5. Estrategias de seguimiento**

El éxito de cualquier plan de mejora continua del proceso productivo que se implemente en una organización dependerá del compromiso de todos los niveles, especialmente de la dirección de la empresa, ya que debe desarrollar políticas, establecer objetivos y procesos, y tomar las acciones necesarias para mejorar el rendimiento. En este contexto resulta ineludible utilizar la metodología PDCA impulsada por Deming (planificar, hacer, verificar y actuar), como una forma de ver las cosas que pueden ayudar a la empresa a descubrirse a sí misma y orientar cambios que la vuelvan más eficiente y competitiva.

Es bajo la premisa de cómo se están llevando a cabo los diferentes procesos que garanticen la calidad de los productos y servicios, que se deben comprobar las formas como se han realizado dichos procesos.

Para verificar o comprobar las condiciones de cómo se han realizado los distintos procedimientos, se pueden emplear distintas herramientas, tales como hojas de verificación o los distintos diagramas que existen.

### **6.5.1. Hojas de verificación**

Las hojas de verificación son una herramienta útil que sirve para facilitar la recolección y análisis de información del proceso, de tal forma que su aprovechamiento sea sencillo y automático. No existe un procedimiento o fórmula para desarrollar una hoja de verificación, esta depende de una gran variedad de aspectos como:

- Objetivo de la hoja de verificación
- Proceso en donde será aplicado

- Personal que tomará los datos
- Cultura organizacional
- Recursos materiales

El desarrollo de una hoja de verificación involucra equilibrar los aspectos anteriores con los fundamentos de la hoja que serían la facilidad en la toma de datos y de análisis.

Dentro del proceso productivo de la empresa en estudio, existen aspectos que, mediante una hoja de verificación, se pueden inspeccionar:

- Comportamiento del proceso productivo
- Productos defectuosos
- Ubicación de los defectos
- Causas de productos defectuosos
- Verificaciones de revisiones

#### **6.5.1.1. Hojas de verificación para el comportamiento del proceso**

En un proceso donde se generan datos continuos es importante observar el comportamiento del proceso de acuerdo con los límites especificados mediante un histograma. Una forma es recopilar datos y después realizar el histograma, sin embargo esto generaría doble esfuerzo.

Es por ello que se sugiere emplear el uso de una planilla de inspección en donde, en el mismo momento en que se inspeccione la pieza y se registre el valor del dato continuo y se muestre la formación del histograma; puede ser de gran ayuda al responder con más rapidez en la toma de decisiones sobre el proceso.

### 6.5.1.2. Hoja de verificación de producto defectuoso

Para reducir el número de productos defectuosos es necesario conocer el tipo de defectos que se están presentando en mayor proporción. En el formato propuesto se podrá observar cómo se registra el tipo de defecto, además se puede contabilizar el número de rechazos totales; con esta planilla se verá clara y automáticamente cuál es la causa que está ocasionando más rechazos de producto. Este tipo de planilla es un excelente complemento para un análisis con el diagrama de Pareto.

Tabla XL. Planilla inspección de bloques

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE BLOQUES		
DENSIDAD _____		FECHA _____
NÚMERO DE LOTE _____		
TAMAÑO DE LOTE _____		
TIPO DE DEFECTO	INSPECCIÓN	SUBTOTAL
DAÑOS EN LA SUPERFICIE		
BURBUJAS INTERNAS		
DEFORMADO		
BLOQUE INCOMPLETO		
		<b>TOTAL</b>

Fuente: elaboración propia.

Se realizó un muestreo utilizando la hoja de verificación para inspeccionar los bloques defectuosos, empleándolo en 10 lotes, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla XLI. **Datos obtenidos: planilla inspección de bloques defectuosos**

MUESTRA	UNIDADES VERIFICADAS	UNIDADES NO CONFORMES	% NO CONFORMES
1	15	2	13
2	15	1	7
3	15	3	20
4	15	4	27
5	15	2	13
6	15	1	7
7	15	1	7
8	15	3	20
9	15	1	7
10	15	2	13
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>	<b>20</b>	<b>158</b>

Fuente: elaboración propia.

Se utiliza un gráfico de control por atributos; en este caso, un gráfico NP para visualizar el comportamiento de las unidades defectuosas.

De la tabla anterior se tiene que el promedio de unidades no conformes (NP) es 2.

Se realiza la estimación de la desviación estándar mediante la fórmula:

$$S_{NP} = \sqrt[2]{(NP(1 - P))}$$

$$S_{NP} = \sqrt[2]{(2(1 - \frac{2}{15}))}$$

$$S_{NP} = 1,32$$

Luego se procede a determinar los límites de control utilizando las fórmulas:

$$LCI = NP - 3S_{NP}$$

$$LCC = NP$$

$$LCS = NP + 3S_{NP}$$

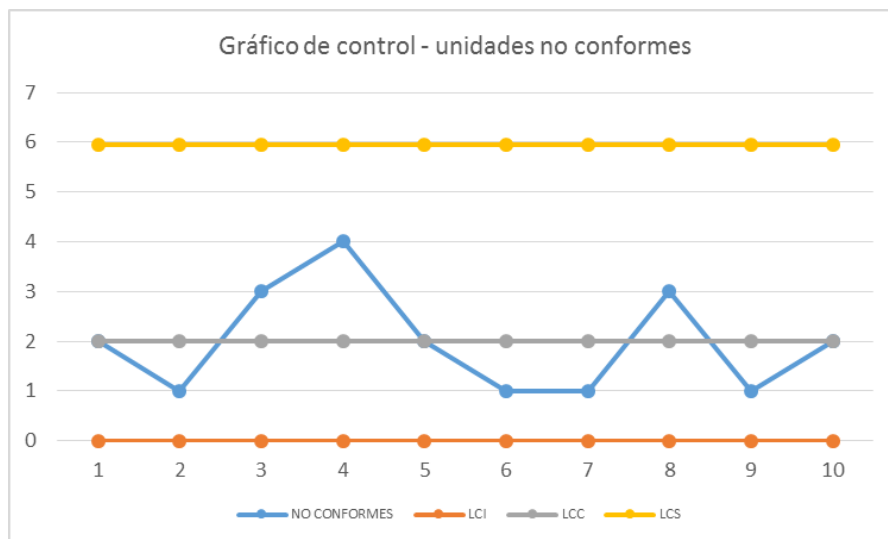
$$LCI = 2 - 3 * 1,32 = -1,95 = 0$$

$$LCC = NP = 2$$

$$LCS = 2 + 3 * 1,32 = 5,95$$

Con los límites de control calculados, se procede a realizar el gráfico de control para la cantidad de elementos no conformes:

Figura 69. **Gráfico de control de unidades no conformes**



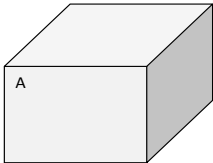
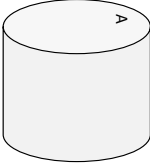
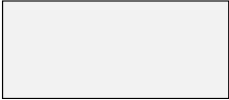
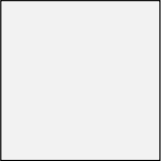

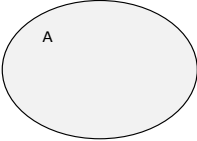
Fuente: elaboración propia.

### 6.5.1.3. Hoja de verificación de ubicación de defectos

Es muy común ver que los defectos pueden presentarse en diferentes partes de los bloques o cilindros, y la identificación de la zona en donde se presente.

La hoja de verificación que se propone tiene como objetivo identificar las zonas en donde se presentan los distintos problemas que se dan a la hora del espumado.

Figura 70. Planilla ubicación de defectos

PLANILLA UBICACIÓN DE DEFECTOS			
Fecha _____			
Hora _____			
Densidad _____			
Aceptado		Rechazado	
Tipo de defecto			
Daños en la superficie	Burbujas en el interior	Deformado	Incompleto
<b>Ubicación</b>			
Proyección			
			
Perfil			
			
Frente			
			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2013.

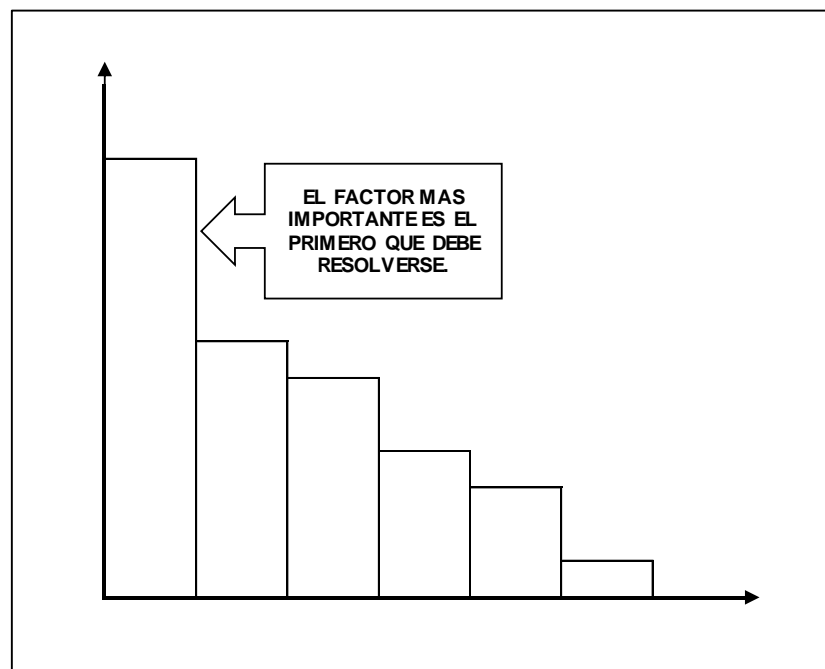
### 6.5.2. Diagramas de Pareto

El diagrama de Pareto representa uno de los primeros pasos que deben darse para realizar mejoras efectivamente:

- Ayuda a definir las áreas prioritarias de intervención.
- Atrae la atención de todos sobre las prioridades y facilita la creación del consenso.

El análisis de Pareto es un eficaz instrumento de comunicación ya que permite identificar, a simple vista, el problema más grave y poner de manifiesto a todas las áreas más importantes para centrar los esfuerzos.

Figura 71. **Factor más importante**



Fuente: GALGANO, Alberto. *Los siete instrumentos de la calidad total*. p. 128.

Se debe subrayar que es mucho más fácil comprender los problemas que se deben afrontar en primer lugar, si se utiliza el análisis de Pareto que con las simples tablas de recogida de datos o si se basa en la experiencia, ya que los gráficos son mucho más eficaces para transmitir un mensaje que muchas tablas.

Además, Pareto permite asimismo efectuar comparaciones entre situaciones en tiempos diversos, lo que permitirá verificar los resultados logrados con las medidas correctivas adoptadas.

Se utilizó esta herramienta para comprender el tipo de defecto que más se presenta, basándose en el muestreo realizado utilizando el formato de la tabla XXI y obteniendo los siguientes resultados:

Tabla XLII. **Tipos de defectos presentados en la muestra realizada**

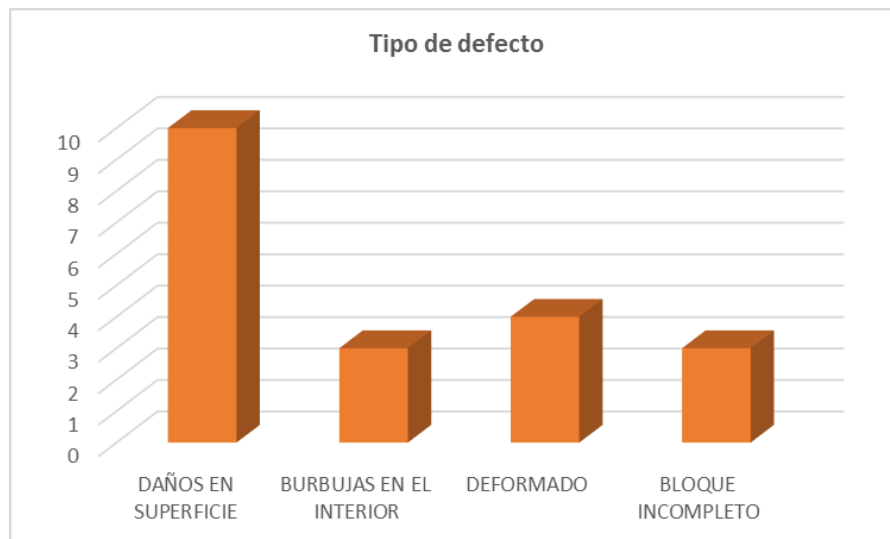
MUESTRA	DAÑOS EN SUPERFICIE	BURBUJAS EN EL INTERIOR	DEFORMADO	BLOQUE INCOMPLETO
1	1	1	0	0
2	0	0	0	1
3	3	0	0	0
4	1	0	2	1
5	0	1	0	1
6	1	0	0	0
7	0	0	1	0
8	2	0	1	0
9	0	1	0	0
10	2	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Fuente: elaboración propia.



Con los resultados de la tabla anterior se realiza un diagrama de Pareto para analizar los tipos de defectos presentados en las muestras:

Figura 72. **Diagrama de Pareto para los tipos de defectos presentados**



Fuente: elaboración propia.

En la figura se puede observar que la mayor parte de defectos presentados es por daños en la superficie del bloque de esponja, seguido por deformaciones en los mismos, burbujas internas y bloques incompletos.

Los daños en la superficie pueden ser provocados por moldes en mal estado o mala manipulación de los bloques al momento de trasladarlos al área de enfriamiento, por lo que se sugiere se analicen estos dos aspectos y tomar las decisiones correspondientes para mitigar este problema.



## **CONCLUSIONES**

1. Utilizando herramientas como el diagrama de operaciones, de flujo de operaciones y de recorrido se pueden establecer puntos donde se implementen controles de producción para la materia prima, producto terminado de base y producto terminado.
2. Las pérdidas de tiempo que afectan un proceso productivo, que no se solucionan adecuadamente, pueden llegar a reflejarse negativamente en la rentabilidad de la esponja de poliuretano.
3. El punto crítico en la producción de esponja de poliuretano es el proceso de enfriamiento, si no se tiene el debido control antes del proceso y durante el proceso, puede afectar la productividad del área, así como la calidad del producto que se está entregando.
4. Se realizaron propuestas de formatos de control de la producción, así como para el registro de desperfectos y productos rechazados, con el fin de efectuar controles estadísticos que provean información que sea útil en los planes de mejora continua en la empresa en estudio.
5. Se realizaron propuestas de procesos y tareas importantes que se deben realizar en cada punto de la fabricación de esponja, para que el sistema sea aplicable.

6. El control de calidad es indispensable para garantizar el seguimiento y control del sistema propuesto, ya que hace que se detecten oportunidades de mejora de los procesos de producción. Este debe ser un compromiso del recurso humano, indispensable para el éxito de las operaciones en la empresa.
7. La buena comunicación entre el área de espumado y el área de mantenimiento busca que la maquinaria y el equipo utilizado, esté siempre en óptimas condiciones, garantizará de buena manera la productividad y eficiencia del área, buscando que se cumplan los objetivos del sistema propuesto.
8. Se proponen mejoras básicas y lineamientos en la parte de seguridad industrial, que hacer al momento que exista un derrame de químicos dentro del área de trabajo, la señalización de una ruta de evacuación, así como el control periódicos de extinguidores con el fin de crear un ambiente seguro reduciendo la probabilidad de un siniestro.

## RECOMENDACIONES

1. Establecer reuniones periódicas con los operarios del área con el fin de retroalimentar información de todo lo relacionado con el área y que sea útil al facilitador, para que pueda tomar decisiones e implementar las medidas necesarias para mitigar todo aquello que pueda influir negativamente en el área.
2. Si se desea aumentar la producción de esponja, se debe aumentar la capacidad del área de enfriamiento; se recomienda el reacondicionamiento de áreas temporales para este fin.
3. Realizar la supervisión periódica de los operadores en las áreas de trabajo, para mejorar la eficiencia y rendimientos de los mismos y las maquinarias que utilizan.
4. Mantener el control de los formatos para obtener información del rendimiento de la esponja, buscando con ello tomar a tiempo acciones pertinentes para reducir al máximo los desperdicios, así como los defectos y rechazos de la esponja, para mejorar la calidad del producto que se está entregando.
5. Utilizar otras herramientas de calidad como los diagramas de Pareto, diagrama de árbol y diagrama de causa y efecto para la mejora de los procesos.

6. Debe controlarse el mantenimiento del equipo y maquinaria por parte del facilitador del área, comunicando al área de mantenimiento los inconvenientes que se presenten, en búsqueda de minimizar averías y fallas, y así prolongar la vida útil de las maquinarias y reducir gastos en reparaciones innecesarias.
7. El control de calidad no está ligado únicamente al departamento de producción, por lo que también se debe incorporar un plan de control de calidad en el área administrativa, buscando un mejor servicio al cliente.
8. Se debe solicitar el apoyo de instituciones como Conred o los cuerpos de bomberos para realizar capacitaciones en el uso del equipo de seguridad, así como planes de contingencia ante desastres o accidentes al personal del área.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AENOR. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo – requisitos*. OSHAS 18001:2007. España: AENOR, 2007. 48 p. ISBN: 9788481435368.
2. AQUILANO, Nicholas. *Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios*. 8a ed. México: McGraw-Hill, 2003. 885 p. ISBN: 9584100718.
3. ARIAS DUVERGÉ, Claribel. *Organización de los sistemas productivos* [en línea]. <http://www.gestiopolis.com/organizacion-de-los-sistemas-productivos>. [Consulta: 17 de diciembre de 2014].
4. BERRY, William. *Sistemas de planificación y control de la fabricación*. 3a ed. España: Editorial Irwin, 1995. 867 p. ISBN: 8480861959.
5. EVANS, James. *Administración y control de la calidad*. Lindsay. 7a ed. México: Cengage Learning, 2008. 848 p. ISBN: 9706868364.
6. GAITHER, Norman. *Administración de producción y operaciones*. 8a ed. México: Cengage Learning Latin America, 2000. 846 p. ISBN: 9706860312.
7. GALGANO, Alberto. *Los siete instrumentos de la calidad total*. España: Editorial Díaz de Santos, 1995. 320 p. ISBN: 9788479782306.

8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *Sistema de gestión ambiental – requisitos con orientación para su uso*. NTC-ISO 14001. Colombia: ICONTEC, 2004. 39 p.
9. KRAJEWSKI, Lee. *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. 5a ed. México: Pearson Educación, 2000. 928 p. ISBN: 9684444117.
10. MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Acuerdo Gubernativo 791-2003. *Normativa sobre la política marco de gestión ambiental*. Guatemala: MARN, 2003. 7 p.
11. \_\_\_\_\_. Acuerdo Gubernativo 258-2010. *Política nacional de Producción más Limpia*. Guatemala: MARN, 2010. 52 p.
12. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Salud y seguridad en el trabajo: fuentes de información de la OIT*. Perú: OIT, 2012. 76 p.
13. POCASANGRE BARQUERO, Carlos Mauricio. *Consideraciones prácticas para implementar el control de la producción*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979. 86 p.
14. RIGGS, James. *Sistemas de producción: planeación, análisis y control*. 3a ed. México: Limusa, 1999. 709 p. ISBN: 9681848780.



15. SCHROEDER, Roger. *Administración de operaciones*. 3a ed. España: McGraw-Hill Interamericana de España, 2011. 560 p. ISBN: 607150600X.
16. VELÁZQUEZ MASTRETTA, Gustavo. *Administración de los sistemas de producción*. 6a ed. México: Limusa, 2007. 292 p. ISBN: 9681864913.

