







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

**MEJORA DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y  
TECNOLOGÍA, S.A.**

**Allan Jonathan Josué Sirín Hernández**

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, octubre de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD EN LA EMPRESA  
POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ALLAN JONATHAN JOSUÉ SIRÍN HERNÁNDEZ**

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernersto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Ing. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Ing. Yocasta Ortíz del Cid
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **MEJORA DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 2 mayo del año 2017.

**Allan Jonathan Josué Sirín Hernández**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme fortaleza y sabiduría para completar esta etapa tan importante de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Agustín Sirín y Martha Hernández, por ser lo más especial que tengo, apoyarme en todo lo que hago y ser ejemplo de superación.
<b>Mis hermanos</b>	Eddy y Andrea Sirín, por compartir conmigo cada momento de mi vida y estar incondicionalmente en todo momento.
<b>Tíos, primos y abuelos</b>	Por ser influencia positiva de alguna u otra forma en las decisiones que tomo cada día y apoyarme con sus consejos.
<b>Mis amigos</b>	Leslie Álvarez, Javier Samayoa y Rodrigo Enríquez, entre muchos amigos más que he conocido a lo largo de mi vida y nos hemos apoyado en muchas circunstancias.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por abrirnos las puertas a todos los estudiantes, permitir vivir experiencias únicas con nuestros compañeros y aprender de personas muy capaces para desarrollarnos en el medio.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para desempeñarme como ingeniero.
<b>Polytec</b>	Por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas finales, EPS y mi primera experiencia laboral.
<b>Mi familia</b>	Por el apoyo, consejos y buenos momentos que hemos compartido.
<b>Compañeros</b>	Por haber compartido conocimientos en cada una de las clases y todo tipo de experiencias que se viven en la universidad.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. INFORMACIÓN GENERAL DE POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A. ....	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Visión.....	2
1.3. Misión .....	2
1.4. Valores .....	2
1.5. Principios.....	3
1.6. Objetivos .....	3
1.7. Estructura organizacional.....	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. MEJORA DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD .....	7
2.1. Diagnóstico de la situación actual.....	7
2.1.1. Análisis FODA .....	7
2.1.2. Diagrama de causa y efecto.....	12
2.2. Situación actual de los laboratorios.....	15
2.2.1. Laboratorio de extrusión.....	15
2.2.2. Laboratorio de impresión y laminación.....	19
2.2.3. Laboratorio de slitter y corte.....	23

2.2.4.	Laboratorio de materia prima .....	26
2.3.	Propuesta de mejora para los laboratorios .....	28
2.3.1.	Laboratorio de extrusión .....	28
2.3.1.1.	Instalaciones .....	29
2.3.1.2.	Mobiliario.....	33
2.3.1.3.	Equipo.....	34
2.3.1.4.	Personal.....	38
2.3.1.5.	Seguridad y salud ocupacional .....	39
2.3.1.6.	Instructivos.....	42
	2.3.1.6.1. Verificación del medidor de espesores ..	42
2.3.1.7.	Formatos de registro.....	43
2.3.2.	Laboratorio de impresión y laminación .....	44
2.3.2.1.	Instalaciones .....	44
2.3.2.2.	Mobiliario.....	47
2.3.2.3.	Equipo.....	48
2.3.2.4.	Personal.....	50
2.3.2.5.	Seguridad y salud ocupacional .....	51
2.3.2.6.	Instructivos.....	52
	2.3.2.6.1. Calibración de balanzas .....	52
	2.3.2.6.2. Instructivos para calibrar balanzas .....	54
2.3.2.7.	Formatos de registro.....	58
	2.3.2.7.1. Limpieza del laboratorio.....	58
	2.3.2.7.2. Control de materiales quebradizos .....	60

	2.3.2.7.3.	Calibración de balanzas .....	62
2.3.3.		Laboratorio de slitter y corte .....	64
	2.3.3.1.	Instalaciones .....	64
	2.3.3.2.	Mobiliario .....	67
	2.3.3.3.	Equipo .....	67
	2.3.3.4.	Personal .....	69
	2.3.3.5.	Seguridad y salud ocupacional .....	70
	2.3.3.6.	Instructivos .....	70
		2.3.3.6.1. Medición de temperatura y humedad .....	70
	2.3.3.7.	Formatos de registro .....	72
2.3.4.		Laboratorio de materia prima .....	73
	2.3.4.1.	Instalaciones .....	73
	2.3.4.2.	Mobiliario .....	76
	2.3.4.3.	Equipo .....	77
	2.3.4.4.	Personal .....	78
	2.3.4.5.	Seguridad y salud ocupacional .....	78
	2.3.4.6.	Instructivos .....	78
		2.3.4.6.1. Verificación de flexómetros .....	79
		2.3.4.6.2. Utilización del autoclave .....	81
	2.3.4.7.	Formatos de registro .....	82
		2.3.4.7.1. Formato de registro de verificación de flexómetros .....	82
2.3.5.		Laboratorio de cromatografía .....	83

2.3.5.1.	Instalaciones .....	84
2.3.5.2.	Mobiliario.....	86
2.3.5.3.	Equipo .....	87
2.3.5.4.	Personal .....	87
2.3.5.5.	Seguridad y salud ocupacional .....	88
2.3.6.	Control de calibración de todos los equipos e instrumentos de medición .....	89
2.3.6.1.	Inventario .....	89
2.3.6.2.	Clasificación.....	90
2.3.6.3.	Identificación y codificación .....	91
2.3.6.4.	Formato de control.....	92
2.3.6.5.	Programa de calibración y verificación .....	93
2.3.6.6.	Análisis de reproducibilidad y repetibilidad (R&R).....	94
2.3.6.6.1.	Procedimiento de análisis ANOVA .....	94
2.3.7.	Costos de la propuesta .....	101
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. DISEÑO DE UN PLAN DE REDUCCIÓN DE DESPERDICIO APLICANDO PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA .....	103
3.1.	Diagnóstico de la situación .....	103
3.2.	Plan de mejora .....	112
3.3.	Costos de la propuesta .....	115
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN .....	117
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación .....	117
4.2.	Plan de capacitación .....	121
4.3.	Resultados .....	127

4.4. Costos del plan.....	128
CONCLUSIONES .....	129
RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	133
APÉNDICES .....	135
ANEXOS .....	137



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de Polytec .....	6
2.	Diagrama de Ishikawa.....	14
3.	Fotografía de mesas del laboratorio de extrusión.....	18
4.	Fotografía de iluminación del laboratorio de extrusión .....	18
5.	Fotografía del piso del laboratorio de extrusión .....	19
6.	Fotografía de mesa de luz en el laboratorio de impresión .....	22
7.	Fotografía de iluminación en el laboratorio de impresión .....	22
8.	Fotografía del piso del laboratorio de impresión .....	23
9.	Fotografía de mesa del laboratorio de slitter.....	26
10.	Plano de iluminación del laboratorio de extrusión.....	32
11.	Guantes de nitrilo .....	39
12.	Guante anticorte 3M M905.....	40
13.	Lavaojos.....	41
14.	Instrucción de trabajo para el mantenimiento de medidor de espesores.....	42
15.	Registro de verificación interna del medidor de espesores .....	43
16.	Plano de iluminación en el laboratorio de impresión.....	46
17.	Instrucción de trabajo para el correcto llenado del formato de calibraciones .....	53
18.	Calibración de la balanza analítica (400 g).....	54
19.	Calibración de balanza y del medidor de temperatura (40 g).....	55
20.	Calibración de la balanza de planta (400 g).....	56
21.	Calibración de balanza de planta (410 g) .....	57

22.	Formato de registro de limpieza de laboratorios .....	59
23.	Actividades de limpieza .....	60
24.	Formato de control de materiales quebradizos .....	61
25.	Formato de datos de calibración de balanzas .....	63
26.	Plano de iluminación del laboratorio de slitter .....	66
27.	Instrucción de trabajo para condiciones de laboratorio .....	71
28.	Formato de verificación interna de temperatura y humedad .....	72
29.	Plano de iluminación del laboratorio de materia prima .....	75
30.	Autoclave .....	76
31.	Verificación de medida del flexómetro .....	79
32.	Instructivo para la verificación de flexómetros .....	80
33.	Instrucción de trabajo para la utilización del autoclave .....	81
34.	Formato de registro de verificación de flexómetros .....	82
35.	Hoja de vida de flexómetro .....	83
36.	Plano de iluminación del laboratorio de cromatografía .....	86
37.	Hoja de vida de los instrumentos de medición .....	92
38.	Programa de calibraciones .....	93
39.	Instructivo de análisis ANOVA .....	94
40.	Instructivo de análisis PROMEDIO Y RANGO .....	95
41.	Instructivo de análisis PROMEDIO .....	97
42.	Formato de análisis ANOVA .....	98
43.	Formato de intercomparación (promedio) .....	99
44.	Formato de intercomparación de laboratorios (básico) .....	100
45.	Cantidad de rechazos por área .....	104
46.	Cantidad de rechazos por tipo de defecto en el área .....	106
47.	Pareto por tipo de defectos .....	107
48.	Máquinas con más cantidad de errores .....	108
49.	Frecuencia de manchas de impresión .....	109
50.	Diagrama de Ishikawa .....	110

51.	Proceso de capacitación.....	125
52.	Esquema de prensa flexográfica.....	137
53.	Sistema de tambor central .....	137
54.	Diagrama piso epóxico.....	137

## TABLAS

I.	FODA de Polytec .....	10
II.	Matriz FODA .....	11
III.	Características de pintura epóxica.....	29
IV.	Características técnicas de la mesa de mármol .....	33
V.	Características técnicas de sillas para laboratorio.....	34
VI.	Especificaciones técnicas máquina universal de extrusión .....	35
VII.	Especificaciones técnicas del COF.....	35
VIII.	Características de la selladora automática .....	36
IX.	Especificaciones técnicas del medidor de rasgado .....	36
X.	Especificaciones técnicas de balanza de temperatura y humedad. ....	37
XI.	Especificaciones técnicas del refrigerador.....	38
XII.	Distribución de turnos Lab. Extrusión. ....	38
XIII.	Datos técnicos de guantes de nitrilo .....	40
XIV.	Especificaciones técnicas de la balanza analítica .....	48
XV.	Especificaciones técnicas de micrómetro digital.....	49
XVI.	Especificaciones técnicas del horno .....	49
XVII.	Especificaciones técnicas del verificador de código de barras .....	50
XVIII.	Especificaciones técnicas de la balanza analítica .....	68
XIX.	Especificaciones técnicas del durómetro .....	68
XX.	Especificaciones técnicas del medidor de estática .....	69
XXI.	Especificaciones técnicas del autoclave .....	77

XXII.	Inventario de instrumentos de medición .....	89
XXIII.	Costos de calibraciones de equipos .....	101
XXIV.	Costo de calibración de balanzas .....	102
XXV.	Cantidad de eventos por área .....	104
XXVI.	Cantidad de eventos por tipo de defecto .....	105
XXVII.	Pareto por tipo de defectos.....	106
XXVIII.	Programación de actividades .....	114
XXIX.	Costo por año calendario.....	116
XXX.	Costos de propuesta.....	116
XXXI.	Propuesta de capacitaciones.....	119
XXXII.	Plan de capacitación “Conocimientos técnicos en el área de trabajo” .....	122
XXXIII.	Plan de capacitación “Liderazgo e inteligencia emocional” .....	123
XXXIV.	Plan de capacitación “Manejo de estrés”.....	123
XXXV.	Plan de capacitación “Calidad” .....	124
XXXVI.	Plan de capacitación “Trabajo en equipo” .....	124
XXXVII.	Cronograma de capacitaciones propuestas .....	126
XXXVIII.	Costos de capacitación para personal de calidad .....	128
XXXIX.	Factores de peso de iluminación .....	135
XL.	Coeficientes de reflexión .....	135
XLI.	Niveles de iluminación .....	135

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>HM</b>	Altura del piso al área de trabajo
<b>A</b>	Ancho de los laboratorios
<b>K1</b>	Cavidad zonal del área de trabajo al emisor de luz
<b>K3</b>	Cavidad zonal entre el área de trabajo y el piso
<b>K2</b>	Cavidad zonal entre emisor de luz y el techo
<b>Fm</b>	Factor de mantenimiento
<b><math>\varphi</math></b>	Flujo luminoso
<b>L</b>	Largo de los laboratorios
<b>Em</b>	Nivel de iluminación media
<b>E</b>	Nivel de iluminación medido en luxes



## GLOSARIO

<b>Anilox</b>	Rodillo con microceldas que regula la tinta que aporta a los sellos de impresión.
<b>Anova</b>	Análisis de varianza que menciona que las medidas de dos o más mediciones son iguales.
<b>ASTM</b>	Siglas en inglés para la American Society of Testing Materiales, asociación que se encarga de evaluar la resistencia de los materiales para la construcción de bienes.
<b>Bobina madre</b>	Bobina principal que puede estar formada por varias pistas, que luego pasan a ser bobinas hijas.
<b>Coefficiente de fricción</b>	Máquina capaz de medir el coeficiente de fricción entre dos ensayos.
<b>Dinaje</b>	Unidad de medida con el que se mide el nivel de tratado de dichas bobinas. Al ser muy elevados provocan bloqueo.
<b>Flujo luminoso</b>	Cantidad de luz que se percibe de un lugar en específico.

<b>Fotopolímero</b>	Material del que están hechos los sellos.
<b>Lux</b>	Unidad de medida de iluminación.
<b>Mangas</b>	Rodillos donde se montan los sellos en impresoras flexográficas.
<b>Máquina de ensayos</b>	Máquina para realizar pruebas de tensión y compresión.
<b>Prueba de linealidad</b>	Prueba que proporciona una variable dependiente y depende linealmente de variables.
<b>Prueba de excentricidad</b>	Es el comportamiento de cada uno de los puntos imaginarios que no se entiende.
<b>Rasqueta</b>	Cuchilla con filo o sin filo que controla la cantidad de tinta que recibe el anilox.
<b>Repetibilidad</b>	Proximidad de concordancia bajo las mismas condiciones de medición.
<b>Reproducibilidad</b>	Capacidad de una prueba o experimento de ser reproducido por otros y obtener resultados con una mínima diferencia.
<b>Slitter</b>	Área de producción donde se dimensionan y cortan las bobinas madre.

**Tambor central**

Superficie en la cual cada estación de color hace presión sobre el sustrato para que la tinta sea transmitida e imprima sobre el lienzo.



## RESUMEN

Polímeros y Tecnología, S.A. (Polytec) se encuentra ubicada en la 1ª calle 2-68 zona 2, colonia San José Villa Nueva, Guatemala. Es una empresa que se dedica a la fabricación de empaque plástico flexible. Su especialización es todo producto diseñado para el almacenaje de alimentos, por lo que se ha certificado en la FSCC 22000. Este es un esquema de certificación que se basa en la ISO 22000 para impulsar la transparencia en las normas de seguridad alimentaria.

La empresa cuenta con cuatro laboratorios de calidad: de materiales iniciales, de extrusión, de impresión y laminación, y de slitter y corte. En cada uno se llevan a cabo tareas de evaluación de los procesos donde se utilizan diferentes equipos e instrumentos de medición. Las instalaciones no se encuentran en las mejores condiciones y deberían contar con características que cumplan ciertos requerimientos de seguridad, calidad, ergonomía, entre otros.

Los equipos e instrumentos carecen de un programa de calibraciones, los cuales son sumamente importantes para respaldar la calidad de la información que se obtiene con estas mediciones. Además, funciona como prueba del trabajo que se realiza en los productos de los clientes y sus requerimientos. No existe un soporte documentado de procedimientos e instrucciones de trabajo que indique detalladamente el proceso de calibración y verificación de los instrumentos de medición para realizar los estudios de variabilidad entre analistas e instrumento de medición.

En el área de producción de impresión es donde más desperdicio se genera por defectos propios del área. A esto se le suma que se reciben mermas de los

clientes. Son restos de bobina que contienen algún tipo de defecto por el cual los clientes ya no las pueden trabajar en sus máquinas.

El sistema de capacitaciones está en crecimiento. Existe la posibilidad de agregar más capacitaciones al catálogo para ampliar los conocimientos de los empleados para que puedan utilizar mejor la información en el trabajo que realizan. Así mismo se implementará un nuevo sistema de control debido a la complejidad que representa la actual matriz de entrenamientos.

Los resultados finales representan condiciones óptimas en la iluminación, ventilación, accesos, seguridad industrial y mobiliario para cada uno de los laboratorios, según las diferentes actividades que se realizan. También en la creación de instrucciones de trabajo, para que sean herramientas de consulta para los analistas acerca de cómo realizar correctamente las mediciones y calibraciones. Se detalla también la planeación y puesta en marcha de un laboratorio de cromatografía para analizar los solventes retenidos de empaque laminado.

# OBJETIVOS

## General

Mejorar los laboratorios de calidad en la empresa Polímeros y Tecnología, S.A.

## Específicos

1. Diagnosticar la situación actual de los laboratorios e identificar sus deficiencias más importantes.
2. Diseñar las instalaciones adecuadas para el correcto trabajo de los analistas de calidad.
3. Diseñar un programa de calibración, verificación y mantenimiento para los equipos e instrumentos.
4. Diseñar procedimientos estandarizados para las pruebas que se realizan.
5. Diseñar una propuesta para el funcionamiento de un laboratorio de cromatografía.
6. Diseñar un plan de reducción de desperdicio con producción más limpia.
7. Diseñar un plan de capacitación para el personal de la empresa.



## INTRODUCCIÓN

Grupo Polytec es una empresa guatemalteca, de las más grandes de Centroamérica y El Caribe, en producción de empaque plástico flexible. Sus estándares de calidad son muy altos. Sus productos son exportados a diferentes países del continente y la competencia en este rubro en diferentes partes del mundo es muy fuerte.

La mejora de los laboratorios de calidad de la empresa Polytec es necesaria por el crecimiento alcanzado en 28 años de estar en el mercado de producción de empaque plástico flexible. Además, la empresa tiene poco tiempo de haber sido certificada con la norma FSSC 22000, por lo que las exigencias internas y externas han aumentado considerablemente. Las condiciones de los laboratorios actuales están distantes de lo que requieren las normas internacionales.

En el segundo capítulo, que corresponde a la mejora de los laboratorios de calidad, se presenta el diagnóstico de la situación actual por medio de un análisis FODA y se identifican elementos clave a mejorar para elevar los estándares de calidad. Así mismo, se presentan los diseños de cada uno de los laboratorios y también el de un nuevo laboratorio para realizar cromatografías. En cada laboratorio se detallan las condiciones óptimas de iluminación, ventilación, equipo de seguridad, instructivos, mobiliario y pisos.

En cada laboratorio se utilizan distintos equipos e instrumentos de medición. Para su control se diseñó un programa de calibración y verificación con base en los lineamientos de la norma ISO 9001, y análisis de reproducibilidad y

repetibilidad para efectuar pruebas internas y evaluar resultados de equipos de medición.

En el tercer capítulo se presenta un plan para la reducción de desperdicio con producción más limpia. Se identificó, por medio de un análisis Pareto, los eventos más representativos. Con un diagrama de Ishikawa se determinaron las causas raíz de estos eventos para ser evaluados y proceder con la propuesta de un plan de mejora. Se incluyen los costos de la propuesta y el análisis de los beneficios.

En el cuarto capítulo se desarrolla un diagnóstico de necesidades de capacitación; se identifica los puntos críticos según las necesidades de la empresa para nivelar los conocimientos de los colaboradores y definir la planificación de los procesos de formación.

# 1. INFORMACIÓN GENERAL DE POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.

## 1.1. Descripción

Polímeros y Tecnología, POLYTEC, inició sus actividades en julio de 1989, con la idea de ofrecer al mercado una nueva alternativa en la fabricación de empaques plásticos flexibles. La idea principal era, como todavía lo es hoy, disponer de la tecnología más reciente, tanto en materiales como en maquinaria, y combinar estos recursos con una filosofía de profundo compromiso con el cliente, de manera que éste sea, en realidad, la razón de ser de la compañía.

El 15 de enero del año 2008 se fundó una empresa hermana, Polytec Internacional, para encargarse del mercado internacional y el 1º de diciembre de ese mismo año, se adquirieron las empresas Geoplast, una empresa dedicada también a la producción de toda clase de empaques plásticos flexibles, y Lacoplast, una de las empresas con más prestigio y capacidad (600 MT mensuales) dedicada a envases de plástico soplado. Estas empresas comprenden lo que es el Grupo Polytec. La parte flexible del grupo la conforman Polytec y Polytec Internacional.

Desde su fundación, el Grupo Polytec pasó de una capacidad de 40 toneladas (cuando sólo existía Polytec) por mes a más de 2 300 actualmente. Este crecimiento se debe a que Grupo Polytec se rige por sólidos principios éticos, que garantizan su seriedad y honestidad, y que, de la mano de una administración eficiente y flexible, le han permitido sobresalir en servicio, precio y calidad. De cubrir originalmente solo el mercado guatemalteco, se ha pasado a exportar a toda Centroamérica, Panamá, México, El Caribe y Estados Unidos de América.<sup>1</sup>

La producción se divide en tres segmentos de producto: industrial, agroindustrial y comercial.

Los productos de tipo industrial se especializan en ser laminados de 2 y 3 capas donde se utilizan adhesivos que no contienen solvente. Son para empaques de los más altos estándares de calidad y se pueden utilizar en

---

<sup>1</sup> Polímeros y tecnología, S.A. *Nuestra empresa*. <https://www.polytec.com.gt/es/nuestra-empresa>.

llenadoras automáticas. También se ofrecen coextrusiones de 1 y 3 capas, materiales termoencogibles, impresiones de hasta 8 colores, entre otros tipos de bolsas.

En la rama agroindustrial se produce gran variedad de productos, entre los que se encuentran bolsas de protección y empaque para frutas y verduras, tuberías de riego, entre otros.

Los productos de tipo comercial están conformados por toda clase de materiales, bolsas y películas que funcionan como empaque en el comercio. Pueden ser con o sin impresión.

## **1.2. Visión**

“Ser la empresa de referencia en empaques y materiales flexibles en Centro América, México y El Caribe.”<sup>2</sup>

## **1.3. Misión**

“Generar valor para nuestros clientes, trabajadores y accionistas a través de la creación de soluciones competitivas en empaque.”<sup>3</sup>

## **1.4. Valores**

En Polytec se trabaja principalmente con 5 valores:

---

<sup>2</sup> Polímeros y Tecnología, S.A. *Visión y Misión*. <https://www.polytec.com.gt>.

<sup>3</sup> *Ibíd.*

Estamos centrados en el cliente: Nos comprometemos con su éxito, mediante una atención personalizada, tanto en la definición de necesidades como en la innovación en la propuesta de soluciones y en el seguimiento completo de nuestro desempeño.

Siempre damos la cara: Siempre asumiremos nuestra responsabilidad, plantearémos con certeza nuestros pensamientos y tomaremos la acción que garantice el beneficio mutuo. Además de hacerlo internamente, rendiremos cuentas de nuestras acciones ante los clientes, empleados, proveedores, la comunidad, el país y los accionistas.

Nunca nos damos por satisfechos: Estamos comprometidos con la excelencia. No debemos ni queremos conformarnos con el éxito actual. Apenas alcanzamos una meta, ya estamos buscando un reto nuevo.

Nos preocupamos genuinamente por nuestra gente: Las personas son antes que todo. Nos sentimos valorados y respetados en nuestro trabajo y generamos un ambiente que nos permite desempeñarlo con pasión.

Lo que hacemos lo hacemos con integridad: Somos consecuentes en el cumplimiento de estos valores: nuestra actitud de vida y nuestra forma de ser implican el compromiso, la honradez y el apego a la verdad.<sup>4</sup>

## **1.5. Principios**

En la empresa se desarrollan principios que guían a sus colaboradores para realizar un buen trabajo y alcanzar resultados:

- Imparcialidad
- Compañerismo
- Humanidad

## **1.6. Objetivos**

El Grupo Polytec y su gente creen que la globalización y la competencia mundial son fenómenos inevitables, que los obligan a ser cada vez mejores. Poseen una mentalidad competitiva, dispuesta al cambio y abierta a nuevas tecnologías y a nuevos productos. Van de la mano con las grandes tendencias de nuestro tiempo, para mejorar productos, servicio al cliente y sistemas de producción.

---

<sup>4</sup> Polímeros y Tecnología, S.A. *Valores*. <https://www.polytec.com.gt>.

Así como el Grupo Polytec cuenta con la confianza de sus clientes actuales, porque saben que se trata de una empresa sólida que responde a sus necesidades con seriedad, puntualidad y calidad, así también, tal como se definió desde el primer día, sus puertas permanecen abiertas para que los clientes potenciales conozcan la compañía, sus instalaciones y su personal, y a partir de ahí pueda iniciarse una relación comercial de beneficio mutuo. La flexibilidad nos hace diferentes.<sup>5</sup>

## **1.7. Estructura organizacional**

La estructura organizacional de Polímeros y Tecnología, S.A. se conforma por un amplio equipo de trabajo, tal y como se muestra en la figura 1; los que dirigen la empresa forman la Junta Directiva, que se encarga de la toma de decisiones estratégicas de alto impacto. Luego se encuentran las gerencias por departamentos, y un escalón abajo, las jefaturas. Este método de estructura lineal facilita el control de recursos y la medición del desempeño de los departamentos.

Cada uno de los departamentos cuenta con una persona responsable de la toma de decisiones; esto, a su vez, puede dar lugar a una de las desventajas más importantes de este tipo de organización, si no se hace llegar la información a todos los colaboradores implicados; es decir, no existe una comunicación efectiva.

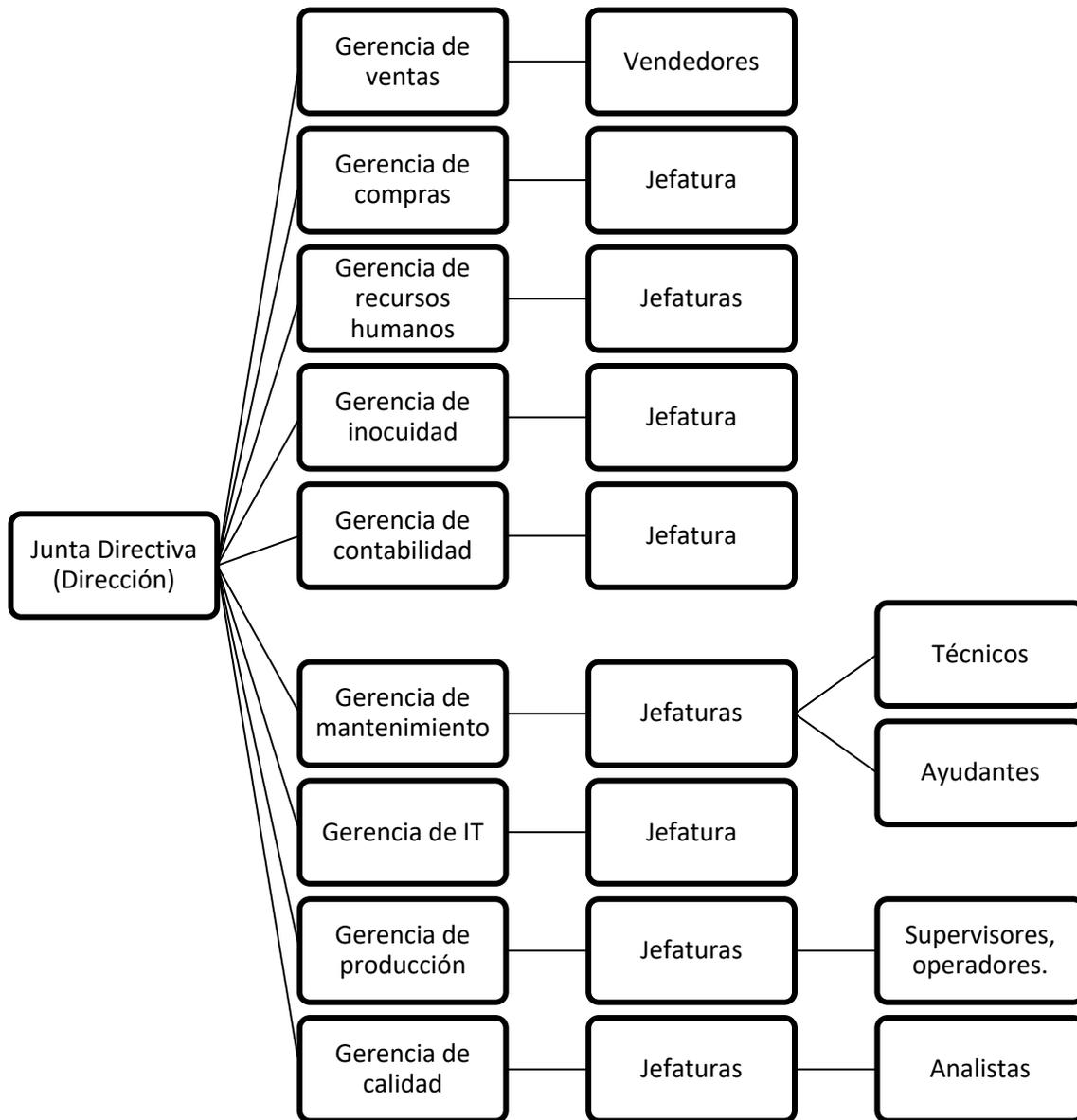
Partiendo de la Junta Directiva se desglosan los diferentes departamentos de forma escalonada y forman la jerarquía con la que se trabaja. La administración de los recursos está a cargo de los jefes de cada departamento. Las decisiones operativas se realizan por medio de los supervisores y operadores.

---

<sup>5</sup> Polímeros y Tecnología, S.A. *Objetivos*. <https://www.polytec.com.gt>.

El organigrama presenta información general a la que cualquier persona puede tener acceso, debido a que no detalla información importante de los ocupantes de los puestos.

Figura 1. Organigrama de Polytec



Fuente: Polímeros y Tecnología, S.A.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. MEJORA DE LOS LABORATORIOS DE CALIDAD**

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

En cada uno de los laboratorios existen diferentes variables que no son controladas; algunas son comunes entre dos o más laboratorios, y otras son propias de los análisis que se realizan. Las variables más importantes para controlar para estandarizar el manejo de los laboratorios son método, instrumento, condiciones ambientales y analista.

#### **2.1.1. Análisis FODA**

Al aplicar el análisis FODA se conoció las variables presentes en los laboratorios de calidad e información sobre el estado actual de la empresa. El mismo se obtuvo mediante encuestas y entrevistas al personal de calidad. La información recopilada y analizada se representan a continuación:

- Fortalezas: se presentan características propias de Polytec que hacen que su nivel competitivo se mantenga y siga creciendo.
  - La empresa se encuentra en la etapa de crecimiento, por lo que se realizan inversiones importantes en proyectos de gran impacto.
  - El personal posee altos niveles de conocimiento, experiencia y capacidad para realizar su trabajo.

- Polytec se encuentra entre las empresas más importantes de fabricación de empaque plástico flexible en Centroamérica y El Caribe.
  - Posee un poder económico competitivo con respecto a la competencia de empresas nacionales.
  - La empresa se encuentra certificada bajo el esquema FSSC 22000.
  - Grupo Polytec se conforma por Lacoplast, Geoplast, Polytec y Polytec internacional que son empresas de alto prestigio.
- Debilidades: son las dificultades internas que se tienen como empresa que entorpece el crecimiento y la mejora.
    - La infraestructura de la planta y de los laboratorios presentan condiciones que no son las ideales.
    - Los procesos de calidad y de producción no se realizan en conjunto para agilizar la fabricación del producto final.
    - El departamento de mantenimiento posee muy poca organización, por lo que realizar trabajos de remodelación y mantenimiento en general toma más tiempo de lo planeado.
    - No se tiene un control de los instrumentos y equipos de medición que hay en la empresa.
    - Los procedimientos de medición no son lo suficientemente eficientes.
    - El personal de calidad no posee los conocimientos necesarios para la correcta utilización de los instrumentos y los métodos de medición y calibración.
    - No se tiene un plan de calibraciones de los equipos de medición y muchos de ellos nunca han sido calibrados.

- Oportunidades: son momentos en el ámbito externo a la empresa que pueden ser o no aprovechadas para obtener un beneficio, o bien, cumplir un objetivo.
  - El empaque plástico flexible es el principal tipo de almacenamiento de productos en el mercado.
  - El empaque no solo se utiliza para empacar. En él se identifica la marca, se promociona el producto, se informa y se diferencia de otras marcas.
  - Desarrollo de nuevas resinas y máquinas que permitan innovar en materiales plásticos con nueva tecnología y características que sean funcionales para el consumidor.
  - Alta resistencia para almacenamiento de productos alimenticios, que prolonga el tiempo de vida útil para el consumo humano.
  
- Amenazas: son factores externos que puedan afectar negativamente a la empresa:
  - Prolongado tiempo de descomposición y falta de cultura de manejo de desechos de la población en general, que produce contaminación en el ambiente.
  - Desarrollo de alternativas de almacenamiento que utilicen producto agradable con el ambiente y que su costo de fabricación sea menor.
  - Existe gran cantidad de empresas multinacionales en la competencia que abarcan toda América Latina.
  - Alzas en la materia prima que se utiliza para la fabricación de empaque plástico flexible.
  - Las interrupciones de energía eléctrica que se generan por condiciones climáticas e instalaciones defectuosas en la red afectan

grandemente la producción debido a los procesos y desperdicios agregados que se generan.

- Dependencia de las empresas que empaican sus productos en empaque de plástico flexible.

Tabla I. **FODA de Polytec**

<p style="text-align: center;"><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Empresa de crecimiento constante.</li> <li>b. Colaboradores capacitados para realizar su trabajo específicamente.</li> <li>c. Empresa importante en el área de Centroamérica y El Caribe.</li> <li>d. Capacidad económica alta.</li> <li>e. Certificación FSSC 22000.</li> <li>f. Grupo Polytec está conformado por empresas de alto prestigio.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Principal tipo de almacenamiento de productos en el mercado.</li> <li>b. Desarrollo de nuevas tecnologías en resinas y maquinaria por parte de los proveedores.</li> <li>c. Ampliación al mercado internacional, según la demanda de empresas fuera del país.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. La infraestructura posee desperfectos que afectan la producción.</li> <li>b. Falta de organización en los procesos entre producción y calidad.</li> <li>c. Departamento de mantenimiento desorganizado.</li> <li>d. No hay control de los equipos e instrumentos de medición.</li> <li>e. Falta de eficiencia en los procesos de medición.</li> <li>f. Falta de conocimiento por parte de los analistas sobre equipos e instrumentos de medición.</li> <li>g. No existe plan de calibraciones y verificaciones de todos los equipos e instrumentos que se utilizan para realizar mediciones de los procesos de producción.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. El mal uso de las bolsas plásticas genera un gran impacto en la contaminación.</li> <li>b. Desarrollo de productos agradables con el medio ambiente por parte de la competencia.</li> <li>c. Competencia con empresas multinacionales y de alto poder económico.</li> <li>d. Alzas en la materia prima.</li> <li>e. Interrupciones de energía eléctrica.</li> <li>f. Dependencia de empresas que empaican sus productos en este tipo de empaque.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Matriz FODA**

<p style="text-align: center;">Factores internos</p> <p style="text-align: center;">Factores externos</p>	<p style="text-align: center;"><b>Fortalezas</b></p> <p>a. Empresa de alto crecimiento. b. Colaboradores capacitados para realizar su trabajo. c. Certificación FSSC 22000. d. Bases sólidas conformado por un grupo de empresas.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Debilidades</b></p> <p>a. Infraestructura no es la ideal. b. Departamento de mantenimiento desorganizado. c. No existe control de los equipos e instrumentos de medición. d. Falta de eficiencia en los procesos de medición. e. Falta de conocimiento de equipos e instrumentos de medición.</p>
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <p>a. Tercera industria más grande a nivel mundial. b. Objetivo pionero en el mercado centroamericano. c. Promoción de marca y producto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar en la mejora continua y mantener la certificación.</li> <li>• Mejorar la calidad de los productos manteniendo los diseños de los clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la infraestructura de la planta.</li> <li>• Involucrar a mantenimiento en los procesos para una mejor planeación.</li> <li>• Controlar equipos e instrumentos de medición.</li> <li>• Capacitar al personal sobre los equipos y metodología de medición.</li> </ul>
<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <p>a. Gran impacto de contaminación. b. Competencia con empresas multinacionales. c. Dependencia de empresas que empacan sus productos. d. Alzas en la materia prima.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar productos que sean más agradables con el medio ambiente.</li> <li>• Mantener la certificación como ventaja competitiva.</li> <li>• Mantener inventarios fiables ante las alzas de materia prima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar condiciones de laboratorios y elevar eficiencia de procedimientos.</li> <li>• Desarrollar un plan de calibraciones y verificaciones de instrumentos de medición.</li> <li>• Aplicar benchmarking de empresas multinacionales para la mejora continua.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.2. Diagrama de causa y efecto

La figura dos representa el diagrama de causa y efecto que se genera a partir de que los laboratorios no posean condiciones adecuadas y, a su vez, que no exista un control de instrumentos y mediciones. Se toma en cuenta la posibilidad de verificar y calibrar los instrumentos y a los analistas, así como también que ellos mismos realicen estas actividades.

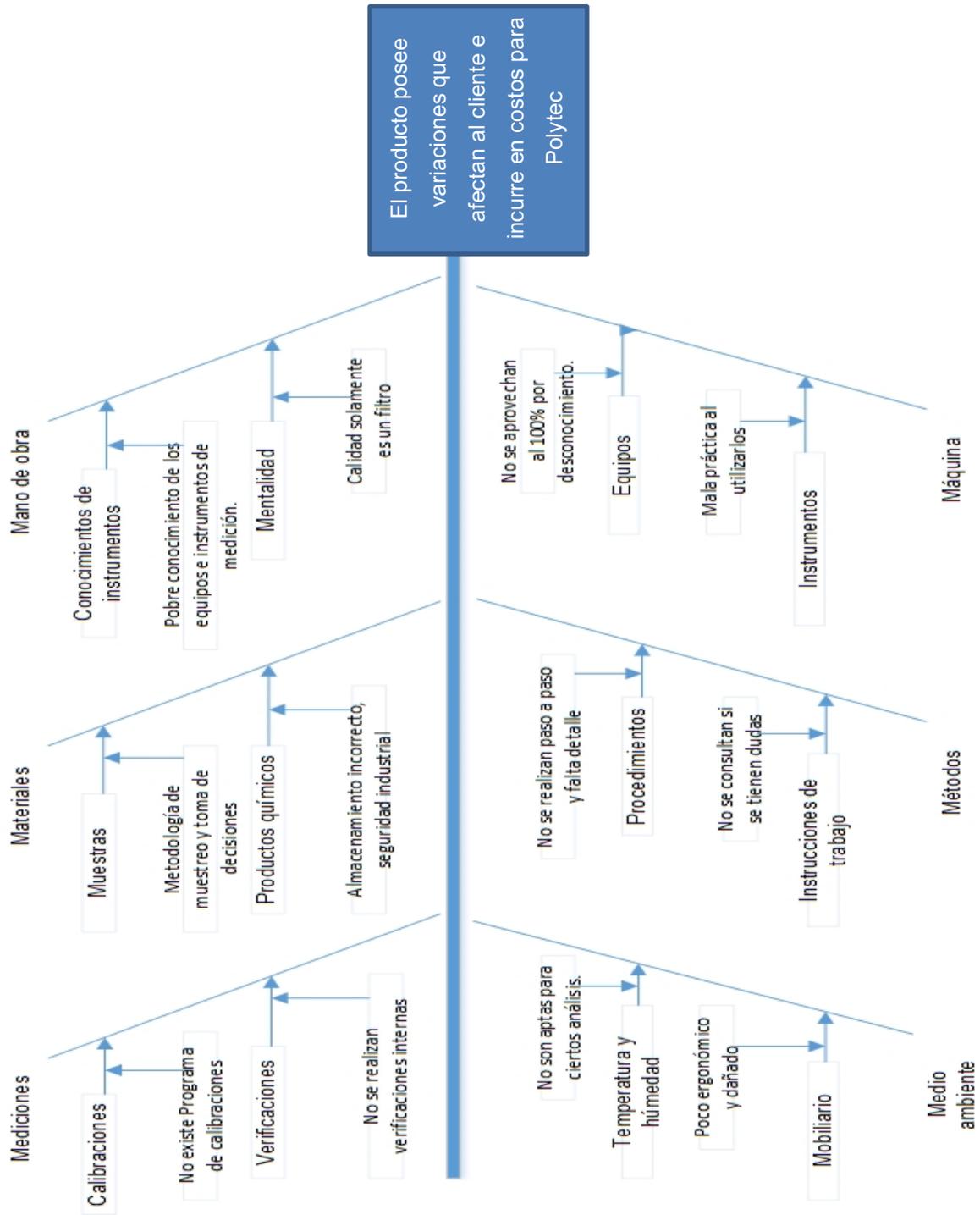
- Problema: los resultados que se obtienen de las pruebas de laboratorio carecen de precisión y exactitud.
- Efecto: el producto posee variaciones que afectan al cliente o bien, incurre en costos de producción a Polytec.
- Causa raíz: los laboratorios de calidad no poseen las condiciones adecuadas para realizar ciertas mediciones y que los resultados sean considerados exactos y precisos.

Se utiliza la herramienta de análisis 6 M's para identificar las categorías en las cuales se puede clasificar las causas del problema:

- Mediciones
  - No se calibran todos los instrumentos de medición.
  - No se realizan verificaciones y análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.
- Materiales
  - En algunos procesos la metodología de muestreo no es la correcta y por ende influye en la toma de decisiones.

- No se almacenan correctamente ciertos productos químicos y esto conlleva un riesgo que pueda suceder algún accidente dentro de los laboratorios.
- Mano de obra
  - No se conocen a fondo todas las funciones de los instrumentos y solucionar problemas en caso surjan con estos equipos.
  - La cultura de calidad en los trabajadores es pobre y se cree que calidad es solamente un filtro.
- Medio ambiente
  - Algunos laboratorios no poseen la capacidad de mantener temperaturas y niveles de humedad acorde a los análisis que se realizan.
  - El mobiliario es pobre en ergonomía dentro de los laboratorios.
- Métodos
  - No existen algunos procedimientos que serían de mucha ayuda para el trabajador como apoyo en su trabajo.
  - Falta detalle en las instrucciones para asegurar que el colaborador entienda correctamente toda la información.
- Máquina
  - Se tiene mala práctica al utilizar los equipos.
  - No se saben aprovechar los equipos por completo

Figura 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia

## **2.2. Situación actual de los laboratorios**

Los laboratorios con los que cuenta la empresa presentan deficiencias para asegurar que las mediciones son exactas y no se vean afectadas por las variaciones que producen el ambiente, el analista y el instrumento. Dependiendo de cuán representativas sean estas variables, así pueden afectar la medición final y la toma de una decisión errónea con base en datos erróneos.

### **2.2.1. Laboratorio de extrusión**

El proceso industrial de la extrusión consiste en moldear el plástico por medio de un flujo continuo. La resina se funde para luego pasar por un molde que le da la circunferencia y grosor a la burbuja mientras esta asciende para lograr el enfriamiento y la definición de las propiedades mecánicas de la película. Luego, el material desciende por una serie de rodillos hasta llegar a los embobinadores y se puede seguir con el siguiente proceso.

En el laboratorio de extrusión se llevan a cabo las pruebas que definen las características de la película, como calibre, tensión, rasgado, gramaje, densidad, resistencia al impacto, ancho, retracciones, COF, módulo secante, peso, humedad, apariencia, tonalidad, translucidez y tratado.

Se detalla información importante del estado del laboratorio de extrusión:

- Personal
  - Los procedimientos que utilizan para realizar las mediciones son empíricos. En el entrenamiento técnico que reciben los nuevos analistas se transmite la información de la misma forma, por lo que no existe una mejora en la técnica de medición.

- No se realizan pruebas de desempeño para evaluar si la técnica de medición realizada en el laboratorio es la correcta. Estas pruebas son propias de las muestras de material extruido.
- Los analistas ya poseen una mecánica para trabajar con los equipos de medición, por medio de una serie de pasos que deben seguir. Si se desconfigura el equipo, muy rara vez logran solucionar el problema solos.
- Dimensiones del laboratorio
  - Ancho: 2,2 m
  - Largo: 6,2 m
  - Alto (medida del piso al techo): 2,5 m
  - Ruido: 75 db
  - Ventilación: se tiene un equipo de aire acondicionado con capacidad de 18 000 BTU
- Equipos de medición
  - Máquina universal de ensayos: se utiliza para medir la resistencia a la elongación de los materiales extruidos.
  - Medidor de rasgado: se mide la resistencia al rasgado de los diferentes polietilenos.
  - Coeficiente de fricción: se mide el coeficiente de fricción de las superficies extruidas.
  - Balanza analítica de masas: se utiliza para medir gramaje, la humedad del material y la resina que se utiliza en producción.
  - Medidor de espesores: se utiliza para medir el espesor de las películas de polietileno en un lienzo y las variaciones que el material tiene. Identifica los picos y el promedio de espesor.

- Micrómetro: instrumento manual para la medición de espesores. Mide un punto únicamente y puede ser análogo o digital.
  - Circulador de aceite: mide la resistencia del material a altas temperaturas y el comportamiento a su exposición.
  - Máquina de resistencia al impacto: se utiliza para analizar qué tan resistente es el material ante fuerzas puntuales de impacto.
- 
- Ventanas: el laboratorio cuenta con un ventanal de  $4,5 \text{ m}^2$ , pero sin la capacidad de que ingrese ventilación desde el exterior. Por tanto, es necesario colocar un sistema de aire acondicionado.
  - Mobiliario: se utilizan sillas de oficina sencillas, que no ofrecen a los analistas las condiciones ergonómicas necesarias para trabajar en turnos de 12 horas. En un estante de puertas de vidrio se almacenan reportes de los análisis y muestras de retención.
  - Seguridad industrial: las instalaciones del laboratorio no son acordes a los requerimientos de seguridad industrial, debido a los procesos que se llevan a cabo porque se utilizan dinas, solventes y energía eléctrica.
  - Mesas: hay dos mesas de base de hierro. Son utilizadas para el trabajo de muestreo y para utilizar las computadoras.

En la figura 3 se muestra una fotografía de las mesas que se utilizan en el laboratorio de extrusión.

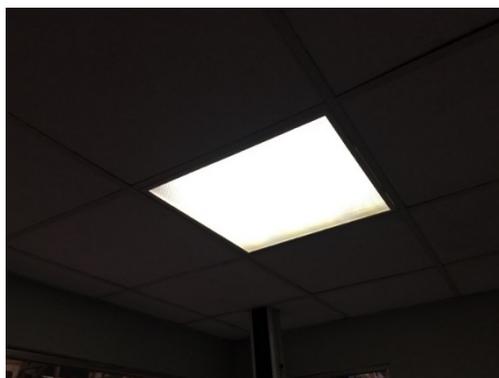
Figura 3. **Fotografía de mesas del laboratorio de extrusión**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

- Iluminación: la iluminación medida dentro del laboratorio en las áreas de trabajo dio como resultado 500 lúxes

Figura 4. **Fotografía de iluminación del laboratorio de extrusión**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

- Piso: es de concreto y de color corinto.

Figura 5. **Fotografía del piso del laboratorio de extrusión**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

Por otra parte, la distribución del mobiliario y equipo se puede mejorar. El aire acondicionado se encuentra instalado perpendicularmente al largo del laboratorio, por lo que no climatiza el volumen total del mismo.

### **2.2.2. Laboratorio de impresión y laminación**

En el área de impresión se imprime en polietilenos de baja y alta densidad, polipropilenos y poliéster. Estos pueden ser frentes o dorsos, según el uso que se le dará al empaque. Se compone de varias series de tintas que también son específicas para el uso final que se le dará al empaque. Algunas características pueden ser: resistencia a la congelación, al roce, altas temperaturas, laminación, etc. En el área se encuentran ocho máquinas impresoras, de las cuales seis son de tambor central y dos se denominan Stack.

En el área de laminación hay tres máquinas laminadoras. Una de estas tiene la capacidad de realizar laminaciones base solvente y *solvent less*, a diferencia de las otras dos, que únicamente pueden trabajar *solvent less*. Al igual que en las tintas existen diferentes tipos de adhesivos, algunos se trabajan con

productos retornables; otros son resistentes a químicos como los productos de limpieza, que también poseen diferencias de desempeño al estar laminados.

En este laboratorio se evalúan muestras que pertenecen a ambos procesos. Algunas pruebas que se realizan son: COF, tratado del material, gramaje, aportes de blanco, lacas y barnices, medición del color, translucidez, medición de espesor, calibre, lectura de código de barras y aporte de adhesivo.

Se detalla información importante que corresponde al laboratorio de impresión y laminación:

- Personal
  - Actualmente existen cuatro personas responsables de cubrir ambas áreas, dos personas por turno. Se observa que el personal no se da abasto para cubrir las 11 máquinas que conforman estas áreas.
  - La técnica de medición que utiliza cada uno de los analistas no es controlado y existen variaciones por el método que cada uno utiliza.
  - El método de enseñanza de los procesos de medición no es nada técnico.
  - Existe mucha rotación de personal entre puestos.
  
- Dimensiones del laboratorio
  - Ancho: 3 m
  - Largo: 4 m
  - Alto (del piso al techo): 2,3 m
  - Ruido: 78 db
  - Ventilación: equipo de aire acondicionado con capacidad de 9 000 BTU

- Equipos de medición
  - COF: se mide el coeficiente de fricción sobre películas impresas y laminadas.
  - Balanza analítica: utilizada para medir gramaje, aportes de blanco, adhesivo, lacas y barnices.
  - Micrómetro: se utiliza para la medición de espesores donde se aplica tinta o adhesivo en el material.
  - Lector de código de barras: utilizado para verificar que los códigos de barras impresos son leídos correctamente.
  - Horno: se utiliza para darle un curado acelerado a las muestras laminadas, evaluar su apariencia y fuerza de laminación.
  
- Ventanas: el ventanal de este laboratorio ocupa un total de 3 m<sup>2</sup>; de estos, 1,5 m<sup>2</sup> con paletas que permiten el ingreso de aire del exterior del laboratorio.
  
- Mobiliario: se cuenta con seis archivos de 4 gavetas cada uno para el almacenamiento de cartillas de color, documentos, muestras y estándares de color. Hay una estantería aérea donde se colocan carpetas.
  
- Seguridad industrial: dentro del laboratorio se debe tomar medidas de seguridad en caso de accidente, debido a que se utilizan productos inflamables en diferentes pruebas. Además, se generan gases que pueden ser dañinos para el ser humano si se expone por tiempos prolongados.
  
- Mesas: hay dos mesas dentro del laboratorio; la primera se utiliza para trabajar en las computadoras y realizar pruebas en el COF. En la segunda

se encuentra instalada la balanza analítica y se utiliza para cortar muestras.

Figura 6. **Fotografía de mesa de luz en el laboratorio de impresión**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

- Iluminación: la medición de iluminación tomada a la altura de las mesas de trabajo dio como resultado 1 000 lúxes.

Figura 7. **Fotografía de iluminación en el laboratorio de impresión**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

- Piso: es de tipo cerámico de color blanco. En algunas partes se encuentra desgastado por el tiempo que tiene y por falta de mantenimiento.

Figura 8. **Fotografía del piso del laboratorio de impresión**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

### **2.2.3. Laboratorio de slitter y corte**

En el departamento de slitter se refilan las bobinas que tienen sobrantes. Se redimensionan dependiendo del ancho de material que sea necesario. Se trabaja las bobinas madre para convertirlas en bobinas hijas, que los clientes colocan en sus máquinas llenadoras dependiendo del producto que fabrican. Estas máquinas tienen la capacidad de trabajar a altas velocidades debido a que el proceso es bastante simple.

El área de corte es la más grande de la empresa. Aquí se forman los diferentes tipos de bolsas que se producen por medio de sello en caliente. Se trabaja material con y sin impresión, así como material laminado. Se tiene la capacidad de trabajar material en tubo, con fuelles o lienzo.

En el laboratorio de slitter y corte se realizan pruebas de tensión, resistencia de bond, peso, gramaje, resistencia de sellabilidad y prueba de fugas con cámara de vacío.

- Personal
  - Los analistas que se encuentran en este laboratorio han tenido problemas recurrentes con la utilización de los instrumentos de medición, debido a los escasos conocimientos que poseen de los mismos. Además, se ha observado que en las actividades que realizan siguen cierto número de pasos y, si no funcionan, no pueden reaccionar y corregir lo que hicieron mal.
  - La metodología de enseñanza tiene la misma tendencia en los dos laboratorios anteriores, donde los conocimientos son empíricos y se transmiten con una explicación básica que no entra en detalles en ningún momento.
  - En el laboratorio se encuentran ocho personas, cuatro trabajando por turno.
  
- Dimensiones del laboratorio
  - Ancho: 2 m.
  - Largo: 5 m.
  - Alto (medido del piso al techo): no aplica.
  - Ruido: 87 db.
  - Ventilación: no aplica.
  
- Equipos de medición
  - Máquina universal de ensayos: se utiliza para medir la fuerza de bond (fuerza de laminación), así como la resistencia a la elongación de los materiales que se encuentran en el proceso de slitter.

- Balanza: mide los gramajes de los materiales y aportes de adhesivo de muestras que ya han cumplido su tiempo de curado y están próximas a trabajarse en el área de slitter.
  - Micrómetro: mide los espesores de las bolsas terminadas y de materiales laminados.
  - Cámara de vacío: identifica fugas o fallas de selle en empaques que almacenarán productos líquidos.
- 
- Ventanas: el laboratorio no se encuentra aislado de la planta de producción, por lo que no posee ventanas.
  - Mobiliario: se cuenta con un estante donde se guardan documentos, pruebas y muestras de retención, con puertas de vidrio.
  - Seguridad industrial: el laboratorio no se encuentra aislado de la planta de producción. Se utilizan materiales inflamables que son de alto peligro si no se manipulan de la forma correcta.
  - Mesas: una mesa principal con base de metal y superficie de madera que es utilizada para muestrear, pesar y realizar pruebas en la máquina universal de ensayos. Se cuenta también con una mesa de luz para analizar traslucidez de los materiales y un escritorio donde se ubica la computadora con la que llevan el control de las muestras y pueden visualizar el programa de producción.

Figura 9. **Fotografía de mesa del laboratorio de slitter**



Fuente: elaboración propia, fotografía tomada en Polytec.

- Iluminación: debido a que el laboratorio no cuenta con un lugar cerrado, se midió la iluminación únicamente en la mesa de trabajo, que dio como resultado 800 lúxes.
- Piso: es de concreto color corinto.

#### **2.2.4. Laboratorio de materia prima**

En el laboratorio de materia prima se analizan resinas, alcoholes, tarimas, bobinas; en resumen, se analiza toda materia prima que ingresa a la empresa por parte de los proveedores.

- Personal
  - En el laboratorio se encuentra únicamente una persona trabajando en turno de día, quien ingresa los materiales únicamente durante el día.

- El traslado de la información al cambio de puesto es un poco más detallado que en los otros laboratorios. El trabajo que se realiza es más completo. Tiene mucho que ver los conocimientos adquiridos y la experiencia que requiere el perfil del puesto.
  
- Dimensiones del laboratorio
  - Ancho: 3 m.
  - Largo: 5,5 m.
  - Alto: 2,7 m.
  - Ruido: 65 db.
  - Ventilación: el laboratorio cuenta con entrada de aire por medio de una ventana de 1 m<sup>2</sup> donde el flujo de aire es paralelo. Debido a esto, no se renueva adecuadamente el aire dentro del laboratorio porque el volumen que ingresa es muy pequeño.
  
- Equipos de medición
  - Balanza analítica: se mide la humedad de la resina y aditivos que ingresan para que sean liberados y utilizados en producción.
  - Micrómetro: mide espesores de materiales como polipropilenos, poliéster, bopa, metalizados, entre otros. Estos materiales no son fabricados en la empresa sino adquiridos con proveedores externos.
  - Autoclave: mide la resistencia de empaques retornables y esteriliza herramientas de laboratorio.
  - Máquina de compresión: verifica la resistencia de cores de 3" y 6".
  
- Ventanas: las ventanas del laboratorio ocupan un área de 2,5 m<sup>2</sup>; únicamente 1 m<sup>2</sup> tiene entrada de aire.

- **Mobiliario:** posee un mueble donde se colocan muestras de solventes, documentos, accesorios de los equipos de medición.
- **Seguridad industrial:** el laboratorio no cuenta con equipo de protección contra incendios. Existen materiales frágiles que son peligrosos si no se manejan adecuadamente.
- **Mesas:** se ubica un escritorio donde se usa la computadora, se almacena documentos y librería, y un segundo que se utiliza para muestrear y realizar los análisis. Esta mesa posee base de vidrio.
- **Iluminación:** medida en la mesa de trabajo, es de 1 000 luxes.
- **Piso:** es cerámico de color blanco. En algunas partes se encuentra quebrado.

### **2.3. Propuesta de mejora para los laboratorios**

Tomando en cuenta la situación actual en la que se encuentran los laboratorios y tras evaluar cada una de sus deficiencias, a continuación, se presenta la propuesta de mejora de cada uno. El objetivo es aumentar la calidad en las mediciones, mejorar los conocimientos de los analistas, aumentar la seguridad industrial y estandarizar los procedimientos de medición.

#### **2.3.1. Laboratorio de extrusión**

Se dedica a realizar pruebas exclusivamente para el proceso de extrusión. Este convierte la resina en película plástica y le da ciertas

características especiales. Usa aditivos, dependiendo qué uso se le dará al empaque. Estas propiedades son medidas en el laboratorio de extrusión.

### 2.3.1.1. Instalaciones

Se detallan los cambios propuestos de acuerdo con las actividades que se realizan dentro del laboratorio de extrusión.

- Piso: debe ser epóxico con pintura de clase Polane Mix DF y cubrir un área efectiva de 13,64 m<sup>2</sup>. Debido a que se usan diferentes químicos para las pruebas de dinaje y solventes, es necesario que sea resistente a estos productos. La pintura es una mezcla de dos partes que, al unirse, tienen una reacción química para que sea resistente a diferentes tipos de sustancias.

En la tabla III se detallan las características de la pintura epóxica recomendada.

Tabla III. **Características de pintura epóxica**

Ventajas	Secado rápido Buena resistencia anticorrosiva Excelente acabado final Pigmentos anticorrosivos
Proporción de mezcla	10 partes de A y una parte de B
Condiciones de aplicación	Temperatura ambiente Mínima: 5 °C Máxima: 40 °C Humedad relativa ambiente: Mínima: 10 % Máxima: 85 % Temperatura de la superficie: Mínima: 5 °C

Continuación tabla III.

	Máxima: 40 °C
Vida útil de la mezcla	4 horas a 25 °C
Vida útil en stock	Componente A: 36 meses Componente B: 36 meses
Diluyente recomendado	Disolvente poliuretánico

Fuente: Sherwin Williams. *Pintura epóxica*. <http://www.sherwin-industria.com.ar/productos-poliuretanos.asp>. Consulta 10 de junio del 2018.

- Ventanal: las ventanas deben cubrir un área mínima de 9 m<sup>2</sup>. Deben ser completamente cerradas para evitar el ingreso de calor proveniente de la planta y, a la vez, permitir el ingreso de iluminación externa al laboratorio.
- Iluminación: se calcula la cantidad de iluminación necesaria dentro del laboratorio de extrusión. Para ello es necesario obtener la siguiente información:

Ancho del laboratorio (a) = 2,2 m

Largo del laboratorio (l) = 6,2 m

Altura (del piso al techo) = 2,3 m

Altura de área de trabajo (h3) (del piso a la superficie de trabajo) = 1 m

Hm = 1,3 m (altura de la luminaria sobre el área de trabajo)

Color de las paredes: blanco

Color del piso: blanco

Color del techo: blanco

El índice de cavidad zonal del laboratorio se obtiene de la siguiente fórmula:

$$k1 = 5 \times hm \times \frac{a + l}{a \times l} = 4$$

Donde:

$$k1 = 5 \times (1,3) \times \frac{(2,2) + (6,2)}{(2,2) \times (6,2)} = 4$$

k1 = cavidad zonal = 4

Fm = factor de mantenimiento

Fm = 0,8

Em = Nivel de iluminación media

Em = 800 lux

$\Phi$  = Flujo luminoso

$\Phi$  = 5 000

Porcentajes de reflexión

Pared = 70 %

Techo = 70 %

Piso = 20 %

Las lámparas se encuentran empotradas en el techo, por lo que no existe cavidad en esa zona.

Cavidad del techo = K2 = 0

Cavidad del piso = k3

$$k3 = 5 \times h3 \times \frac{a + l}{a \times l} = 3,08$$

Donde:

$$k3 = 5 \times (1) \times \frac{(2,2) + (6,2)}{(2,2) \times (6,2)} = 3,08$$

E = nivel de iluminación

N = número total de lámparas

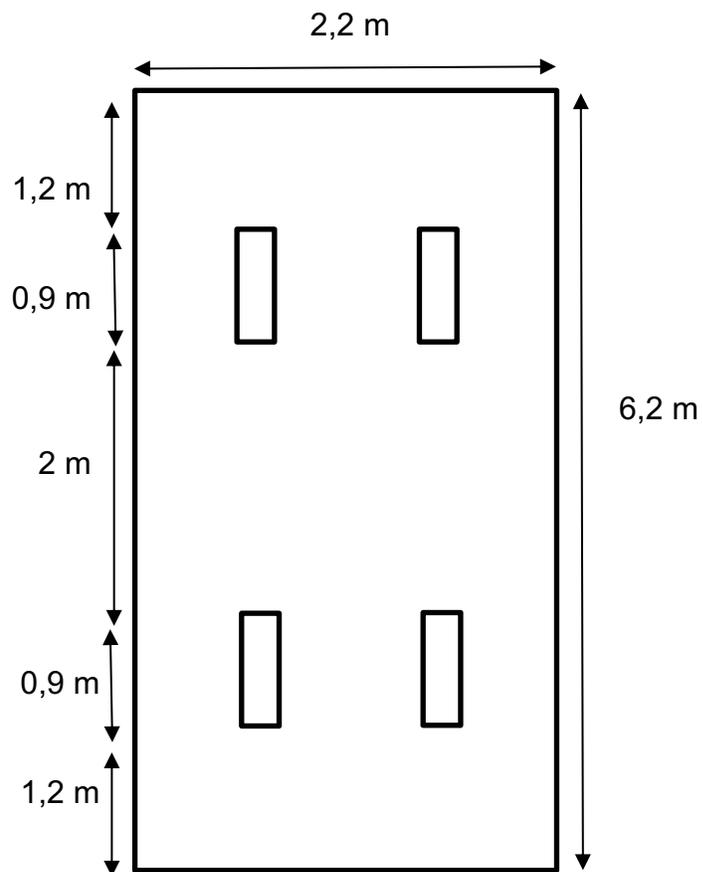
Ku = factor de utilización

A = Área del laboratorio

$$N = \frac{E * A}{Ku * Km * \Phi} = 4$$

Es necesaria la instalación de 4 luminarias de 5 000 luxes cada una para aportar 800 luxes al área de trabajo.

Figura 10. **Plano de iluminación del laboratorio de extrusión**



Fuente: elaboración propia

- Techos y paredes: el techo debe ser de cielo falso resistente al fuego por al menos 2 horas (RF – 120), y las paredes de concreto o tabla yeso pintadas de color blanco mate con pintura epóxica para evitar reflejos. Las paredes y la puerta deben estar compuestas por material resistente al fuego, al igual que el techo (RF – 120).

### 2.3.1.2. Mobiliario

- La mesa que se requiere para la balanza analítica del laboratorio debe ser con plataforma de mármol para evitar que las vibraciones de la planta afecten las mediciones; preferiblemente, de 50 x 50 cm.

Tabla IV. **Características técnicas de la mesa de mármol**

Artículo:	Mesa de mármol.
Dimensiones:	500 x 500 x 100 mm.
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granito natural estabilizado.</li> <li>- 2 veces más duro que el hierro fundido.</li> <li>- Cambios mínimos de dimensión debido a cambios de temperatura.</li> <li>- Libre de adherencia.</li> <li>- Larga vida de servicio.</li> </ul>

Fuente: Traverstool. *Marmol de granito*. <https://www.traverstool.com.mx/marmolesdegranito/61-001-903.html>. Consulta el 10 de junio de 2018.

- Son necesarias 3 sillas con las características de la tabla V:

Tabla V. **Características técnicas de sillas para laboratorio**

Material	Espuma de dureza normal, recubierta de una rejilla y base de metal cromado.
Ergonomía	Mecanismo de pistón para subir y bajar la silla con ruedas giratorias de 360 grados.
Capacidad	130 kg.
Altura	De la base del asiento 40 – 50 cm (ajustable). Altura total de 120 – 130 cm.

Fuente: elaboración propia.

- Tres mesas de metal para colocar las 3 computadoras que se utilizan en el laboratorio. Deben estar pintadas de color negro, con 3 gavetas cada una, y medir un mínimo de 70 X 50 cm. y 50 cm de altura
- Dos repisas para el almacenaje de documentos y muestras de retención. Deben estar certificadas por medidas de seguridad para su instalación en el laboratorio. Deben ser de acero para que resistan altas temperaturas, y carecer de puertas de vidrio. Las dimensiones deben ser de 100 x 30 x 175 cm y pintadas de color negro
- Una estantería de seguridad para almacenar materiales inflamables. Debe tener revestimiento de epoxi con doble pared, que alcanza aproximadamente los 200 °C en un tiempo de 90 minutos (RF – 90).

### **2.3.1.3. Equipo**

En el laboratorio se debe instalar los siguientes equipos:

- Máquina universal de ensayos: se realizan pruebas de tensión y por medio de software se obtienen datos como esfuerzo, deformación, elasticidad, plasticidad, y grafica la curva del esfuerzo.

Tabla VI. **Especificaciones técnicas máquina universal de extrusión**

Capacidad	10 kN.
Celdas de carga	10 kN, 250 N
Distancia máxima	1 100 mm.
Rango de velocidad	0,001 a 1 000 mm/min
Máxima velocidad a 5 kN	500 mm/min
Velocidad de regresión	0,001 a 750 mm/min
Rigidez del marco	100 kN/mm
Dimensiones	1 600 mm x 650 mm x 450 mm
Peso	115 kg

Fuente: IITK. *Máquina universal de ensayos*. <https://www.iitk.ac.in/smc/universal-testing-machines> el 10 de junio del 2018.

- Coeficiente de fricción: consiste en medir el coeficiente de fricción entre dos superficies. Normalmente se mide entre dos empaques que irán apilados para evitar que se resbalen.

Tabla VII. **Especificaciones técnicas del COF**

Capacidad	0 – 5 N
Exactitud	1 % FS
Carrera	10 mm + 60 mm
Masa	200 g.
Temperatura	10 °C – 40 °C
Humedad	20 % HR – 70 % HR
Dimensiones	470 mm x 310 mm x 200 mm
Peso	31 kg

Fuente: Labthink. *Coeficiente de fricción*. <http://es.labthink.com/html/productos/mxd-01-medidor-del-coeficiente-de-friccion.html> el 12 de junio de 2018.

- Selladora automática: es una máquina que permite sellar rápidamente empaque para realizar pruebas de fuerza de selle.

Tabla VIII. **Características de la selladora automática**

Calibración precisa de la presión de la cara de la mandíbula de la superficie estándar.
Temperatura, presión y tiempo de permanencia de los controladores digitales.
Mandíbulas construidas en aluminio y silicio con caras de tierra de precisión.
Gama de superficies de las caras de la mandíbula y un revestimiento de teflón.
Función con ciclos automáticos con múltiples muestras, para una mayor comodidad del usuario.

Fuente: Rdmtest. *Selladora automática*. <http://www.rdmtest.com/p/HSG-Gradient-Multi-Jaw-Heat-Sealer/> el 10 de junio de 2018.

- Medidor de rasgado: se evalúan los materiales y sus propiedades de resistencia al rasgado, dependiendo el uso que le dará el cliente a su empaque.

Tabla IX. **Especificaciones técnicas del medidor de rasgado**

Capacidad	200, 400, 800, 1 600, 3 200 y 6 400 grms
Peso neto	15,2 kg
Dimensiones	483 x 398 x 578 mm
Propiedad a medir	Rasgado
Exactitud	0,2 % de la capacidad del péndulo

Fuente: Thing Albert. *Medidor de rasgado*. <https://www.thwingalbert.com/electronic-protear.html> el 10 de junio del 2018.

- Balanza analítica que mide temperatura y humedad: es utilizada para medir el gramaje de los materiales y la humedad para definir propiedades mecánicas. Si el material o la resina se encuentra húmeda dificulta el proceso de conversión en máquina.

Tabla X. **Especificaciones técnicas de balanza de temperatura y humedad**

Requisitos eléctricos	De 120 a 240 V, de 50 a 60 HZ
Repetibilidad	0,05 % para 3 g. 0,015 % para 10 g
Temporizador	De 1 a 120 min
Fuente de calor	Halógeno con tensión en rampa
Tamaño de muestra	0,5 a 45 g
Tipo	Balanza analizadora de humedad
Dimensiones	36 x 19 x 15,2 cm
Estabilización	3 seg
Anchura del platillo	9 cm
Hertz	50/60 Hz
Rango de T°	50 a 200 °C
Voltaje	120 VAC o 240 VAC

Fuente: Fishersci. *Balanza de temperatura y humedad*.  
<https://www.fishersci.es/shop/products/orhaus-standard-moisture-analyzers-2/10238021> el 15 de junio del 2018.

- Mesa de luz: se utiliza para detectar defectos a contraluz. Permite visualizar grumos, manchas, opacidad y mezcla del material.
- Selladora manual: se puede modificar su temperatura a pequeña escala, al igual que el tiempo que calienta. Únicamente sella el material para posteriormente evaluar las propiedades de sellabilidad del mismo.
- Refrigerador: es un refrigerador compacto que se utiliza para el almacenamiento de alcoholes, porque al estar expuestos al calor se pueden evaporar fácilmente (volátil).

Tabla XI. **Especificaciones técnicas del refrigerador**

Capacidad	50 litros
Voltaje	120 V
Frecuencia	60 Hz
Dimensiones	472 x 492 x 450 mm

Fuente: Fishersci. *Refrigerador*. <https://www.fishersci.es/shop/products/ohaus-standard-moisture-analyzers-2/10238021> el 15 de junio del 2018.

- Aire acondicionado: extrae el calor y mantiene la temperatura dentro del laboratorio.

#### 2.3.1.4. Personal

En el laboratorio de extrusión se propone que trabajen 5 personas, ya que se trabaja en horarios de 12 horas con turnos rotativos y 7 días a la semana. Por tanto, es necesario colocar los turnos 4 – 2; es decir, se laboran 4 días y descansan 2, siempre dos personas por turno. El proceso de extrusión es continuo debido a las dificultades y costos que representaría parar las máquinas el fin de semana.

Tabla XII. **Distribución de turnos del Laboratorio de Extrusión**

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
D	D	D	D			N
N		D	D	D	D	
N	N	N		D	D	D
	N	N	N	N		D
D	D			N	N	N

Fuente: elaboración propia.

Los conocimientos básicos que debe poseer cada uno de los analistas de este laboratorio son de física (tensiones, compresiones, resistencia, presión, fuerza) y la utilización de equipo de cómputo, para que comprendan las actividades que se realizan y que la información que obtengan sea lógica y coherente.

#### **2.3.1.5. Seguridad y salud ocupacional**

Para la seguridad del personal del laboratorio y de las instalaciones se debe contar con:

- Caja de guantes de látex para la manipulación de solventes en las pruebas de dinaje y gramaje. Deben estar certificados para una mayor seguridad al manipular estos productos, y regulados bajo el estándar EN420:2003.

Figura 11. **Guantes de nitrilo**



Fuente: Berner. *Guantes de nitrilo*. <https://shop.berner.eu/es-es/> el 15 de junio del 2018.

Las especificaciones técnicas deben ser las siguientes:

Tabla XIII. **Datos técnicos de guantes de nitrilo**

Composición	Carboxilato de acrilonitrilo.
Longitud	240 mm +/- 10 mm.
Interior	Clorinado.
Exterior	Liso.
Norma	EN 420
Categoría	III

Fuente: Berner. *Guantes de nitrilo*. <https://shop.berner.eu/es-es/> el 15 de junio de 2018.

- Guantes anticorte como protección de las manos al usar la cuchilla para cortar muestras o en la manipulación de las pruebas. Deben ser de nivel 5 y bajo la norma IRAM 3607 y 3608.

Figura 12. **Guante anticorte 3M M905**



Fuente: Portoltda. *Guante anticorte*. <http://www.portoltda.com/index.php/proteccion-de-manos/item/227-guante-3m-m905-227> el 15 de junio de 2018.

- Las ventanas deben ser herméticas enrasadas a la pared y resistentes al impacto, para evitar accidentes.
- Una instalación de lavaojos debe estar a menos de 10 m para que, al momento de un accidente, se pueda tratar en menos de 15 segundos. Esto reducirá la probabilidad de daño en los ojos.

Figura 13. **Lava ojos**



Fuente: Haleco. *Lava ojos*. <http://www.haleco.es/producto/039-421-59-lavaojos-de-emergencia-mural-e-incongelable/> el 15 de junio de 2018.

- En caso de incendio se debe contar con un extintor ABC (de polvo) o tierra absorbente, diseñada para extinguir fuegos pequeños rápidamente y compatible con la presencia de electricidad.
- Instalar un sistema que pueda controlar el calentamiento y enfriamiento del laboratorio, con alarma para incendio y un sistema de agua que pueda evitar un incendio.

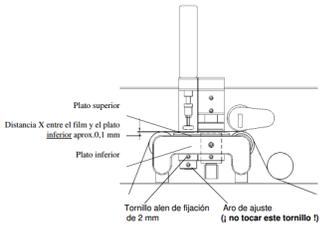
### 2.3.1.6. Instructivos

Se elaboró el siguiente instructivo para estandarizar el proceso de verificación del medidor de espesores.

#### 2.3.1.6.1. Verificación del medidor de espesores

El medidor de espesores necesita ser verificado cada mes, ya que no se le realiza una calibración formal porque se autocalibra. En este instructivo se detalla cada uno de los pasos para asegurar que el instrumento esté trabajando en óptimas condiciones.

Figura 14. Instrucción de trabajo para el mantenimiento de medidor de espesores

		<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR MANTENIMIENTO DE OCTAGÓN</b>		Código: IT-GC-GC-005 Revisión: 00 Fecha Emisión: 3 de Octubre de 2017 Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>		Mantenimiento del sensor de calibración (palpador) del OCTAGON		
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>		Trimestral y cuando se requiera verificar el OCTAGON		
<b>Materiales:</b>		Llave Allen de 2mm, regla		
<b>Equipo de Protección Personal:</b>		Zapatos de seguridad y cofia		
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>		Trimestral		
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>		Auditor de Calidad		
<b>Materiales y herramientas</b>				
		Llave Allen de 2 mm, regla		
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO		
1	Usando una llave allen de 2 mm abra el tornillo de fijación del plato inferior y tire el conjunto del plato inferior y aro de ajuste hacia abajo aproximadamente 5mm.			
2	Presione el botón SUBIR/BAJAR ENCODER para bajar el plato superior. Haga una leve presión sobre el plato superior hasta cuando llegue a su posición final.			
3	Agarre el sensor con los dedos y muevalo hacia arriba y abajo varias veces			
4	Use el botón SUBIR/BAJAR ENCODER varias veces para verificar que el sensor mueva por la totalidad del rango.			
5	Empuje el conjunto del plato inferior y aro de ajuste hacia arriba a su posición original y apriete el tornillo allen de fijación de 2mm			
6	Verifique con una regla que el plato inferior tenga nivel aproximadamente 0.1 mm debajo de los rodillos de guía y motorizado (Indicados como distancia X en la ilustración de al lado).			

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.1.7. Formatos de registro

El formato para el control de verificación interna del medidor de espesores se compone de campos que deben ser llenados: fecha, persona que reporta, si se cumple o no con lo que debe medir y comentarios. En la figura 15 se muestra el formato de registro.

Figura 15. **Registro de verificación interna del medidor de espesores**

	<b>REGISTRO DE LA VERIFICACIÓN INTERNA PARA OCTAGON</b>	Código: FR-GC-GC-023 Revisión: 00 Fecha emisión: 3 de Octubre de 2017 Página: 1 de 1	
Fecha	Quien reporta	Cumple o no cumple?	Comentarios

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.2. Laboratorio de impresión y laminación**

En el laboratorio de impresión y laminación se realizan las pruebas acordes a estos procesos de producción. En el proceso de impresión se le da la imagen que el cliente desee para su empaque; en el proceso de laminación se le adhieren “capas” para mejorar la protección del producto que el cliente empacará. Puede ser laminado base solvente o *solvent less*.

#### **2.3.2.1. Instalaciones**

Tras evaluar cada una de las actividades que se realizan en este laboratorio se proponen las siguientes instalaciones.

- Piso: se debe instalar piso epóxico debido a la cantidad de químicos que se utilizan y, como protección adicional, un recubrimiento con pintura de clase Polane Mix DF a doble capa en el área total del laboratorio. Esta es de  $13,4 m^2$ . véase tabla III.
- Ventanal: las ventanas deben cubrir un área de  $6 m^2$ , preferiblemente distribuidas en 2 de las 4 paredes, para que la luz del ambiente exterior ingrese al laboratorio de forma proporcional. Las ventanas deben estar libres de objetos para evitar accidentes. La iluminación que ingrese de las ventanas ayudará a mantener la cantidad de luz apropiada y a reducir la iluminación artificial.
- Iluminación: para el cálculo de la iluminación necesaria dentro del laboratorio de impresión y laminación necesitamos la siguiente información:

Ancho del laboratorio = 3,35 m

Largo del laboratorio = 4 m

Altura (del piso al techo) = 2,2 m

Altura de área de trabajo = 1 m

Hm = 1,2 (altura de la luminaria sobre el área de trabajo)

Color de las paredes: blanco

Color del piso: blanco

Color del techo: blanco

Índice de cavidad zonal del laboratorio se obtiene de la siguiente fórmula:

$$k1 = 5 \times hm \times \frac{a + l}{a \times l} = 3,2$$

Donde:

$$k1 = 5 \times (1,2) \times \frac{(3,35) + (4)}{(3,35) \times (4)} = 3,2$$

K1 = 3,2

Fm = factor de mantenimiento

Fm = 0,75

Em = Nivel de iluminación media

Em = 900 lux

$\Phi$  = Flujo luminoso

$\Phi$  = 6 000

Porcentajes de reflexión

Pared = 70 %

Techo = 70 %

Piso = 10 %

Las lámparas se encuentran empotradas en el techo, por lo que no existe cavidad en esa zona.

Cavidad del techo =  $K_2 = 0$

Cavidad piso =  $k_3$

$$k_3 = 5 \times h_3 \times \frac{a + l}{a \times l} = 2,7$$

E = nivel de iluminación

N = número total de lámparas

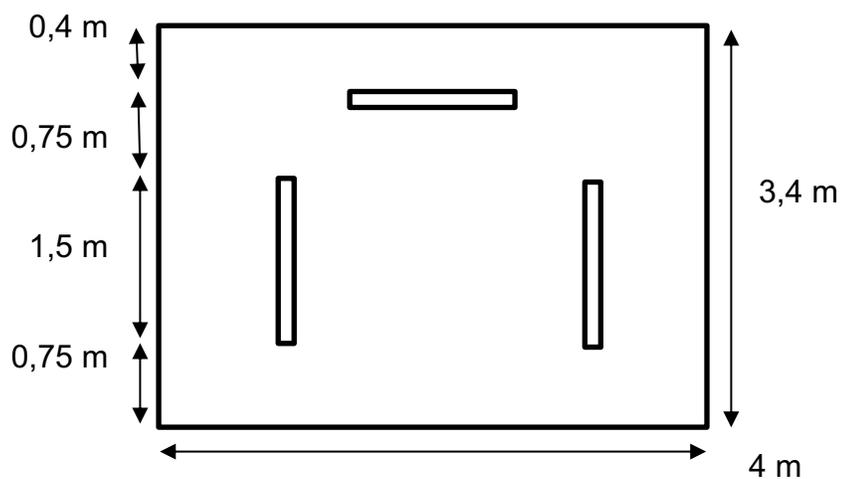
$K_u$  = factor de utilización

A = área del laboratorio

$$N = \frac{E * A}{K_u * K_m * \Phi} = 3$$

Es necesaria la instalación de 3 luminarias de 6 000 luxes cada una para aportar 900 lux al área de trabajo del laboratorio.

Figura 16. **Plano de iluminación en el laboratorio de impresión**



Fuente: elaboración propia.

- Techos y paredes: deben ser de concreto, por la alta resistencia al fuego que posee este tipo de material. Se deben pintar con pintura Polane Mix DF color blanco mate.

### **2.3.2.2. Mobiliario**

- Las dos balanzas analíticas que se utilizan en este laboratorio son de alta precisión. Se debe colocar estrictamente una mesa de mármol para cada una para evitar variaciones de medida por las vibraciones que causan las máquinas que se encuentran alrededor del laboratorio. Cada mesa debe medir 50 x 50 cm para que la balanza se ajuste bien a la base, véase tabla IV.
- Dos sillas a las que se les pueda modificar la altura y el ángulo de la espalda para que los analistas se encuentren cómodos al realizar su trabajo y no les cause problemas véase tabla V.
- Una mesa de metal para la instalación de las dos computadoras que se utilizan en el laboratorio. Debe medir 1 m de altura.
- Una repisa para el almacenaje de documentos y muestras de retención. No debe tener puertas de vidrio. Debe ser instalada con las medidas de seguridad pertinentes.
- Una estantería de seguridad certificada (RF – 90S) para el almacenamiento de alcoholes, ya que son altamente inflamables. Se debe mantener una temperatura que no sobrepase los 23 °C dentro del laboratorio.

### 2.3.2.3. Equipo

Dentro del laboratorio se debe instalar:

- Medidor de coeficiente de fricción: con este instrumento se evalúa el coeficiente de fricción de las superficies de los empaques, principalmente cuando el proceso incluye lacas, slip o primer, para verificar que los componentes no modifiquen en gran medida su coeficiente de fricción, véase tabla VII.
- Balanza analítica: es utilizada para la medición de aportes de blanco, lacas, slip y primer. El equipo es de alta precisión debido a los pequeños pesos que se manejan en este tipo de pruebas. Los detalles técnicos se indican en la siguiente tabla:

Tabla XIV. **Especificaciones técnicas de la balanza analítica**

Peso mínimo	0,1 mg.
Desviación estándar	0,0001 g.
Desviación de sensibilidad	$\pm 2$ ppm/ $^{\circ}$ C (Sin usar autocalibración automática).
Tamaño del platillo	Diámetro de 85 mm / 3,3 pulgadas.
Dimensiones físicas	213 x 319 x 301 mm.
Dimensiones de vitrina	180 x 192 x 200 mm.
Peso	5,7 kg.
T° de operación	5 $^{\circ}$ C – 40 $^{\circ}$ C, humedad relativa menor a 85 %.

Fuente: Andweighing. *Balanza analítica*.

[http://esp.andweighing.com/products/details.php?catname=Balanzas&product\\_num=Serie\\_HR](http://esp.andweighing.com/products/details.php?catname=Balanzas&product_num=Serie_HR)  
el 15 de junio de 2018.

- Extractor de vapores: dentro del laboratorio se manipulan solventes y algunas muestras de tintas. Es necesario evacuar los vapores de los

compuestos para evitar futuros inconvenientes en la salud de las personas que suelen estar dentro del laboratorio.

- Mesa de luz: facilita la identificación de impurezas en el lienzo que se va a imprimir o a laminar. La mesa debe medir 70 x 70 x 60 cm y debe tener una iluminación blanca para no afectar visualmente los colores.
- Aire acondicionado: es necesario un equipo de aire acondicionado con capacidad de 12 000 BTU para mantener la temperatura del laboratorio.
- Micrómetro digital: se mide el espesor de los materiales para verificar que se cumple con los requerimientos del cliente. A continuación, se detalla las especificaciones técnicas:

Tabla XV. **Especificaciones técnicas de micrómetro digital**

Resolución	0,01 mm, 0,001 mm
Pantalla	LCD
Batería	5 000 horas de duración Aprox
Nivel de protección	Protección contra polvo (IP42)

Fuente: Mitutoyo. *Micrómetro digital*. <https://ecatalog.mitutoyo.com/ABSOLUTE-Digimatic-Indicator-ID-C-Series-543-Standard-Type-C1198.aspx> el 15 de junio de 2018.

- Horno: se utiliza para darle un curado acelerado a las muestras laminadas y diagnosticar si el proceso de laminación está correctamente realizado, si no tendrá defectos como *pin hole*, delaminación o mala apariencia.

Tabla XVI. **Especificaciones técnicas del horno**

Fuente de calor	Eléctrico
Capacidad	32 litros
Rango de temperatura	5 °C – 300 °C
Configuración	De cámara
Función	Secado, calor, envejecimiento y endurecimiento
Material	Acero inoxidable

Fuente: Directindustry. *Horno*. <http://www.directindustry.es/prod/memmert-gmbh-co-kg/product-28305-1703042.html> el 15 de junio de 2018.

- Refrigerador para almacenar solventes: estos deben tener una temperatura no mayor a 30 °C, por la inflamabilidad y su límite máximo de explosión, véase tabla XI.
- Verificador de código de barras: este instrumento no solo lee el código de barras sino también verifica si es legible y en qué medida, para evitar que no pueda ser leído por el cliente o en supermercados.

Tabla XVII. **Especificaciones técnicas del verificador de código de barras**

Interfaz	RS – 232
Notificación	Beeper e indicador de LED
Resolución	4 líneas x 20 caracteres
Rango de T°	32 °F – 122 °F
Humedad relativa	5 – 95 %
Dimensiones	4,3 x 5,2 x 2,8 pulgadas
Peso	16,01 onzas

Fuente: Cnet. *Verificador de código de barras*. <https://www.cnet.com/products/hand-held-quick-check-850-bar-code-verifier-barcode-scanner-series/> el 15 de junio de 2018.

- Selladora manual: para realizar el dumi de las bolsas, verificar medidas y diseño correctos.

#### **2.3.2.4. Personal**

En el laboratorio de impresión y laminación se encuentran 5 personas; 4 de ellas trabajan en horarios rotativos de 12 horas cada uno. El turno de día comienza del lunes a las 6:30 a.m. y termina el sábado a las 6:30 p.m., mientras que el turno nocturno inicia el domingo a las 6:30 p.m. y termina el sábado a las 6:30 a.m. Por turno, un analista está encargado de 4 máquinas impresoras de alto rendimiento y otro a cargo de 3 laminadoras y 4 impresoras. La persona restante se encarga de las cartillas de color y de apoyo a sus compañeros.

Se necesitan conocimientos básicos de física como densidades, áreas, pesos, coeficiente de fricción, análisis numérico y situacional, e interpretar toda esta información para definir si el producto se encuentra en buenas condiciones para ser liberado.

#### **2.3.2.5. Seguridad y salud ocupacional**

- La puerta del laboratorio debe abrir hacia afuera y contar con cierre automático. Se debe colocar una ventana para visualizar hacia afuera del laboratorio en caso de emergencias.
- La iluminación debe tener protección para evitar que se quiebren las lámparas y caigan al suelo.
- El extractor de aire se debe poner en funcionamiento cuando se realicen pruebas con solventes o algún otro material que expulse gases que puedan ser dañinos para la salud.
- Una alarma de nivel de oxígeno por los vapores que se generan en el laboratorio, y que se active si los niveles de oxígeno están por debajo de lo permitido.
- Extractor de vapores.
- Extintor de tipo ABC para la extinción de posibles conatos de incendio. Este extintor es el más completo para las diferentes formas en las que se podría generar el fuego.

### **2.3.2.6. Instructivos**

Se encuentran cuatro instructivos para realizar las respectivas calibraciones a las balanzas. Es necesario un equipo de masas patrón para sincronizar las lecturas que solicita cada balanza.

#### **2.3.2.6.1. Calibración de balanzas**

A continuación, se describen los instructivos de calibración para los diferentes tipos de balanzas que se utilizan dentro de la planta y el correcto llenado del formato de control de calibraciones.

La calibración de las balanzas las debe realizar el analista de materia prima y utilizar las masas patrón que se mencionan en cada uno de los instructivos. A grandes rasgos, los pasos para calibrar las balanzas son muy similares. Hay que prestar atención a las diferencias de cada uno de los instructivos y aplicarlos correctamente.

Figura 17. Instrucción de trabajo para el correcto llenado del formato de calibraciones

 <b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA LLENAR EL FORMATO DE CALIBRACIONES</b>		Código: _____ Revisión: _____ 00 Fecha Emisión: _____ Página: _____ 1 de 1																																												
<b>Tarea:</b>	Verificación interna de balanzas																																													
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Durante la producción de forma aleatoria																																													
<b>Materiales:</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes, pinza																																													
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, cofia, tapa oídos																																													
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Cuando sea necesario																																													
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Analista de materiales iniciales																																													
<b>Materiales y herramientas</b>		Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes, pinza																																												
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO																																												
1	Para empezar con las calibraciones primero deben de haber estado las balanzas por lo menos media hora encendidas para que se ajusten a la temperatura ambiente, se llena el primer apartado con la información que ahí se requiere.	 Formato de calibración balanzas <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Fecha:</td> <td>_____</td> <td>Código:</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Marca del instrumento:</td> <td>_____</td> <td>Serie:</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Modelo:</td> <td>_____</td> <td>Código:</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Precisión:</td> <td>_____</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacidad máxima:</td> <td>_____</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura de ambiente:</td> <td>_____</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Incidencia:</td> <td>_____</td> <td>Tolerancia:</td> <td>_____</td> </tr> </table>	Fecha:	_____	Código:	_____	Marca del instrumento:	_____	Serie:	_____	Modelo:	_____	Código:	_____	Precisión:	_____			Capacidad máxima:	_____			Temperatura de ambiente:	_____			Incidencia:	_____	Tolerancia:	_____																
Fecha:	_____	Código:	_____																																											
Marca del instrumento:	_____	Serie:	_____																																											
Modelo:	_____	Código:	_____																																											
Precisión:	_____																																													
Capacidad máxima:	_____																																													
Temperatura de ambiente:	_____																																													
Incidencia:	_____	Tolerancia:	_____																																											
2	Para llenar la tabla de pruebas de linealidad en la columna de "valor real" se toma la capacidad máxima de la balanza y se divide dentro de 10 (que son los datos que se necesitan), del dato obtenido se aproxima el valor a múltiplos de 5	<b>Resultado de calibración</b> <b>Pruebas de linealidad</b> Cap. 100 kg <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Valor real</th> <th>Valor inicial</th> <th>Lectura final</th> <th>Corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>70</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>80</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>90</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>100</td><td></td><td></td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Valor real	Valor inicial	Lectura final	Corrección	10			0	20			0	30			0	40			0	50			0	60			0	70			0	80			0	90			0	100			0
Valor real	Valor inicial	Lectura final	Corrección																																											
10			0																																											
20			0																																											
30			0																																											
40			0																																											
50			0																																											
60			0																																											
70			0																																											
80			0																																											
90			0																																											
100			0																																											
3	En la columna de valor inicial se registran los datos obtenidos en cada uno de los pesos que se piden, y en la columna de lectura final se coloca la medición después de haber sido calibrada la balanza (para la calibración referirse a la instrucción de trabajo que corresponda al modelo de balanza), y la columna de corrección se llena automáticamente por medio de una fórmula (valor absoluto de la diferencia del valor inicial menos el valor final).	<b>Resultado de calibración</b> <b>Pruebas de linealidad</b> Cap. 100 kg <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Valor real</th> <th>Valor inicial</th> <th>Lectura final</th> <th>Corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>10.01</td><td>10</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>0</td></tr> <tr><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>0</td></tr> <tr><td>40</td><td>40.01</td><td>40</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.01</td><td>50</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>60</td><td>60.01</td><td>60</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>70</td><td>70.01</td><td>70</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>80</td><td>80.01</td><td>80</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>90</td><td>90.01</td><td>90</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>100</td><td>100.01</td><td>100</td><td>0.01</td></tr> </tbody> </table>	Valor real	Valor inicial	Lectura final	Corrección	10	10.01	10	0.01	20	20	20	0	30	30	30	0	40	40.01	40	0.01	50	50.01	50	0.01	60	60.01	60	0.01	70	70.01	70	0.01	80	80.01	80	0.01	90	90.01	90	0.01	100	100.01	100	0.01
Valor real	Valor inicial	Lectura final	Corrección																																											
10	10.01	10	0.01																																											
20	20	20	0																																											
30	30	30	0																																											
40	40.01	40	0.01																																											
50	50.01	50	0.01																																											
60	60.01	60	0.01																																											
70	70.01	70	0.01																																											
80	80.01	80	0.01																																											
90	90.01	90	0.01																																											
100	100.01	100	0.01																																											
4	Para la prueba de repetibilidad y excentricidad se necesita dividir la capacidad de la balanza en 2 y el peso múltiplo de 10 más próximo a la mitad de la capacidad.	<b>Para esta prueba</b> $\frac{100}{2} = 50 \text{ kg}$ $\frac{150}{2} = 75 \text{ kg}$ Ejemplo 150 kg 75 kg .. Prox. = 80kg o 70 kg																																												
5	En la prueba de repetibilidad se realizan 10 mediciones con el peso acordado y se registran en la tabla, a diferencia de la prueba de excentricidad se coloca el mismo peso en cada uno de los puntos que se indica en el diagrama (el cual se encuentra en el formato) y se registran en la tabla las mediciones obtenidas.	<b>Prueba de repetibilidad</b> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Valor real</th> <th>Lectura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>50.00</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.00</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.01</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.01</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.00</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.01</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.01</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.00</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.01</td></tr> <tr><td>50</td><td>50.00</td></tr> </tbody> </table> <b>Prueba de excentricidad</b> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Valor real</th> <th>Lectura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>50</td></tr> <tr><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>3</td><td>50</td></tr> <tr><td>4</td><td>50</td></tr> <tr><td>5</td><td>50</td></tr> </tbody> </table>	Valor real	Lectura	50	50.00	50	50.00	50	50.01	50	50.01	50	50.00	50	50.01	50	50.01	50	50.00	50	50.01	50	50.00	Valor real	Lectura	1	50	2	50	3	50	4	50	5	50										
Valor real	Lectura																																													
50	50.00																																													
50	50.00																																													
50	50.01																																													
50	50.01																																													
50	50.00																																													
50	50.01																																													
50	50.01																																													
50	50.00																																													
50	50.01																																													
50	50.00																																													
Valor real	Lectura																																													
1	50																																													
2	50																																													
3	50																																													
4	50																																													
5	50																																													
6	El formato de calibración se debe llenar a mano cuando se este realizando dicha actividad, al terminar de calibrarlo se debe volver a llenar en electrónico el formato, imprimirlo, firmarlo y sellarlo. Almacenar el documento en la carpeta correspondiente.																																													

Fuente: elaboración propia

## 2.3.2.6.2. Instructivos para calibrar balanzas

Se cuenta con 4 tipos de balanzas dentro de la planta. A continuación, se detalla cada una de ellas.

Figura 18. **Calibración de la balanza analítica (400 g)**

 <b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR LA CALIBRACIÓN DE BALANZA AND</b>		Código: Revisión: <span style="color: green;">✓</span> Fecha Emisión: Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Calibración de balanza OHAUS	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Al inicio de turno	
<b>Materiales:</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, cofia, tapa oídos	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Trimestralmente	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Analista de materiales iniciales	
<b>Materiales y herramientas</b> Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes		
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO
1	Se verifica que la balanza se encuentre en buenas condiciones, conectada y encendida, luego se coloca los guantes para poder manipular las masas, así como también asegurarse que las 3 compuertas estén correctamente cerradas para que no existan variaciones por el aire.	
2	Se ingresa a la configuración de la balanza dejando presionado el botón "RE-ZERO", hasta que aparezca en la pantalla la palabra "CAL 0", en este momento la balanza se encuentra calibrando el punto 0.	
3	Luego automáticamente pide 200 g para calibrar este siguiente punto, para esto se abre una de las compuertas y se ingresa la masa de 200 g.	  
4	Al terminar de calibrar el siguiente punto, la balanza indica que ha terminado mostrando un mensaje "CAL End", entonces se retira la masa para finalizar.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Calibración de balanza y del medidor de temperatura (40 g)**

 <b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR CALIBRACIÓN DE OHAUS MB45</b>		Código: Revisión: <span style="color: green;">✓</span> Fecha Emisión: Página:
		00 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Calibración de balanza (Medidor de temperatura) OHAUS MB45	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Cada 3 meses durante la mañana y cada vez que sea necesario	
<b>Materiales:</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, cofia, tapa oídos	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Trimestralmente	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Analista de materiales iniciales	
<b>Materiales y herramientas</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes	
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO
1	Se verifica que la balanza se encuentre en buenas condiciones, conectada y encendida, luego se coloca los guantes para poder manipular las masas. Luego se abre la tapadera de la balanza y se retira el plato de aluminio donde se colocan las muestras.	
2	Se ingresa a la configuración de la balanza presionando el botón "SETUP"	
3	Al abrir el menú, con las flechas que se encuentran del lado derecho del panel, se selecciona la opción de "CAL PESO" y se ingresa con la tecla "ENTER"	
4	Se siguen las instrucciones que muestra la balanza, (la balanza pide inmediatamente que se coloquen 20 g, la masa de 20 g se debe de colocar en el centro para que la lectura sea exacta, al obtener el peso, automáticamente se sale del menú	

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Calibración de la balanza de planta (400 g)**

		<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR CALIBRACIÓN DE BALANZA ANALÍTICA OHAUS</b>	Código: Revisión: 00 Fecha Emisión: Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Calibración de balanza OHAUS		
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Cada 3 meses durante la mañana y cada vez que sea necesario		
<b>Materiales:</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes		
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, cofia, tapa oídos		
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Trimestralmente		
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Analista de materiales iniciales		
<b>Materiales y herramientas</b>		Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes	
<b>PASO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>GRÁFICO</b>	
1	Se verifica que la balanza se encuentre en buenas condiciones, conectada y encendida, luego se coloca los guantes para poder manipular las masas.		
2	Se ingresa a la configuración de la balanza dejando presionado el botón "MENU", hasta que aparezca en la pantalla la palabra "CAL"		
3	Se preciona el botón "ZERO" para que ingrese a la siguiente opción y aparecerá la palabra "SPAN",		
4	Se preciona nuevamente el botón "ZERO" e ingresará a la calibración, en la pantalla aparecerá el peso que requiere la balanza para calibrarse, se coloca el peso necesario y luego indica cuando haya finalizado con la calibración.		

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Calibración de balanza de planta (410 g)

 <b>STRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR CALIBRACIÓN DE BALANZA ANALÍTICA OHAUS</b>		Código: Revisión: <span style="color: green;">✓</span> Fecha Emisión: Página:
		00  1 de 1
<b>Tarea:</b>	Calibración de balanza OHAUS	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Cada 3 meses durante la mañana y cada vez que sea necesario	
<b>Materiales:</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, cofia, tapa oídos	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Trimestralmente	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Analista de materiales iniciales	
<b>Materiales y herramientas</b>	Set de masas patrón Rice Lake (2 mg - 500 g), guantes	
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO
1	Se verifica que la balanza se encuentre en buenas condiciones, conectada y encendida, luego se coloca los guantes para poder manipular las masas.	
2	Se ingresa a la configuración de la balanza dejando presionado el botón "ON/ZERO off", la misma se apagará.	
3	Al apagarse la balanza se preciona nuevamente el botón "ON / ZERO off", sin dejar de precionar el botón la balanza mostrará varios pantallazos, al mostrar la palabra "MENU" se suelta el botón y automáticamente ingresará a la opción de "CAL" (Calibración)	
4	Se preciona nuevamente el botón "ON / ZERO off" e ingresará a la calibración, en la pantalla aparecerá el peso que requiere la balanza para calibrarse, se coloca el peso necesario y luego indica cuando haya finalizado con la calibración.	

Fuente: elaboración propia.

Son necesarios diferentes instructivos de calibración para cada una de las diferentes balanzas con las que se trabaja dentro de la empresa. El objetivo de poner en prácticas estas calibraciones internas es aumentar el tiempo a la frecuencia inicialmente definida de 3 meses a las calibraciones que realiza el proveedor y sus certificados. Al demostrar la funcionalidad de las calibraciones internas, el plazo de las calibraciones por parte del proveedor se puede extender y reducir costos.

### **2.3.2.7. Formatos de registro**

Los formatos de registro son utilizados para llevar un control de tareas, inventarios, procesos, entre otros. Estos pueden ser utilizados como evidencia en caso de alguna auditoría.

#### **2.3.2.7.1. Limpieza del laboratorio**

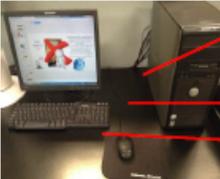
Para la limpieza del laboratorio se diseñó un formato de registro que permite controlar cada vez que esta tarea se lleve a cabo. La frecuencia con la que se debe realizar es una vez al final de cada turno. Se muestran varios ítems que se encuentran en los laboratorios a los que hay que limpiar. Así mismo se encuentra clasificado por la frecuencia en la que se tiene que llevar a cabo,

Adjunto se encuentra el estándar de limpieza e inspección donde se detalla qué partes y cómo se deben limpiar, para que el colaborador cuente con una herramienta fácil de entender. Se debe limpiar estanterías, computadoras, mesas de trabajo, pisos, pizarrón, basureros, ventiladores, archivos, refrigerador y, por supuesto, los equipos de laboratorio que ahí se encuentran.



En la figura 20 se establece el estándar de limpieza. Se debe cumplir las actividades que se detallan y mantener el orden como se indica.

Figura 23. **Actividades de limpieza**

		ESTÁNDAR DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN					Código: ES-GC-CC-014 Revisión: 00 Fecha: 22 de septiembre de 2016	
Área: Laboratorios de calidad								
Máquinas en las que aplica: Equipos de laboratorio								
LABORATORIOS		ACTIVIDAD	FRECUENCIA	UTENSILIOS	RESPONSABLE	RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN	TIEMPO (min)	
	ARCHIVOS	Se sacan cada uno de los archivos y se les pasa un trapo para quitar el polvo.	Semanal	Trapo, agua	Analista	Jefe de área	8	
	PELDAÑOS	Se pasa un trapo húmedo por cada uno de los peldaños así como también en el exterior de la estantería.	Semanal	Trapo, agua y jabón	Analista	Jefe de área	4	
					<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>12</b>	
	MONITOR	Se limpia con un trapo seco, sin ningún tipo de jabón.	Semanal	Trapo	Analista	Jefe de área	2	
	TECLADO Y MOUSE	Se limpia con un trapo	Semanal	Trapo	Analista	Jefe de área	2	
	CPU	Se limpia con un trapo	Semanal	Trapo	Analista	Jefe de área	2	
					<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>6</b>	
	SUPERFICIE	Se desocupa el lugar de restos de muestras y se tiran a la basura para luego pasar un trapo	Cada medición de muestras	Trapo y basurero	Analista	Jefe de área	3	
	GABETAS	Se sacude el polvo con un trapo y se ordena	Semanal	Trapo	Analista	Jefe de área	5	
					<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>8</b>	

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.2.7.2. Control de materiales quebradizos

El formato que se muestra en la figura 24 detallan todos los materiales quebradizos de un área específica. Esto se utiliza para llevar el control del buen

estado de estos materiales; en caso contrario se reemplaza el material y se reporta el material dañado al jefe inmediato, para que sea procesado como convenga.

Figura 24. Formato de control de materiales quebradizos

		<b>LISTADO DE EQUIPOS Y UTENSILIOS DE MATERIAL QUEBRADIZO</b>				
#	MAQUINA	AREA	EQUIPO/UTENSILIO QUE	ANTIDA	MARCA	UBICACIÓN
741	Laboratorio	Corte	Beaker de 250ml	1	VALUEV	Laboratorio Slt/Cor
742	Laboratorio	Corte	Beaker de 250ml	1	VALUEV	Laboratorio Slt/Cor
746	Laboratorio	Corte	Cámara de luz	1	N/A	Laboratorio Slt/Cor
1078	Laboratorio	Corte	Beaker 250 ml	1	Premier	Laboratorio Slt/Cor
1108	Laboratorio	Corte	Cubierta de balanza analítico	1	N/A	Laboratorio Slt/Cor
1109	Laboratorio	Corte	Puertas de estantería grand	1	N/A	Laboratorio Slt/Cor
1110	Laboratorio	Corte	Puerta de estantería pequei	1	N/A	Laboratorio Slt/Cor
1112	Laboratorio	Corte	Micrómetro Analogo	2	Mitutoyo	Laboratorio Slt/Cor
1113	Laboratorio	Corte	Beaker de 250 ml	1	Premiere	Laboratorio SLT/Cor
No. 725		No. 746		No. 1108		No. 1109
						
No. 1112		No. 1110				
						

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.2.7.3. Calibración de balanzas**

Para utilizar el formato de llenado de calibración de balanzas se debe completar el encabezado. La información que se solicita en este apartado se encuentra en el programa de calibraciones. Para realizar las calibraciones internas se debe utilizar un set de masas patrón Nist clase F.

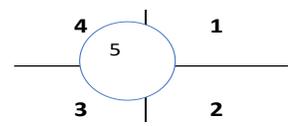
La prueba de linealidad consiste en anotar en la primera columna, “valor real”, el peso teórico de la masa patrón en aumento del 10 % en cada medición. En la columna “valor inicial” se anotan los pesos obtenidos de cada una de las masas teóricas. Al terminar ambas columnas se debe calibrar el instrumento y nuevamente pesar las masas acordes al peso teórico. Se anota la lectura final y en la columna de corrección se coloca el valor absoluto de la diferencia entre la lectura final y el valor inicial.

La prueba de repetibilidad consiste en colocar un peso entre el 60 % y 70 % de la capacidad de la balanza, repetir este paso 10 veces y anotar las lecturas obtenidas por el instrumento.

La prueba de excentricidad consiste en evaluar 5 puntos de la base de la balanza, las 4 esquinas y el centro de la misma. En esta ocasión se utiliza un peso igual al 60 % de la capacidad de la balanza en cada uno de estos puntos y se anotan los resultados.

A continuación, se presenta el formato de datos de calibración de balanzas en la figura 25:

Figura 25. Formato de datos de calibración de balanzas

	Formato de calibración balanzas	Código: _____ Revisión: _____ Fecha emisión: _____																																																
Fecha: _____ Marca del instrumento: _____ Modelo: _____ Serie: _____ Código: _____ Precisión: _____ Capacidad máxima: _____ Temperatura de ambiente: _____ Incertidumbre: _____ Tolerancia: _____																																																		
Instrumentos utilizados en calibración: Set de masas marca Rice Lake: Nist clase F																																																		
<b><u>Resultado de calibración</u></b>																																																		
<b>Pruebas de linealidad</b>																																																		
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Valor real</th> <th style="padding: 2px;">Valor inicial</th> <th style="padding: 2px;">Lectura final</th> <th style="padding: 2px;">Corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </tbody> </table>			Valor real	Valor inicial	Lectura final	Corrección				0				0				0				0				0				0				0				0				0				0				0
Valor real	Valor inicial	Lectura final	Corrección																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
			0																																															
<b>Prueba de repetibilidad</b>	<b>Prueba de excentricidad</b>																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Valor real</th> <th style="padding: 2px;">Lectura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Valor real	Lectura																																																
Valor real	Lectura																																																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Valor real</th> <th style="padding: 2px;">Lectura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td> </td></tr> <tr><td>2</td><td> </td></tr> <tr><td>3</td><td> </td></tr> <tr><td>4</td><td> </td></tr> <tr><td>5</td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Valor real	Lectura	1		2		3		4		5																																					
Valor real	Lectura																																																	
1																																																		
2																																																		
3																																																		
4																																																		
5																																																		

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.3. Laboratorio de slitter y corte**

En el laboratorio de slitter y corte se llevan a cabo análisis acordes a estas dos áreas, medidas de ancho de bobinas hijas y defectos de impresión, debido a que el 90 % del producto que se trabaja en estas máquinas ha llevado un proceso anterior de impresión. En corte, de igual forma se evalúan medidas de la bolsa terminada y fuerza de sellabilidad.

Comparado con los otros, este laboratorio es el que tiene menos condiciones acordes a las necesidades que se requieren.

#### **2.3.3.1. Instalaciones**

A continuación, se presenta la propuesta del laboratorio de slitter y corte.

- Piso: puede ser de concreto, pero preferiblemente se debe instalar piso epóxico con revestimiento de pintura Polane Mix DF. Esta es estrictamente necesaria para la protección del piso. El área a cubrir es de  $12,5 \text{ m}^2$ .
- Ventanal: las ventanas deben cubrir un área de  $4 \text{ m}^2$  para que la luz entre y se cumpla con la iluminación requerida del laboratorio.
- Iluminación: para calcular la iluminación necesaria se requiere la siguiente información acerca del laboratorio de slitter y corte:

Ancho del laboratorio = 2,5 m

Largo = 5 m

Altura del = 2,4 m

Altura de área de trabajo = 1 m

Hm = 1,4 (altura de la luminaria sobre el área de trabajo)

Color de las paredes: blanco

Color del piso: blanco

Color del techo: blanco

El índice de cavidad zonal del laboratorio se obtiene de la siguiente fórmula:

$$k1 = 5 \times hm \times \frac{a + l}{a \times l} = 4,2$$

Donde:

$$k1 = 5 \times (1,4) \times \frac{(2,5) + (5)}{(2,5) \times (5)} = 4,2$$

K1 = 4,2

Fm = factor de mantenimiento

Fm = 0,8

Em = Nivel de iluminación media

Em = 900 lux

$\Phi$  = Flujo luminoso

$\Phi$  = 7 000

Porcentajes de reflexión

Pared = 70 %

Techo = 60 %

Piso = 10 %

Las lámparas se encuentran empotradas en el techo, por lo que no existe cavidad en esa zona.

Cavidad del techo =  $K2 = 0$

Cavidad del piso =  $K3$

$$k3 = 5 \times h3 \times \frac{a + l}{a \times l} = 3$$

$E$  = nivel de iluminación

$N$  = número total de lámparas

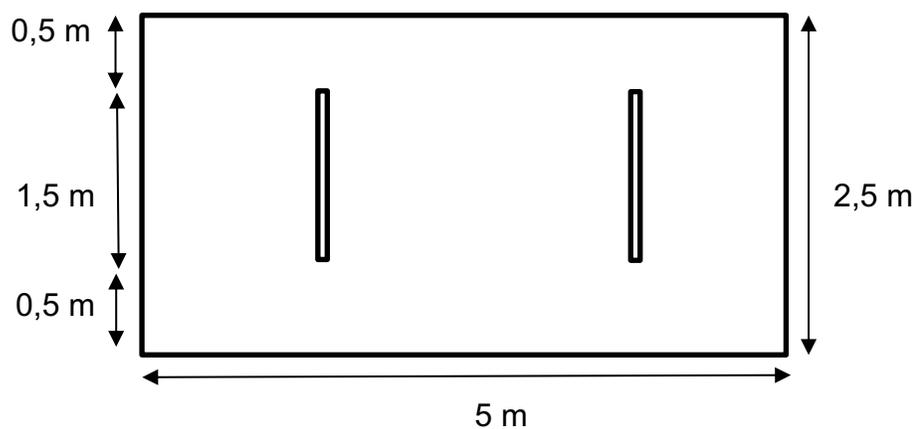
$Ku$  = factor de utilización

$A$  = área del laboratorio

$$N = \frac{E * A}{Ku * Km * \Phi} = 2$$

Es necesaria la instalación de 2 luminarias de 7 000 luxes cada una para aportar 900 lux al área de trabajo del laboratorio.

Figura 26. **Plano de iluminación del laboratorio de slitter**



Fuente: elaboración propia.

- Techos y paredes: el techo puede ser de cielo falso, resistente al fuego como mínimo 2 horas (RF – 120). Las paredes de concreto o tabla yeso deben estar pintadas de color blanco mate con pintura epóxica para disminuir los reflejos y que no afecte el nivel de iluminación.

### **2.3.3.2. Mobiliario**

- Se necesita una mesa de metal con medidas 200 x 70 cm para el análisis de muestras y la colocación de equipos de medición necesarios para las pruebas.
- Base de mármol para la colocación de una balanza analítica. Las medidas deben ser 40 x 40 cm. Véase tabla IV.
- Escritorio de oficina para la colocación de la computadora que se utiliza en el laboratorio.
- Dos estanterías para el almacenamiento de muestras de retención, documentos, boletas de rechazo y cartillas. Deben contar con certificación de seguridad industrial para evitar cualquier inconveniente.
- Mueble para el almacenamiento de equipos de trabajo como micrómetros y tablets.

### **2.3.3.3. Equipo**

En el laboratorio se debe instalar:

- Máquina universal de ensayos: utilizada para medir fuerza de bond en los productos laminados. Esta prueba no se puede realizar en laminación debido al tiempo de curado, por lo que al pasar a slitter se le mide esta propiedad al material. Véase tabla VI.

- Balanza analítica: se miden los pesos de muestras y gramajes. A continuación, se encuentran las especificaciones técnicas de la balanza propuesta:

Tabla XVIII. **Especificaciones técnicas de la balanza analítica**

Capacidad	200 g
Repetibilidad	0,001 g
Linealidad	$\pm 0,002$ g
Tiempo estabilización	2,5 segundos
T° de operación	10 °C – 40 °C
Dimensión de plataforma	12,2 x 15,2 x 16,5 cm
Peso neto	4,4 kg

Fuente: Ohaus. *Balanza analítica*.

<https://dmx.ohaus.com/WorkArea/showcontent.aspx?id=23354> el 17 de junio de 2018.

- Selladora manual: para sellar las bolsas muestra que se obtienen de las bobinas para asegurarse de las medidas.
- Micrómetros digitales: miden el calibre de productos finales de corte y slitter. Véase tabla XV.
- Durómetro: con este instrumento se realizan pruebas a las bobinas por la parte externa para identificar el nivel de tensión. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del durómetro propuesto.

Tabla XIX. **Especificaciones técnicas del durómetro**

Rango	0 – 100 puntos de escala
Resolución	0,5 puntos de incremento
Pantalla	Análoga
Dimensiones	2,5 x 2,5 x 6 pulgadas

Fuente: Coleparmer. *Durómetro*. <https://www.coleparmer.com/i/rex-gauge-1600-type-a-standard-dial-hardness-tester-durometer-type-a/5979208> el 17 de junio de 2018.

- Medidor de estática: algunas bobinas contienen estática que es perjudicial para los procesos de los clientes. Por tanto, es necesario verificar que el producto se mantenga en niveles permisibles de estática para que no afecte el resultado final. En la siguiente tabla se presentan las especificaciones técnicas del equipo propuesto para el laboratorio.

Tabla XX. **Especificaciones técnicas del medidor de estática**

Voltaje	Batería de 9 VDC.
Alarma	Suena en el encendido, al apagarse y cuando la medición está fuera de rango.
Rango	0 a $\pm 1,49$ kV a $\pm 22$ kV.
Exactitud	20 kV $\pm 10$ %.
T° de trabajo	0 – 50 °C, humedad relativa 20 – 65 %.
Peso	170 g.

Fuente: TPM. *Medidor de estática*. [http://tpmequipos.com/996404\\_fmx-003-medidor-de-estatica-digital-simco.html](http://tpmequipos.com/996404_fmx-003-medidor-de-estatica-digital-simco.html) el 17 de junio de 2018.

- Mesa de luz: utilizada para identificar imperfecciones en la película y características de extrusión.

#### **2.3.3.4. Personal**

En el laboratorio de slitter y corte trabajan 5 personas en turnos de 12 horas; de estas, es necesario que dos se dediquen al trabajo de slitter y otras dos al corte, ambos en turnos diferentes. La persona restante es encargada de llevar el control de las revisiones de producto no conforme y devoluciones.

### **2.3.3.5. Seguridad y salud ocupacional**

- Instalación de un extintor ABC en caso de algún conato de incendio dentro de o en las cercanías del laboratorio.
- Es necesario que cada uno de los analistas cuente con guantes anticorte para la obtención de muestras, debido a la alta frecuencia con la que utilizan la cuchilla.
- Puerta de cierre automático y con apertura al lado externo, en caso de emergencias.

### **2.3.3.6. Instructivos**

Los siguientes instructivos serán utilizados en la mayoría de los laboratorios.

#### **2.3.3.6.1. Medición de temperatura y humedad**

Indica los pasos a seguir para medir la temperatura y humedad en cada uno de los diferentes laboratorios para llevar el control y determinar si se cumple con las mediciones establecidas para los laboratorios. En caso no se cumpla con el rango se debe tomar acciones para la estandarización de temperatura de los laboratorios.

La temperatura, según normas ASTM de los procesos de medición que se realizan en Polytec, debe estar entre  $23 \pm 2$  °C. Las mediciones de temperatura se deben tomar a las 8 de la mañana, 12 del mediodía y a las 4 de la tarde, por la variación de temperatura que existe durante el día.

Cada uno de los laboratorios debe contar con un medidor de temperatura y humedad, ya que son variables que pueden afectar las mediciones del producto.

A continuación, se adjunta la instrucción de trabajo de cómo se llevarán a cabo las mediciones de temperatura y humedad en la figura 27.

Figura 27. Instrucción de trabajo para condiciones de laboratorio

 <b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA CONDICIONES DE LABORATORIO</b>		Código: IT-GC-GC-004 Revisión: 00 Fecha Emisión: Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Mantener las condiciones de laboratorio establecidas	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Una vez al día	
<b>Materiales:</b>	Medidor de temperatura y humedad	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Diario	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Auditor de Calidad	
<b>Materiales y herramientas</b> Medidor de temperatura y humedad		
<b>PASO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>GRÁFICO</b>
1	Las condiciones de laboratorio para realizar análisis bajo la normativa ASTM deben ser: 1) TEMPERATURA: <b>23 +/-2°C</b> 2) HUMEDAD RELATIVA: <b>50 +/-10%</b>	<i>Referencia de las condiciones que indica ASTM</i> 7. Conditioning 7.1 Conditioning—Condition the test specimens at 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and 50 ± 10 % relative humidity for not
2	Diariamente el Auditor de Calidad de turno debe realizar la verificación de las condiciones de laboratorio por medio del Medidor de Temperatura y Humedad.	<i>Medidor de temperatura y humedad</i> 
3	El Auditor de Calidad debe registrar las condiciones de laboratorio en el formato <b>FR-GC-GC-021 Registro de verificación interna de medidor de temperatura y humedad</b>	
4	El Auditor de Calidad debe reportar cuando no se cumpla al Jefe Inmediato para su solución.	

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.3.7. Formatos de registro

El siguiente formato es para controlar las mediciones que se realizan en los laboratorios para asegurar que las condiciones de temperatura y humedad se estén cumpliendo.

Figura 28. Formato de verificación interna de temperatura y humedad

#	Código del instrumento	Área	Quién reporta	Fecha de verificación	Fecha próxima verificación	Está en buen estado? (S/NO)	Temperatura del aire acondicionado (°C)	Temperatura del medidor (°C)	Humedad del medidor (%)	Cumple con las condiciones ? (S/NO)	Comentarios
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.4. Laboratorio de materia prima**

Este laboratorio queda fuera de la planta de producción. Su ubicación está al lado de la bodega de materia prima. En este se evalúa todo tipo de material que ingresa a la planta para verificar que cumpla con ciertos niveles de calidad.

#### **2.3.4.1. Instalaciones**

Según las actividades que se realizan dentro del laboratorio de materia prima se proponen las siguientes instalaciones.

- El techo puede ser de cielo falso, toda vez sea resistente al fuego (RF – 120) y que no permita el paso del fuego de un cuarto a otro, debido a que se encuentra al lado de la bodega de inocuidad. Las paredes deben ser de material epóxico y pintadas de color blanco, así como el techo. Las paredes y la puerta deben ser resistentes al fuego.
- El ventanal debe cubrir 7 m<sup>2</sup> para permitir buena iluminación; de estos, 2 m<sup>2</sup> de en permitir la entrada de aire para la ventilación del laboratorio.
- Piso: puede ser cerámico, debido a que no se manejan productos químicos peligrosos, y de color blanco. Serán necesarios 7,30 m<sup>2</sup> de piso para su instalación.
- Iluminación: para calcularla se necesita la siguiente información:  
Ancho del laboratorio = 2,7 m  
Largo = 2,7 m  
Altura = 2,3 m  
Altura de área de trabajo = 1 m

Hm = 1,3 (altura de la luminaria sobre el área de trabajo)

Color de las paredes: blanco

Color del piso: blanco

Color del techo: blanco

El índice de cavidad zonal del laboratorio se obtiene de la siguiente fórmula:

$$k1 = 5 \times hm \times \frac{a + l}{a \times l} = 4,8$$

Donde:

$$k1 = 5 \times (1,3) \times \frac{(2,7) + (2,7)}{(2,7) \times (2,7)} = 4,8$$

K1 = 4,8

Fm = factor de mantenimiento

Fm = 0,7

Em = Nivel de iluminación media

Em = 700 lux

Φ = Flujo luminoso

Φ = 4 000

Porcentajes de reflexión

Pared = 70 %

Techo = 70 %

Piso = 15 %

Las lámparas se encuentran empotradas en el techo, por lo que no existe cavidad en esa zona.

Cavidad del techo =  $K_2 = 0$

Cavidad del piso =  $K_3$

$$k_3 = 5 \times h_3 \times \frac{a + l}{a \times l} = 3,7$$

$E$  = nivel de iluminación

$N$  = número total de lámparas

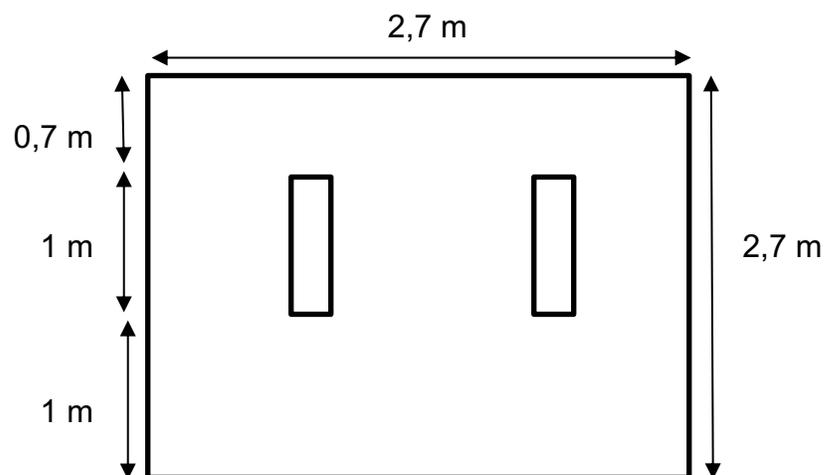
$K_u$  = factor de utilización

$A$  = área del laboratorio

$$N = \frac{E * A}{K_u * K_m * \Phi} = 2$$

Es necesaria la instalación de 2 luminarias de 5 000 luxes cada una para poder aportar 700 lux al área de trabajo del laboratorio.

Figura 29. **Plano de iluminación del laboratorio de materia prima**



Fuente: elaboración propia.

- Techos y paredes: el techo puede ser de cielo falso resistente al fuego por 1 hora (RF – 60), y las paredes de concreto o tabla yeso pintadas de color blanco mate con pintura epóxica para evitar reflejos.

#### 2.3.4.2. Mobiliario

En el laboratorio es necesario el siguiente mobiliario para satisfacer las necesidades que se le presenten al analista de calidad.

- Un escritorio metálico de oficina para la instalación de una computadora.
- Mesa de luz para verificación de lienzos a contraluz.
- Mesa para evaluar muestras. Debe ser de 1,5 m x 0,65 m de área y armadura de metal.
- Mesa con base de metal de 3 mm para soportar el calor que será generado por la instalación de autoclave y la colocación de probetas.

Figura 30. **Autoclave**



Fuente: Westlab. *Autoclave*. <https://www.westlab.com.au/equipment/equipment-a-l/autoclaves/050119-0004-autoclave-steam-electric-24lt> el 17 de junio de 2018.

- Dos sillas ajustables de altura y ángulo de la espalda para evitar lesiones y que los analistas se encuentren cómodos para realizar su trabajo.
- Estantería para el almacenamiento de muestras de retención, archivos de producción, entre otros, y que cumpla con los requisitos de seguridad.

### 2.3.4.3. Equipo

El equipo necesario para el funcionamiento correcto del laboratorio es:

- Horno para el calentamiento de muestras y simular curado acelerado. Véase tabla XVI.
- Refrigerador pequeño para el almacenamiento de solventes. Véase tabla XI.
- Autoclave para realizar pruebas de retortables. Se detalla las especificaciones técnicas propuestas:

Tabla XXI. **Especificaciones técnicas del autoclave**

Capacidad	13,7 litros
Diámetro interno	283 mm
Peso	13,2 kg
Material	Aluminio
Voltaje de operación	120 V

Fuente: Westlab. *Autoclave*. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/0B8uT4klbjk5YUVsMUpUcUI3VGs/view> el 18 de junio de 2018.

- Balanza analítica con medidor de temperatura para medir la humedad de la resina. Véase tabla X.
- Máquina de presiones para bolsas plásticas
- Masas patrón para la verificación de todas las balanzas de la planta.

#### **2.3.4.4. Personal**

Para realizar el trabajo de analista de materia prima es necesaria únicamente una persona para el puesto. Esta deberá realizar turnos de 12 horas durante el turno diurno, que abarca de las 6:30 a.m. a las 6:30 p.m., y encargarse de analizar cada uno de los materiales que ingresan a la bodega de materia prima y que serán utilizados posteriormente en los procesos de producción. Esta persona debe estar graduada como mínimo de bachillerato con conocimientos básicos de física y matemática.

#### **2.3.4.5. Seguridad y salud ocupacional**

- El techo y las paredes deben tener resistencia al fuego de una hora (RF – 60) para que no se propague al momento de un incendio, por el horno que se encuentra en ese laboratorio.
- Así mismo, contar con un extinguidor ABC en caso de cualquier emergencia que se presente.
- Tener a la mano guantes de látex y de anticorte para la seguridad personal del analista cuando realice las pruebas correspondientes a la materia prima. Véase tabla XIII.
- Identificación de químicos con su respectivo rombo de seguridad y MSDS de cada uno de los compuestos.
- Guantes resistentes al calor para la manipulación de muestras que se trabajen con el autoclave o el horno.

#### **2.3.4.6. Instructivos**

Los siguientes instructivos están realizados específicamente para las actividades dentro del laboratorio de materia prima.

#### 2.3.4.6.1. Verificación de flexómetros

Los flexómetros son esenciales en cada uno de los procesos, ya que en todas las áreas es necesario realizar mediciones con este instrumento. Para iniciar con la verificación de los flexómetros se tomó al personal del departamento de calidad. Se calibró un flexómetro para hacer una barra patrón con base en este flexómetro. Luego, los flexómetros de los demás trabajadores serán comparados contra esta barra patrón para verificar que cumple con las mediciones sin rebasar la tolerancia dada por el fabricante. En la siguiente figura se muestra la barra patrón instalada en el laboratorio de materia prima.

Figura 31. Verificación de medida del flexómetro



Fuente: elaboración propia.

En la figura 32 se muestra el instructivo para realizar la verificación de los flexómetros de la planta.

Figura 32. Instructivo para la verificación de flexómetros

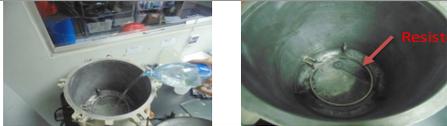
		<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA VERIFICAR FLEXÓMETROS</b>	Código: IT-GC-CC-003 Revisión: 01 Fecha de emisión: 05 de Septiembre de 2016 Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Verificar los flexómetros		
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Semestral y cuando se requiera verificar un flexómetro		
<b>Materiales:</b>	Barra patrón y flexómetro a analizar		
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad y cofia		
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Semestral		
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Auditor de Calidad		
<b>Materiales y herramientas</b>		Barra patrón y flexómetro a analizar	
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO	
1	Recibir el flexómetro y verificar que esté codificado		
2	Tomar el flexómetro e ir hacia la barra patrón y colocar la punta del flexómetro en la medida 0 cm de la barra patrón y partiendo de ahí estirarlo y verificar las medidas de 500mm, 1000 mm, 1500 mm, 2000 mm y 2500 mm.		
3	Registrar los resultados y el cumplimiento en el FR-GC-GC-020 REGISTRO DE VERIFICACIÓN INTERNA PARA FLEXÓMETROS.		
4	Si no cumple con la verificación se debe retirar el flexómetro de la persona responsable y gestionarse como obsoleto. A cada dueño que se le declare como obsoleto debe de solicitar uno nuevo y ser verificado antes de su utilización.		
5	Si el flexómetro cumple con la verificación, entonces se le devuelve al dueño para que lo siga utilizando ya quedando registrada la verificación en el FR-GC-GC-020 REGISTRO DE VERIFICACIÓN INTERNA PARA FLEXÓMETROS.		

Fuente: elaboración propia.

## 2.3.4.6.2. Utilización del autoclave

En este procedimiento se demuestra la correcta utilización de la autoclave que se encuentra en el laboratorio de materia prima y se explica cada uno de los pasos necesarios.

Figura 33. Instrucción de trabajo para la utilización del autoclave

 <b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA CONDICIONES DE LABORATORIO</b>		Código: Revisión: <span style="color: green;">r</span> 00 Fecha Emisión: 10 de abril del 2017 Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Utilización de cromatógrafo	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Durante la producción	
<b>Materiales:</b>	Agua, muestras, autoclave.	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Botas industriales, guantes resistentes al calor, cofia.	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Cada vez que sale producción para evaluar	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>		
<b>Materiales y herramientas</b> Autoclave, agua, guantes resistentes al calor, varilla, muestras.		
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO
1	Verificar que el autoclave no esté conectado y que se encuentra a temperatura ambiente. Se abre el recipiente del autoclave y se hecha agua no mineralizada hasta cubrir completamente la resistencia (es el hierro que se encuentra en lo profundo del autoclave).	
2	Se coloca el soporte junto con las muestras dentro del autoclave	
3	Al tapar el autoclave se debe de verificar que la manguera de la tapa debe de ir dentro de la ranura que se encuentra en el soporte del autoclave, para así proceder a taparlo.	
4	Verificar que la tapa haya sido colocada correctamente y se procede a asegurar cada uno de los tornillos apretandolos uniformemente para que no quede desnivelada.	
5	Conectar el autoclave y observar el indicador de temperatura y presión, cuando el indicador llegue a una temperatura de 121 °C, desde ese momento esperar 40 minutos para que se termine el proceso, al pasar este tiempo se desconecta el autoclave y se abre la válvula de escape y esperar a que se enfríe el autoclave, al bajar completamente la aguja del indicador se puede abrir el cromatógrafo y con un guante resistente al calor se sacan las muestras.	
6	Limpiar el soporte y retirar el agua que quede en el autoclave hasta dejarlo seco y listo para poder utilizarlo nuevamente.	

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.4.7. Formatos de registro

Los formatos de registro son de utilidad para controlar la realización de estas actividades.

#### 2.3.4.7.1. Formato de registro de verificación de flexómetros

El cambio del formato se efectuó para facilitar el registro de las mediciones de cada flexómetro debido a que se aplicará en toda la planta y alimentará la hoja de vida de dichos instrumentos. La hoja de vida se trabajará individual para los otros instrumentos y equipos.

Figura 34. Formato de registro de verificación de flexómetros

Polytec		REGISTRO DE VERIFICACIÓN INTERNA PARA FLEXÓMETROS															Código: FR-GC-GC-20			
																	Revisión: 2			
																	Fecha emisión: 22 de Septiembre del 2016			
																	Página: 1 de 1			
Resolución:	0.001 m	Frecuencia:	Semestral																	
Código	Fecha	Dueño	500 mm	500 mm	500 mm	1000 mm	1000 mm	1000 mm	1500 mm	1500 mm	1500 mm	2000 mm	2000 mm	2000 mm	2500 mm	2500 mm	2500 mm	Cumple?	Comentarios	
FL-CAL-21	10-mar-16	Calidad	499.8	500	499.8	999.9	1000	999.9	1500	1499.9	1499.8	2000	1999.9	2000	2500	2499.8	SI	Verificación Semestral		
FL-CAL-08	27-sep-16	Juan Vargas	499.9	499.9	500	999.5	999.5	999.5	1499.9	1499.8	1499.9	1999.8	1999.9	1999.7	2500	2499.8	2499.9	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-12	27-sep-16	Silvia Muralles	499.9	499.8	499.9	999.9	999.9	999.9	1499.9	1499.9	1499.9	1999.9	1999.9	1999.9	2499.9	2499.8	2499.8	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-13	27-sep-16	German Candidi	499.9	500	500	999.8	999.9	1000	1500	1499.9	1499.8	1999.9	2000	2000	2500	2500	2500	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-20	30-sep-16	José Manuel del	499.8	499.9	500	999.9	1000	999.9	1500	1500	1500	1999.9	1999.9	1999.9	2500	2500	2499.8	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-04	04-oct-16	Reyna Sanchez	499.8	499.6	499.8	999.2	999.4	999.4	1499.8	1500	1499.9	1999.9	2000	1999.6	2499.6	2499.2	2499.2	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-06	04-oct-16	Javier Reyes	499.8	499.6	499.6	999.8	1000	1000	1499.4	1499.6	1499.4	1999.2	1999.2	1999.4	2500	2499.8	2499.9	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-10	04-oct-16	William Barrios	499.8	499.8	499.9	999.2	999	999.4	1499.2	1499.4	1499.2	1999.1	1999	1999.2	2499.2	2499.2	2499.9	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-11	04-oct-16	Hugo Morales	500	499.9	500	1000	1000	999.8	1499.8	1499.6	1499.6	1999.2	1999.4	1999.4	2499.5	2499.8	2499.6	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-18	04-oct-16	Ruth Manzano	499.9	499.8	499.9	999.9	999.9	999.9	1499.8	1499.9	1499.8	1999.9	1999.9	1999.9	2499.9	2499.9	2499.9	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-05	11-oct-16	Antonio Monroy	499.8	499.6	499.6	999.5	999.2	999.5	1500	1499.9	1500	2000	2000	2000	2500	2500	2500	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-14	11-oct-16	Aura Solano	499.1	499.9	499.3	999.8	999.6	999.8	1499.8	1499.8	1499.8	1999.5	1999.2	1999.2	2500	2499.9	2500	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-15	11-oct-16	Cristian Sanchez	499.9	499.8	499.9	999.9	999.9	999.9	1499.9	1499.9	1499.9	1999.9	1999.9	1999.9	2499.9	2499.8	2499.8	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-07	12-oct-16	Elvin Orellana	499.6	499.4	499.4	999.1	999	999	1500.1	1500.1	1500	1999.8	1999.6	1999.6	2499.6	2499.4	2499.4	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-02	13-oct-16	Marvin Subuyuj	499.8	499.8	499.8	999.2	999.4	999.4	1500.1	1500.1	1500	2000	2000.2	2000	2499.9	2500	2500	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-22	15-nov-16	Silvia Morales	499.8	499.9	499.9	999.9	999.9	999.9	1499.9	1500	1500	2000.2	1999.8	1999.8	2499.9	2499.9	2499.9	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-23	15-nov-16	Andrea Guzman	499.8	499.6	499.9	999.5	999.5	999.5	1499.9	1500	1500	2000.2	1999.8	1999.8	2499.2	2499.4	2499.2	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-01	10-dic-16	Betzy Muñoz	499.2	499	499.1	999.1	999	999	1500.1	1500	1500	2000.2	2000.2	2000.1	2500	2499.9	2500	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-09	10-dic-16	Kennet Vasquez	499.8	499.6	499.8	999.6	999.6	999.1	1500	1499.9	1499.9	1999.5	1999.9	1999.5	2500.1	2500.4	2500	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-07	10-ene-17	Elvin Orellana	499.9	500	500	1000	1000	1000	1499.9	1499.8	1499.8	1999.7	1999.7	1999.7	2499.8	2499.8	2499.8	SI	Verificación Semestral	
FL-CAL-14	12-ene-17	Aura Solano	499.1	499.9	499.3	999.8	999.2	999.9	1499.7	1499.5	1499.7	1999.4	1999.2	1999.6	2499.9	2499.7	2499.9	SI	Verificación Semestral	

Fuente: elaboración propia.

La hoja de vida muestra toda la información importante de cada uno de los flexómetros registrados en un archivo de Excel. El objetivo de este archivo es documentar cada situación que ocurra a todos los flexómetros. Inicialmente se trabajó en el departamento de calidad, tomando como objetivo a toda la planta. En la figura 35 se encuentra el formato de hoja de vida.

Figura 35. Hoja de vida de flexómetro

 <b>Polytec</b> <small>La Solución en Empaques</small>		<b>FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO/INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>		Código: FR-GC-GC-019 Revisión: 00 Fecha emisión: 28 de agosto de 2017
<b>1 Información general</b>				
Equipo	Flexómetro	Fecha creación	Mayo 2017	
Marca	Stanley	Foto del equipo/instrumento		
Modelo	30-608			
Serie	N/A			
Fabricante	Stanley			
Código Polytec	FL-CAL-01			
Ubicación	Lab. Extrusión			
Dueño	Betzy Muñoz			
Resolución	0.001 m	<i>medición minima</i>		
Rango de medición del equipo	0 - 3 m	<i>capacidad maxima</i>		
Rango de trabajo	0.01 - 0.8 m	<i>rango que yo lo uso</i>		
Frecuencia	Semestral			
Proveedor	Interno			
Clasificación	A			
Última calibración	05-abr-17			
Próxima calibración	05-oct-17			
Status	<b>Falta verificación</b>			
Descripción	Instrumento que se utiliza para medir distancias.			

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.5. Laboratorio de cromatografía

Se instaló este laboratorio con el fin de analizar muestras por solvente retenido. Este equipo identifica componentes por medio de los tiempos de evaporación, para lo cual utiliza un horno. Todo esto inició debido a la alta producción de materiales laminados base solvente.

### 2.3.5.1. Instalaciones

Para el laboratorio de cromatografía se instalaron los gases que se utilizan, que son nitrógeno, hidrógeno y aire analítico, así como toda la tubería necesaria para conectarlo al equipo. Se hicieron mesas específicas para la instalación del equipo junto con la computadora y el *head space*. Se coordinaron las instalaciones eléctricas necesarias y la instalación de un equipo de aire acondicionado para evitar altas temperaturas que puedan ser generadas por el cromatógrafo.

- Piso: debe ser de material epóxico porque se utiliza gran variedad de solventes debido a las pruebas que se hacen con el cromatógrafo. Son necesarios  $12\text{ m}^2$  de piso para cubrir la totalidad del laboratorio y debe estar recubierto de pintura Polane Mix DF.
- Ventanal: las ventanas deben cubrir un área de  $8\text{ m}^2$  para que la luz del ambiente ingrese al laboratorio y se cumpla con la iluminación requerida.
- Iluminación: para calcular la iluminación necesaria en el laboratorio de cromatografía necesitamos la siguiente información:

Ancho del laboratorio = 3 m

Largo = 4 m

Altura = 2,2 m

Altura de área de trabajo = 1 m

Hm = 1,2 (altura de la luminaria sobre el área de trabajo)

Color de las paredes: blanco

Color del piso: blanco

Color del techo: blanco

Índice de cavidad zonal del laboratorio se obtiene de la siguiente fórmula:

$$k1 = 5 \times hm \times \frac{a + l}{a \times l} = 3,5$$

Donde:

$$k1 = 5 \times 1,2 \times \frac{3 + 4}{3 \times 4} = 3,5$$

$$K1 = 3,5$$

Fm = factor de mantenimiento

$$Fm = 0,7$$

Em = Nivel de iluminación media

$$Em = 1\ 000\ \text{lux}$$

$\Phi$  = Flujo luminoso

$$\Phi = 6\ 000$$

Porcentajes de reflexión

$$\text{Pared} = 70\ \%$$

$$\text{Techo} = 75\ \%$$

$$\text{Piso} = 20\ \%$$

Las lámparas se encuentran empotradas en el techo, por lo que no existe cavidad en esa zona.

$$\text{Cavidad del techo} = K2 = 0$$

$$\text{Cavidad del piso} = K3$$

$$k3 = 5 \times h3 \times \frac{a + l}{a \times l} = 2,92$$

E = nivel de iluminación

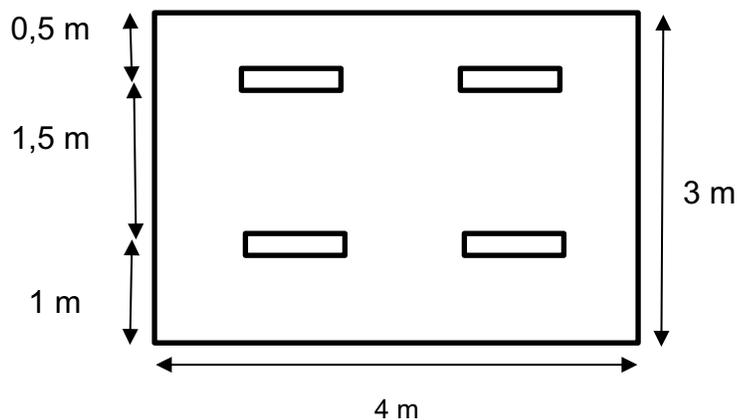
N = número total de lámparas

Ku = factor de utilización

$$N = \frac{E * A}{Ku * Km * \Phi} = 4$$

Es necesaria la instalación de 4 luminarias de 6 000 luxes cada una para aportar 1 000 lux al área de trabajo del laboratorio. Se debe distribuir las lámparas según el plano de la figura 32.

Figura 36. **Plano de iluminación del laboratorio de cromatografía**



Fuente: elaboración propia.

- Techos y paredes: el techo debe ser de concreto por la resistencia al fuego que este material presenta. Las paredes, ventanas y puerta deben contar con resistencia al fuego igual a 120 minutos (RF – 120).

### 2.3.5.2. **Mobiliario**

- Mesa de metal para la instalación del cromatógrafo pintada de color blanco de 2,2 x 0,8 m y 0,75 m de alto. Debe soportar aproximadamente 180 lb,

que es el peso del cromatógrafo junto con el *head space*, que es un accesorio.

- Escritorio de oficina para colocar una computadora que será usada en conjunto con el cromatógrafo.
- Repisa para almacenar pruebas y documentos que se generen con la utilización del instrumento.

#### **2.3.5.3. Equipo**

- Computadora para controlar el software del equipo y recibir asesoría de un técnico por la instalación de un equipo nuevo.
- Cromatógrafo de gases: detecta los solventes que componen una solución, por medio de la evaporación y separación de gases.
- *Head Space* es el complemento del cromatógrafo para analizar varias muestras en una corrida.
- Un aire acondicionado para controlar la temperatura del laboratorio y que el ambiente no se sobre caliente, ya que puede dañar el equipo.

#### **2.3.5.4. Personal**

Será necesario capacitar a dos personas del laboratorio de impresión para que manejen el cromatógrafo en ambos turnos cuando sea necesario. Las cromatografías se realizan principalmente cuando se trabaja la laminación base solvente. En promedio, cada medición para medir solventes retenidos tarda

4 horas; de estas, una hora es efectiva donde el analista tiene que configurar el equipo y analizar los resultados finales al terminar el proceso.

#### **2.3.5.5. Seguridad y salud ocupacional**

- Se debe contar con una jaula para los gases nitrógeno, hidrógeno y oxígeno; que la instalación de la tubería se encuentre debidamente identificada por el color correspondiente, así como las hojas de seguridad de cada uno de los compuestos que se encuentran en este laboratorio. Para las pruebas se utilizan 21 solventes diferentes como estándares, por lo que debemos contar con las hojas de seguridad en el laboratorio para controlar alguna emergencia.
- Se debe instalar una tamalera (alarma) para alarmar en caso el nivel de oxígeno en el laboratorio baje drásticamente a un nivel donde el humano pueda ser afectado.
- Contar con ventanas, paredes, pisos y techos adecuados para soportar incendios, calor, salpicaduras de químicos.
- Se debe contar con guantes de látex para la manipulación de los solventes y los tubos de ensayo con los que se trabaja en el cromatógrafo Véase tabla XIII.
- Mueble de protección de muestras de alcoholes resistente al fuego (RF – 120). El proceso necesita tener 21 estándares de alcoholes para que el cromatógrafo los identifique en las pruebas.

### **2.3.6. Control de calibración de todos los equipos e instrumentos de medición**

En Polytec se utiliza gran variedad de equipos e instrumentos de medición. En este control se incluyen todos los equipos que poseen cada una de las distintas áreas.

#### **2.3.6.1. Inventario**

Se llevó a cabo el inventario de todos los equipos e instrumentos de medición que se utilizan dentro de la planta para producción. En el departamento de calidad se encuentra la mayoría de estos instrumentos, ya que se utilizan para realizar pruebas más complejas que se realizan en la línea de producción.

Tabla XXII. **Inventario de instrumentos de medición**

Cantidad	Instrumento
35	Balanzas
1	Baño de aceite
20	Micrómetros análogos
5	Micrómetros digitales
1	Medidor de espesores
2	Coeficiente de fricción
2	Luxómetro
2	Máquina universal de ensayos
1	Medidor de rasgado
1	Resistencia al impacto
1	Detector de metales
1	Cromatógrafo
2	Lector de código de barras
1	Medidor de intemperismo
1	Radiómetro
1	Selladora automática
8	Medidor de temperatura

Continuación tabla XXII.

8	Medidor de humedad
3	Medidor de estática
8	Espectrofotómetro
2	Durómetro
2	Bernier
3	Termómetro infrarrojo
5	Microscopio
1	Tacómetro
25	Masas patrón
1	Termómetro visual
1	Termómetro de contacto
10	Multímetro
1	Medidor de PH

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.6.2. Clasificación

Para clasificar cada uno de los instrumentos se les definió de la siguiente manera:

- Tipo “A”: son todos aquellos instrumentos cuyas variables que miden son reportadas al cliente como medidas de calidad.
- Tipo “B”: son los instrumentos con los que las mediciones no son reportadas al cliente, pero se utilizan internamente para el control de la producción.
- Tipo “C”: son los equipos que se utilizan para la preparación de la muestra que será medida en los instrumentos. Ejemplo: horno, refrigerador, probetas, entre otros.

### **2.3.6.3. Identificación y codificación**

Para identificar cada uno de los equipos e instrumentos se les codificó en 3 fases, con la siguiente lógica:

EQ - IMP - 01

Las primeras dos letras representan la identificación del instrumento; el segundo apartado hace referencia al área a la que pertenece el equipo y por último, el número correlativo en el que fue identificado.

La codificación utilizada fue la siguiente:

- Identificación del equipo:
  - EQ – Equipo
  - TH – Termómetro
  - BA – Balanza
  - FL – Flexómetro
  
- Identificación del área:
  - Calidad – CAL
  - Impresión – IMP
  - Slitter – SLT
  - Bodega de materia prima – BMP
  - Bodega de producto terminado – BPT
  - Mantenimiento – MAN
  - Extrusión - EXT
  - Corte – COR
  - Preprensa – PRE
  - Desarrollo – DES

- Montaje – MON
- Mezclas – MEZ
- Laminación – LAM

### 2.3.6.4. Formato de control

Para tener el control de todos los equipos e instrumentos y sus calibraciones se creó en Excel un formato de hoja de vida dinámico que trabaja en conjunto con la base de datos del inventario obtenido. En la hoja de vida se detalla toda la información importante del instrumento y todos los cambios que ha sufrido por su uso. En la figura 37 se encuentra el formato de hoja de vida.

Figura 37. Hoja de vida de los instrumentos de medición

		<b>FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO/INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>		<b>Código:</b> FR-GC-GC-019 <b>Revisión</b> 00 <b>Fecha en</b> 29 de Septiembre de 2016
<b>1 Información general</b>				
Nombre del equipo	Medidor de revoluciones de motor	Fecha creación	20/09/2016	
Marca	DIGITAL TACHOMETER	Foto del equipo/instrumento		
Modelo	MT100			
Serie	A3309012			
Fabricante	DIGITAL TACHOMETER			
Código Polytec	EQ-EXT-08			
Ubicación	Extrusión			
Dueño	Jefe de área			
Resolución	0.1 metros/min	medicion minima		
Rango de medición del equipo		capacidad maxima		
Rango de trabajo	2 m/min a 100 m/min	rango que yo lo uso		
Descripción	El tacómetro proporciona a los usuarios la capacidad de medir y registrar velocidades de rotación, lineal y la superficie más la longitud total. <a href="http://www.instruments.nidec-shimpo.com/es/mt-100-tacometros/">http://www.instruments.nidec-shimpo.com/es/mt-100-tacometros/</a>			

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.6.5. Programa de calibración y verificación

Para programar las calibraciones se toma en cuenta la frecuencia de utilización de los instrumentos y qué tan importantes son los datos obtenidos. Algunos clientes son muy estrictos con los resultados de las pruebas, por lo que es necesario satisfacer sus necesidades y ser precisos al medir el producto.

El programa se basa en la información recopilada al realizar el inventario. Este mismo sustenta la información con la que trabaja la hoja de vida. En la base de datos se utilizaron los campos de código Polytec, equipo, marca, modelo, serie, ubicación, dueño, resolución, rango de trabajo, rango de medición, frecuencia de calibración, proveedor, clase, fecha calibrado, fecha próxima calibración y estado.

Figura 38. Programa de calibraciones

Código P	Equipo	Marc	Model	Serie	Fabri	Ubicac	Dueño	Resolu	Rango	Rango	Frecu	Provee	Clasificac	Prox.	Status	
BA-EXT-01	Balanza	Ohaus	T31P	B202606064	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.2Kg	0 - 1000	10 - 100	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-02	Balanza	Ohaus	T31P	0009714-6B	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.2Kg	0 - 1000	10 - 100	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-03	Balanza	Ohaus	SP401	7.129E+09	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.1g	0 - 400 g	1 - 300 g	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-04	Balanza	Ohaus	MB45	1.127E+09	Ohaus	Intplant	Jefe Asegurami	0.001 g	0 - 45 g	0.05 - 30	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-05	Balanza	Ohaus	TS200S	34836234	Ohaus	Lab. Cort	Jefe Asegurami	0.001g	0 - 200 g	0.05 - 15	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-06	Balanza	Ohaus	T31P	0034387-6G	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.01Kg	0 - 150 k	10 - 90 k	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-07	Balanza	Ohaus	T31P	0009735-6B	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.2Kg	0 - 1500	10 - 150	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-08	Balanza	Ohaus	SP202	7.124E+09	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.01g	0 - 200 g	1 - 180 g	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-EXT-09	Balanza	Ohaus	NV511	8.337E+09	Ohaus	Extrusión	Jefe Asegurami	0.1g	0 - 500 g	5 - 450 g	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAB-01	Balanza	AND	MX-50	P1030616	AND	Lab. Mat	Jefe Asegurami	0.001g	0 - 51 g	0.05 - 40	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAB-02	Balanza	AND	HR-200	12337328	AND	Lab. Impi	Jefe Asegurami	0.0001g	0 - 210 g	0.05 - 18	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAB-03	Balanza	Ohaus	MB45	B216857335	Ohaus	Lab. Extri	Jefe Asegurami	0.001g	0 - 45 g	0 - 30 g	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-IMP-01	Balanza	Ohaus	T31P	0064384-6D	Ohaus	Impresión	Jefe Asegurami	0.2Kg	0 - 1000	10 - 800	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-IMP-02	Balanza	Ohaus	T31P	0064418-6D	Ohaus	Impresión	Jefe Asegurami	0.2Kg	0 - 1000	10 - 800	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAM-01	Balanza	Rice Lal	TA-220	121857014	Rice Lal	Laminaci	Jefe Asegurami	0.0001g	0 - 220 g	0.05 - 20	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAM-02	Balanza	Ohaus	SP401	7.126E+09	Ohaus	Laminaci	Jefe Asegurami	0.1g	0 - 400 g	1 - 350 g	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAM-03	Balanza	Ohaus	T31P	B551883751	Ohaus	Laminaci	Jefe Asegurami	0.2 kg	0 - 1000	140 - 700	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-LAM-04	Balanza	Ohaus	SPX422	B70359490C	Ohaus	Laminaci	Jefe Asegurami	0.01 g	0 - 420 g	1 - 350 g	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-SLT-01	Balanza	Ohaus	T31P	B202606058	Ohaus	Slitter	Jefe Asegurami	0.02Kg	0 - 150 k	10 - 130	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-SLT-02	Balanza	Ohaus	T31P	B43600219C	Ohaus	Slitter	Jefe Asegurami	0.02Kg	0 - 150 k	10 - 130	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració
BA-SLT-03	Balanza	Ohaus	T31P	B443171981	Ohaus	Slitter	Jefe Asegurami	0.02 kg	0 - 150 k	10 - 130	Trimestr	EQUIPE	A	ago-17	nov-17	Falta calibració

Fuente: elaboración propia.

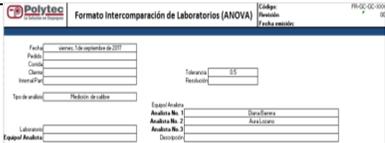
### 2.3.6.6. Análisis de reproducibilidad y repetibilidad (R&R)

Para este análisis se investigaron los métodos necesarios para evaluar correctamente la reproducibilidad y repetitividad de las mediciones, que cumplan con las exigencias de las normas de calidad ISO 9001 e ISO 17025. El método más exacto es el análisis de varianza (ANOVA), que se presenta a continuación:

#### 2.3.6.6.1. Procedimiento de análisis ANOVA

Este procedimiento se le llama análisis de varianza (ANOVA) y es el más utilizado en pruebas de reproducibilidad y repetibilidad.

Figura 39. Instructivo de análisis ANOVA

 <b>INSTRUCTIVO DE TRABAJO PARA REALIZAR ANÁLISIS DE ANOVA</b>		Código:
		Revisión: 01
		Fecha Emisión: 5 de septiembre del 2047
		Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Análisis de reproducibilidad y repetibilidad	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Pendiente	
<b>Materiales:</b>	Equipos a analizar, muestras.	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, tapones de oído y cofia	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Pendiente	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Jefe de aseguramiento de calidad	
<b>Materiales y herramientas</b>		Instrumento de medición, muestras
<b>PASO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>GRÁFICO</b>
1	Llenar los campos básicos del formato con información de la muestra, equipo y analista. Información básica, <b>Repetibilidad</b> es el análisis de variabilidad donde una persona realiza varias mediciones en un mismo equipo, <b>Reproducibilidad</b> es el análisis de variabilidad de mediciones	

Continuación figura 39.

2	Dependiendo que se va a analizar (analista/instrumento) se llenan estos campos, en el campo 1. se coloca el elemento e información a analizar en la reproducibilidad y en el campo 2. el elemento contrario a evaluar.	
3	Se llena el campo de la tolerancia y el cuadro donde deben de ir las mediciones, la numeración del 1 al 10 hace referencia a las partes a medir y se realizan dos mediciones por parte, ya sea por cada instrumento o por cada anaslita dependiendo el tipo de análisis.	
4	De la tabla los únicos datos que se pueden modificar son los que se encuentran con fondo blanco, todas las celdas grises trabajan en conjunto para dar los resultados de r, R y r&R	

Fuente: elaboración propia.

El método de ANOVA será utilizado por los jefes de área para analizar las mediciones mediante la comparación de instrumento, analista y muestra. El análisis, de promedio y rango funcionará para comparar los datos obtenidos con el método anterior y dar por aceptados los resultados. El análisis de promedio será utilizado por los analistas para llevar un control con mayor frecuencia debido a que es más sencillo de realizar y no se necesita mucho tiempo.

Figura 40. Instructivo de análisis promedio y rango

	<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR ANÁLISIS DE PROMEDIO Y RANGO</b>	Código: Revisión: 01 Fecha Emisión: 5 de septiembre del 2017 Página: 1 de 1
<b>Tarea:</b>	Análisis de reproducibilidad y repetibilidad	
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Pendiente	
<b>Materiales:</b>	Equipos a analizar, muestras.	
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, tapones de oído y cofia	
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Pendiente	
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Jefe de aseguramiento de calidad	

Continuación figura 40.

Materiales y herramientas		Instrumentos de medición y muestras.																														
PASO	ACTIVIDAD	GRÁFICO																														
1	Llenar los campos básicos del formato con información de la muestra, equipo y analista. Información básica, <b>Repetibilidad</b> es el análisis de variabilidad donde una persona realiza varias mediciones en un mismo equipo, <b>Reproducibilidad</b> es el análisis de variabilidad de mediciones por varios analistas o varios instrumentos.																															
2	Se toman mediciones de 3 agentes diferentes, siendo 5 mediciones por cada uno de ellos ("A", "B" y "C"), se ingresan los datos en el formato que realiza las mediciones respectivas de promedio, y muestra los resultados. Se debe de colocar la medición del patrón para realizar las comparaciones en el formato.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>#Medición</th> <th>"A" Columna 1</th> <th>"B" Columna 2</th> <th>"C" Columna 3</th> <th>Prom. Partes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>13 0.356163</td> <td>11 0.2075537</td> <td>12 0.80717129</td> <td>12.00000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13 0.36</td> <td>12 0.564896</td> <td>12 0.80717129</td> <td>12.33333</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13 0.356163</td> <td>12 0.564896</td> <td>12 0.80717129</td> <td>12.33333</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12 0.4035956</td> <td>13 0.2075537</td> <td>12 0.80717129</td> <td>12.33333</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>11 0.131025</td> <td>12 0.564896</td> <td>13 0.180104223</td> <td>12.00000</td> </tr> </tbody> </table>	#Medición	"A" Columna 1	"B" Columna 2	"C" Columna 3	Prom. Partes	1	13 0.356163	11 0.2075537	12 0.80717129	12.00000	2	13 0.36	12 0.564896	12 0.80717129	12.33333	3	13 0.356163	12 0.564896	12 0.80717129	12.33333	4	12 0.4035956	13 0.2075537	12 0.80717129	12.33333	5	11 0.131025	12 0.564896	13 0.180104223	12.00000
#Medición	"A" Columna 1	"B" Columna 2	"C" Columna 3	Prom. Partes																												
1	13 0.356163	11 0.2075537	12 0.80717129	12.00000																												
2	13 0.36	12 0.564896	12 0.80717129	12.33333																												
3	13 0.356163	12 0.564896	12 0.80717129	12.33333																												
4	12 0.4035956	13 0.2075537	12 0.80717129	12.33333																												
5	11 0.131025	12 0.564896	13 0.180104223	12.00000																												
3	Los resultados de "promedio r" hace referencia al análisis de repetibilidad y los resultados de "promedio R" al resultado de reproducibilidad, para que el análisis sea aceptado como bueno todos los resultados antes mencionados deben de mostrar un valor menor a la resolución del instrumento.	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Promedio</td> <td>12.4000</td> <td>12.0000</td> <td>12.2000</td> </tr> <tr> <td>Dev. Est.</td> <td>0.8944272</td> <td>0.707107</td> <td>0.4472136</td> </tr> <tr> <td>Plano</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Varianza</td> <td>0.8</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Promedio r</td> <td>0.4000</td> <td>0.0000</td> <td>0.2000</td> </tr> <tr> <td>Promedio R</td> <td>0.2000</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Promedio	12.4000	12.0000	12.2000	Dev. Est.	0.8944272	0.707107	0.4472136	Plano	2	2	1	Varianza	0.8	0.5	0.2	Promedio r	0.4000	0.0000	0.2000	Promedio R	0.2000								
Promedio	12.4000	12.0000	12.2000																													
Dev. Est.	0.8944272	0.707107	0.4472136																													
Plano	2	2	1																													
Varianza	0.8	0.5	0.2																													
Promedio r	0.4000	0.0000	0.2000																													
Promedio R	0.2000																															

Fuente: elaboración propia.

Este tipo de análisis se aplica en los procesos de medición que se realizan en los laboratorios. Debe ser evaluado por el coordinador del departamento de calidad una vez cada 3 meses, según los resultados obtenidos se evalúa si el proceso de medición está bien elaborado o se debe retroalimentar al personal.

Figura 41. Instructivo de análisis promedio

 <b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE PROMEDIO</b>		Código: Revisión: 01 Fecha Emisión: 5 de septiembre del 2017 Página: 1 de 1																											
<b>Tarea:</b>	Análisis de reproducibilidad y repetibilidad																												
<b>Cuando se realiza la tarea:</b>	Pendiente																												
<b>Materiales:</b>	Equipos a analizar, muestras.																												
<b>Equipo de Protección Personal:</b>	Zapatos de seguridad, tapones de oído y cofia																												
<b>Frecuencia para realizar la tarea:</b>	Pendiente																												
<b>Responsable de realizar la tarea:</b>	Jefe de aseguramiento de calidad																												
<b>Materiales y herramientas</b>		Instrumento de medición y muestras																											
<b>PASO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>GRÁFICO</b>																											
1	Llenar los campos básicos del formato con información de la muestra, equipo y analista. Información básica, <b>Repetibilidad</b> es el análisis de variabilidad donde una persona realiza varias mediciones en un mismo equipo, <b>Reproducibilidad</b> es el análisis de variabilidad de mediciones por varios analistas o varios instrumentos.																												
2	Para este análisis se necesitan 2 analistas y 2 equipos de medición, y cada uno de los analistas debe de realizar 5 mediciones de la misma muestra en cada uno de los dos equipos de medición, al obtener esta información se completa el recuadro.	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Operador</th> <th colspan="2">Equipos</th> </tr> <tr> <th>Digital</th> <th>Análogo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">A</td> <td>13</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">B</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	Operador	Equipos		Digital	Análogo	A	13	13	12	12	13	13	13	13	13	13	B	12	12	13	12	13	12	13	12	13	13
Operador	Equipos																												
	Digital	Análogo																											
A	13	13																											
	12	12																											
	13	13																											
	13	13																											
	13	13																											
B	12	12																											
	13	12																											
	13	12																											
	13	12																											
	13	13																											
3	Se define la tolerancia aceptable para las mediciones y se coloca en la celda correspondiente para que los cálculos sean los correctos.	<table border="1"> <tr> <td>Tolerancia</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>K1</td> <td>2.21</td> </tr> <tr> <td>K2</td> <td>3.65</td> </tr> </table>	Tolerancia	1	K1	2.21	K2	3.65																					
Tolerancia	1																												
K1	2.21																												
K2	3.65																												
4	Se interpretan los valores de las celdas que muestran el %reproducibilidad y %repetibilidad que se encuentren por debajo del 10% para dar por aceptadas como buenas las mediciones.	<p style="text-align: center;">%R&amp;R</p> <p style="text-align: center;">%R&amp;R &lt; 10% <b>Aceptable</b></p> <p style="text-align: center;">10% ≤ %R&amp;R &lt; 30% <b>Puede ser aceptable según el uso</b></p> <p style="text-align: center;">30% ≤ %R&amp;R <b>No aceptable</b></p>																											

Fuente elaboración propia.

En la figura 42 de encuentra el formato de análisis ANOVA. Es un archivo en Excel donde se tabulan los resultados que se obtuvieron de las mediciones y automáticamente muestra cuán efectivas fueron las mediciones.

Figura 42. Formato de análisis ANOVA

 <b>Formato Intercomparación de Laboratorios (ANOVA)</b>										Código: FR-GC-XXX Revisión: 00 Fecha emisión: 15 de agosto del 2017	
Fecha										Tolerancia	1
Pedido										Resolución	1 micra
Corrida											
Cliente	Cemaco										
Internal Part											
Tipo de análisis	Medición de calibre										
Laboratorio											
Equipo/ Analista											
Analista No. 1	Diana Barrera										
Analista No. 2	Aura Lozano										
Analista No.3	N/A										
Descripción	Medición de calibre de producto de Cemaco										

Intento	1	2	Sum	1	2	Sum	1	2	Sum	Sum. Tot
Pieza	Analista No. 1			Analista No. 2			Analista No.3			
1	14.0	13.0	27.0	13.0	13.0	26.0			0.0	53.00
2	12.0	12.0	24.0	13.0	13.0	26.0			0.0	50.00
3	13.0	13.0	26.0	14.0	14.0	28.0			0.0	54.00
4	13.0	13.0	26.0	14.0	13.0	27.0			0.0	53.00
5	12.0	12.0	24.0	13.0	13.0	26.0			0.0	50.00
6	13.0	12.0	25.0	13.0	14.0	27.0			0.0	52.00
7	13.0	11.0	24.0	14.0	13.0	27.0			0.0	51.00
8	15.0	14.0	29.0	13.0	13.0	26.0			0.0	55.00
9	15.0	15.0	30.0	15.0	14.0	29.0			0.0	59.00
10	12.0	12.0	24.0	11.0	11.0	22.0			0.0	46.00
Promedio	259			264			0.0			

T	523.0000
T2x	6881.0000
T2c	6875.5000
T12	6838.8500
T22	6865.2500
SSA	0.6250
SSB	27.0250
SSAB	9.6250
SSE	5.5000
SST	42.7750

MSA	0.6250
MSB	3.0028
MSAB	1.0694
MSE	0.2750

Resultado	Valor	%
r	2.7007	2.7007
R	0.7677	0.7677
I	3.2458	3.2458
r&R	4.2917	4.2917

Porcentaje	99%	5.15
Constante		

**a** 2 Número de operadores      %R&R      Nivel de confianza  
**b** 10 Número de partes      %R&R < 10% **Acceptable**  
**n** 2 Número de medida por cada parte, por cada operador      %R&R ≤ 30% **Puede ser aceptable según el uso**  
**N** 40 Número total de datos      30% ≤ %R&R **No aceptable**

ISO 17025 Punto 5.4.6

Fuente: elaboración propia.

El máximo de datos que se puede ingresar en este formato es de 2 corridas de 10 mediciones cada una por tres diferentes elementos a evaluar. En este caso se presentan los analistas, pero se puede cambiar para evaluar el instrumento o equipo. El porcentaje de reproducibilidad y repetibilidad es la información que se interpreta. En la relación R&R se interpreta de la siguiente forma:

- Si % R&R < 10 % entonces la medición es aceptada.

- Si  $10\% < \%R\&R < 30\%$ , la medición puede ser aceptada o no, dependiendo de si las mediciones deben ser estrictamente exactas o depende de la inversión, calidad del equipo, entre otros.
- Si  $30\% < \%R\&R$ , entonces se da como rechazada y se tiene que mejorar, capacitar al personal que realiza las mediciones, cambiar de equipo por uno más exacto, realizar verificaciones o cambiar de procedimiento de medición.

Ahora se presenta el formato de la evaluación por medio del método del rango y promedio:

Figura 43. Formato de intercomparación (promedio)

		<b>FORMATO INTERCOMPARACIÓN DE LABORATORIOS (PROMEDIO Y RANGO)</b>		Código Revisión Fecha Emisión
Fecha	domingo, 27 de agosto de 2017			Resolución
Pedido				
Corrida				
Cliente				
Internal Part				
Tipo de análisis				
Laboratorio		Nombre analista 1.	Diana Barrera	
Equipo / Instrumento		Nombre analista 2.	Aura Lozano	
		Descripción		

Operador	Equipos	
	Digital	Análogo
A	13	13
	12	12
	13	13
	13	13
	12	12
B	13	12
	13	12
	14	12
	13	12

Equipo	Operador	
	R(A)	R(B)
Digital	1	1
Análogo	1	1
Rango	1	1

Tolerancia	2
K1	2.21
K2	3.65

% Repetibilidad	1.105
% Reproducibilidad	0.794351
% R&R	1.360889

Medición promedio	12.9	12.4
Diferencia de promedios	0.5	

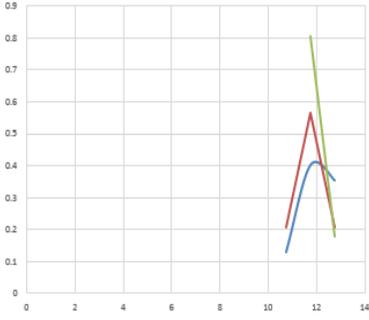
$\%R\&R$   
 $\%R\&R < 10\%$  **Aceptable**  
 $10\% \leq \%R\&R < 30\%$  **Puede ser aceptable según el uso**  
 $30\% \leq \%R\&R$  **No aceptable**

Fuente: elaboración propia.

Este método es mucho más sencillo y se debe ingresar 20 datos en total para analizar 2 operadores y dos equipos diferentes que midan lo mismo, como se muestra en la imagen. Al igual que en el anterior, se evalúan los porcentajes de repetitividad y reproducibilidad, así como la relación de ambas.

Por último, se realizó este formato mucho más sencillo para que lo usen los analistas, para conocer las variaciones en sus mediciones con respecto a otros compañeros e instrumentos de medición.

Figura 44. Formato de intercomparación de laboratorios (básico)

		<b>FORMATO INTERCOMPARACIÓN DE LABORATORIOS</b>		<b>Código:</b> FR-GC-GC-XXX <b>Revisión:</b> 00 <b>Fecha emisión:</b>	
<b>Información general</b>					
Fecha: domingo, 27 de agosto de 2017		Patrón: 12		Tolerancia: <input type="text"/>	
Pedido: <input type="text"/>		Resolución: <input type="text"/>			
Corrida: <input type="text"/>					
Cliente: <input type="text"/>					
Internal part: <input type="text"/>					
Tipo de Análisis: <input type="text"/>					
Laboratorio: <input type="text"/>		"A": <input type="text"/>		"A": <input type="text"/>	
Equipoinstrumento: Balanza		"B": <input type="text"/>		"B": <input type="text"/>	
		"C": <input type="text"/>		"C": <input type="text"/>	
		Descripción: <input type="text"/>			
<b>Verificación</b>					
# Medición	"A"   Columna 1	"B"   Columna 2	"C"   Columna 3	Prom. Partes	
1	13   0.356163	11   0.2075537	12   0.807171123	12.00000	
2	13   0.36	12   0.5641896	12   0.807171123	12.33333	
3	13   0.356163	12   0.5641896	12   0.807171123	12.33333	
4	12   0.4035856	13   0.2075537	12   0.807171123	12.33333	
5	11   0.131025	12   0.5641896	13   0.180104223	12.00000	
Promedio	12.4000	12.0000	12.2000		
Desv. Est.	0.8944272	0.707107	0.4472136		
Rango	2	2	1		
Varianza	0.8	0.5	0.2		
Promedio R	0.4000	0.0000	0.2000		
Promedio F	0.2000				

Fuente: elaboración propia.

Para este formato se trabaja con 5 mediciones de 3 factores a evaluar; entre las variables están la muestra, instrumento y analista. Solo una de estas debe variar para que el formato funcione correctamente. También cuenta con un área de

gráfica donde muestra el comportamiento de las mediciones con respecto a las demás.

### 2.3.7. Costos de la propuesta

Se cotizó con tres empresas diferentes la calibración respectiva de los equipos que se muestran en la siguiente tabla. Se analizó la relación calidad – precio de los proveedores y se desarrolló un resumen de la propuesta para llevar a cabo las calibraciones, que están programadas para que se realicen anualmente.

Tabla XXIII. Costos de calibraciones de equipos

Cantidad de equipos	Equipo	Precio c/u	Precio total
1	Baño de aceite con circulador	Q 1,265.00	Q 1,265.00
21	Micrómetro Digital / Análogo	Q 635.00	Q13,335.00
2	Cof	Q 1,860.00	Q 3,720.00
1	Luxómetro	Q 1,310.00	Q 1,310.00
2	Maquina universal de ensayos	Q 3,720.00	Q 7,440.00
1	Selladora automatica	Q 5,110.00	Q 5,110.00
8	Medidor de temperatura y humedad	Q 550.00	Q 4,400.00
1	Medidor de rasgado	Q 1,265.00	Q 1,265.00
1	Durómetro	Q 1,390.00	Q 1,390.00
1	Vernier	Q 810.00	Q 810.00
1	Termómetro infrarrojo	Q 1,400.00	Q 1,400.00
3	Termómetro	Q 1,310.00	Q 3,930.00
1	Set de masas patrón	Q 3,215.00	Q 3,215.00
1	Tacómetro	Q 490.00	Q 490.00
5	Espectofotómetro	Q 4,200.00	Q21,000.00
	<b>Subtotal</b>	<b>Q28,530.00</b>	<b>Q70,080.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Para la calibración de las balanzas y básculas el precio es el mismo, independientemente del equipo que se desee calibrar. En planta se cuenta con 35 equipos distribuidos en todas las áreas productivas, por lo cual es necesario invertir trimestralmente Q 13 125,00.

Tabla XXIV. **Costo de calibración de balanzas**

Equipo	Precio	Unidades
Balanza	Q375.00	35
	Total	Q 13, 125.00

Fuente: elaboración propia.

Para calibrar todos los equipos es necesaria una inversión inicial de Q 70 080,00. La calibración se debe realizar cada año. Debido a la naturaleza y el uso de las balanzas su calibración debe ser trimestral, teniendo un costo de Q 13 780,00.

### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN. DISEÑO DE UN PLAN DE REDUCCIÓN DE DESPERDICIO APLICANDO PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

#### **3.1. Diagnóstico de la situación**

En el área de impresión se genera variedad de defectos por la complejidad del proceso. De todos estos defectos algunos son más recurrentes que otros y estos son los que se tienen que controlar para que la reducción de desperdicio sea importante y disminuyan los costos para la empresa que producen estos errores.

Se generó una base de datos específicamente sobre la cantidad de devoluciones y rechazos. Se analizó toda la información reportada del año 2016, con base en esta se observó que las áreas de impresión, extrusión y corte son las responsables de la mayoría de los eventos correspondientes a devoluciones y rechazos. Los principales defectos son por manchas, delaminación y sellabilidad.

La cantidad de eventos representa el número de veces que fueron reportados dichos defectos, sin tomar en cuenta los kilogramos que están involucrados.

En la tabla XXV se representa la cantidad de eventos que corresponden a cada área responsable, es decir, el área que generó el defecto por el cual se está reportando.

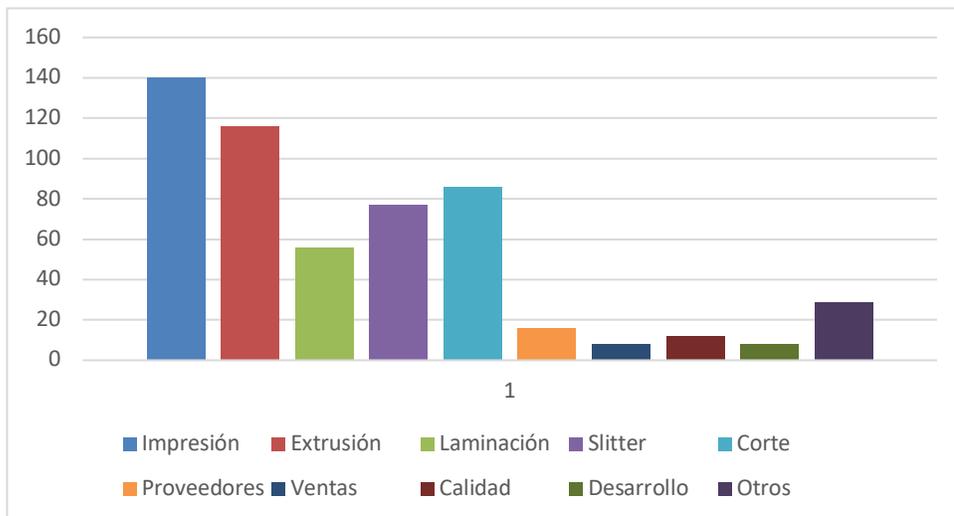
Tabla XXV. **Cantidad de eventos por área**

Área responsable	Número de eventos
Impresión	140
Extrusión	116
Laminación	56
Slitter	77
Corte	86
Proveedores	16
Ventas	8
Calidad	12
Desarrollo	8
Otros	29

Fuente: empresa Polytec.

Se presenta la comparación de eventos que generó cada área, con base en los datos de la tabla XXV.

Figura 45. **Cantidad de rechazos por área**



Fuente: empresa Polytec.

Las áreas críticas que serán tomadas en cuenta para trabajar en la disminución de eventos son impresión, extrusión y corte. Al evaluar los daños clasificados por tipo de defecto, independientemente del área responsable, obtenemos los datos que se presentan en la tabla XXVI.

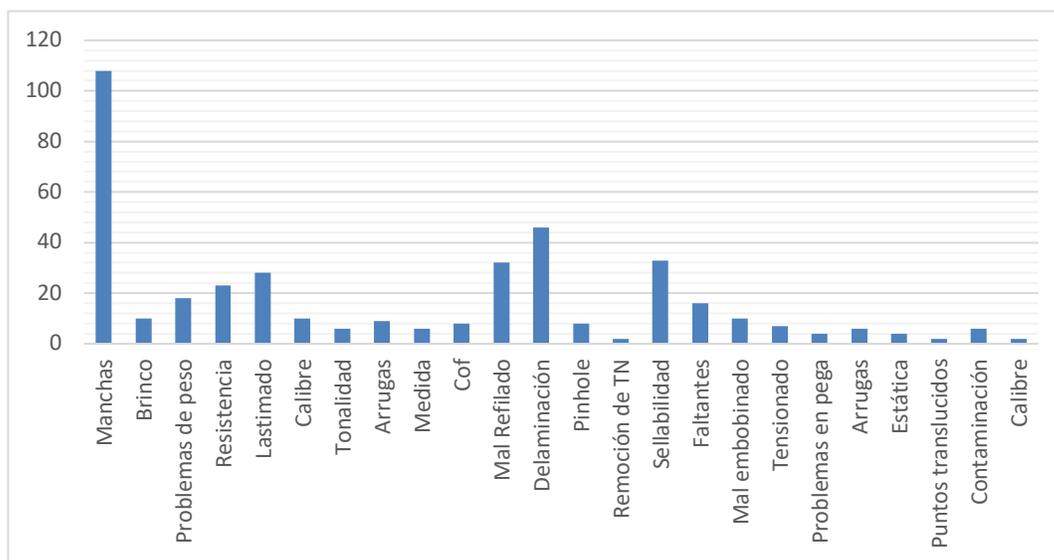
Tabla XXVI. **Cantidad de eventos por tipo de defecto**

Manchas	108
Brincos	10
Problemas de peso	18
Resistencia	23
Lastimado	28
Calibre	10
Tonalidad	6
Arrugas	9
Medidas	6
Cof	8
Mal refileado	32
Delaminación	46
Pinhole	8
Remoción de tinta	2
Sellabilidad	33
Faltantes	16
Mal embobinado	10
Tensionado	7
Problemas pegas	4
Arrugas	6
Estática	4
Puntos translucidos	2
Contaminación	6
Calibre	2

Fuente: empresa Polytec.

En la figura 46 se presenta la gráfica con base en la información de la tabla XXVI. Se observa qué tipo de defecto es el más repetitivo y el beneficio que se obtendría al controlar las variables que lo generan.

Figura 46. Cantidad de rechazos por tipo de defecto en el área



Fuente: empresa Polytec.

Tras analizar la información anterior se elabora el diagrama de Pareto para definir los puntos críticos, con el fin de realizar un plan de mejora que ayude a contrarrestar los efectos de los problemas que se presentan.

Tabla XXVII. Pareto por tipo de defectos

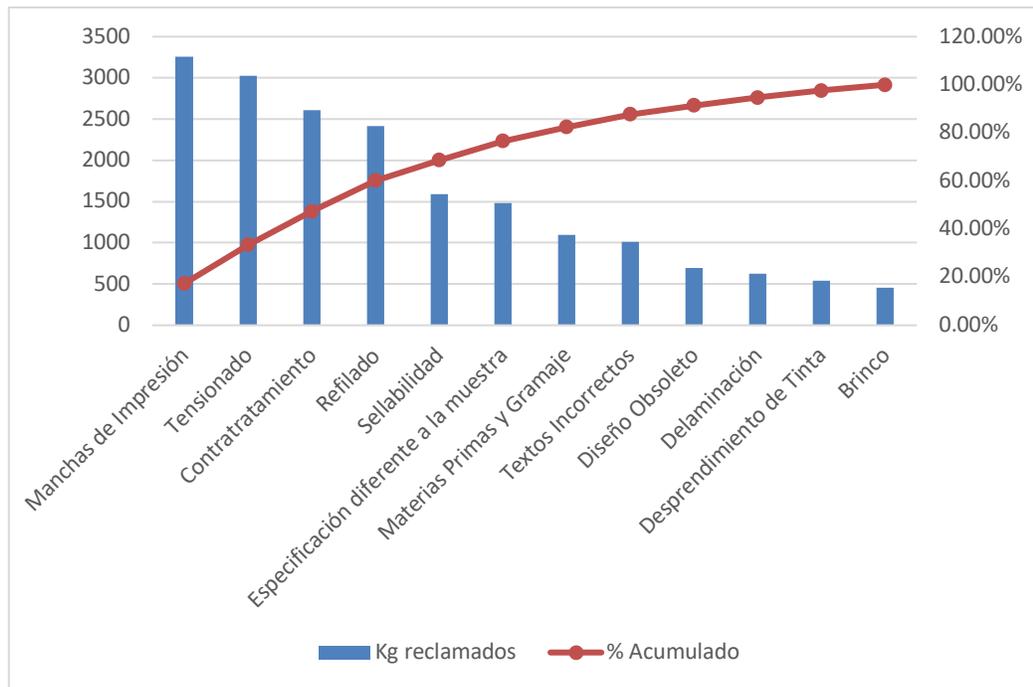
Defecto	Kg reclamados	% Acumulado
Manchas de impresión	3 254	17,32
Tensionado	3 022	33,41
Con tratamiento	2 605	47,27
Refilado	2 417	60,14
Sellabilidad	1 586	68,59
Especificación diferente	1 481	76,47
Materias primas y gramaje	1 094	82,29
Textos incorrectos	1 014	87,69
Diseño obsoleto	693	91,38
Delaminación	623	94,70

Continuación tabla XXVII.

Desprendimiento de tinta	539	97,57
Brinco	455	100
<b>Total general</b>	<b>18 783</b>	

Fuente: empresa Polytec.

Figura 47. **Gráfica de pareto por tipo de defectos**



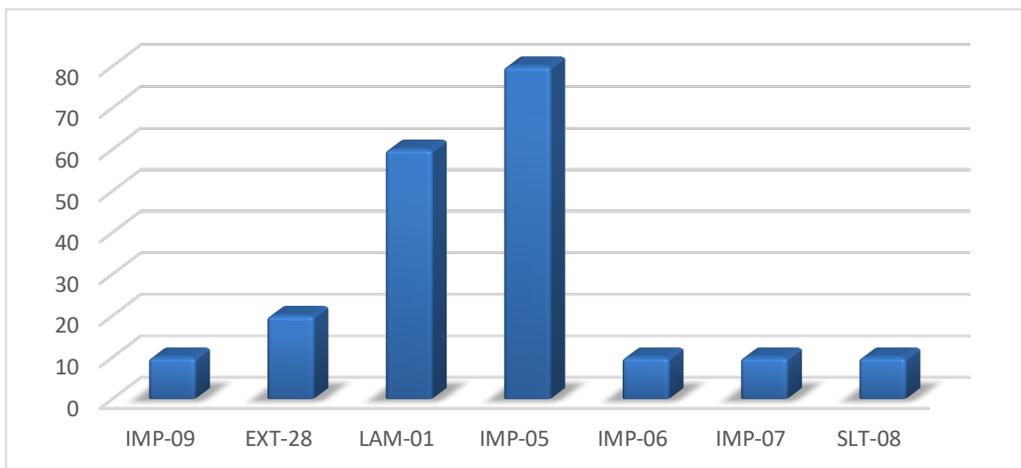
Fuente: empresa Polytec.

Este diagrama de Pareto representa el defecto y el total de kilogramos reportados en las devoluciones. En este caso, el 25 % de la cantidad total de tipos de defectos está conformado por las manchas de impresión, tensionado y contratratamiento de un total de 12 defectos. Se concluye que la cantidad de

kilogramos de los principales defectos son el 50 % del total de kilogramos reportados.

En general, de las devoluciones registradas, se identificó que en estas máquinas ocurrió algún error operacional, mecánico, de materia prima o algún otro que fue la causa del defecto.

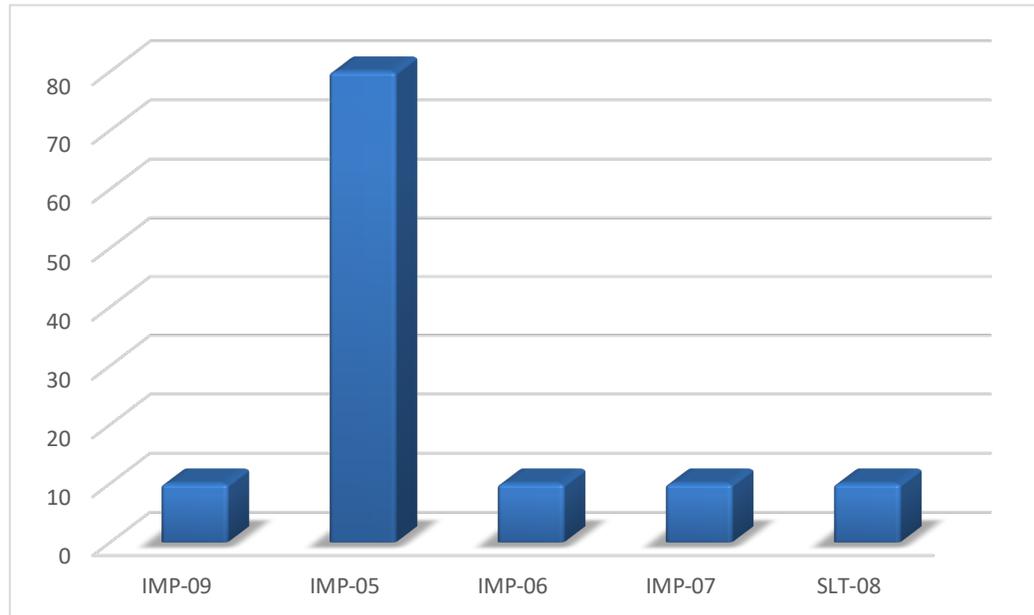
Figura 48. **Máquinas con más cantidad de errores**



Fuente: empresa Polytec.

De las máquinas que suelen tener más errores en su producción, la impresora 5 sobresale de las demás. Coincide con el defecto más representativo, que son las manchas de impresión. Se analizaron las rutas de proceso de los productos reportados como malos y se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 49. **Frecuencia de manchas de impresión**



Fuente: empresa Polytec.

Existe un problema con el correcto funcionamiento de la impresora 5: son demasiados los eventos por manchas de impresión en comparación con las demás impresoras. Se evaluará el proceso en general de la máquina para realizar un diagrama Ishikawa.

El diagrama Ishikawa se realizó con base en la máquina 5 y el defecto más importante en cuestión de cantidad de eventos para analizar las causas.



Tras analizar el diagrama de Ishikawa se concluye que los factores que afectan directamente el defecto de las manchas de impresión son la máquina, el método y la mano de obra. Esto debido a que el material y el entorno son muy similares a las condiciones en las que se encuentran las otras impresoras, no presentan estos datos tan altos como los defectos por manchas.

Los costos que representan la cantidad de material rechazado debido a las manchas de impresión dependen de algunas variables como el tipo de material, tintas, laminaciones y cantidad de colores. Para estimar el costo del total de kilogramos rechazados se realiza un promedio del costo por kilo y se multiplica por la cantidad de kilos reportados.

Costo por kilo promedio Q 48,00

Total de kilos reportados 3 254 kg

Costo total por manchas de impresión = Costo por kilo promedio x Total kg

Costo total por manchas de impresión = Q 48,00 x 3 254 kg

Costo total = Q 156 196,00

El costo total por desperdicio causado por manchas anualmente es de Q 156 196,00. El costo por reproceso que se deriva de este material defectuoso incluye la revisión del material en máquina, tiempo, personal que esté revisando bolsas (los datos hacen referencia a la cantidad de material rechazado en el año 2016):

- 50 horas por revisión de material en máquina = Q 500 000,00
- 1 persona encargada de revisar tiempo completo (8 760 horas) = Q 72 000,00

Costo total de reprocesos = Q 572 000,00

Costo total = Q 728 196,00

### **3.2. Plan de mejora**

Los problemas que ocasionan las manchas son muy variados, dependen de variables que pertenecen al propio proceso de impresión como de procesos anteriores, en este caso, extrusión.

En el plan de mejora se presentan las actividades para disminuir los problemas por manchas y delaminación.

Las actividades propuestas son las siguientes:

- Verificar cada 5 minutos el nivel de tinta en las ollas, debido a que se aumenta la viscosidad o se pueden vaciar y provocar brinco en la impresión. Para esto se debe utilizar una copa zan 2 para medir la viscosidad de las tintas, y debe estar entre 21 y 25 segundos para evitar defectos en la impresión.
  - Mantener controladas las viscosidades de las tintas y evitar parar la máquina durante mucho tiempo. Si es necesario pararla por un tiempo prolongado se debe lavar los sellos para evitar que se empasten porque la tinta se seca. Los sellos se lavan con una esponja especial para no dañarlos y los anilox se deben mantener girando para que no se tapen y no sea necesario lavarlos por este problema.
  - Evitar trabajar a velocidades menores a 150 m/min donde se pueda ver afectada la impresión y controlar específicamente los secados de las tintas. Los supervisores deben monitorear las velocidades de

las máquinas impresoras y exigir a los operadores que mantengan un mínimo para la eficiencia y manejo correcto de las tintas.

- Realizar una verificación rápida de la limpieza de los sellos y limpiar en caso sea necesario. En las muestras también es visible cuando salen manchas debido a la suciedad de los sellos. Hacer una escalerilla con muestras de cada bobina para comparar colores y calidad de impresión.
- En caso de encontrar una mancha que aparezca cada cierta repetición, pero sin un patrón frecuentemente alto, revisar el tambor para ver si tiene objetos extraños que se encuentran en el ambiente como pelusa u otros que se adhieran a este y causen problemas.
- Verificación visual de los termómetros del tambor cada 30 minutos y alertar al supervisor ante cualquier anomalía.
- Identificar las mangas que den problemas recurrentes, medir sus diámetros en distintos puntos y comparar para verificar si hay una variación notable que esté causando este problema.
- Realizar pruebas de secado de tinta aproximadamente cada hora para verificar que se mantenga en un rango aceptable no mayor a 20 segundos. Si tarda mucho en secar puede estar repintando, o si está acelerado el secado puede afectar la calidad de la impresión y la imagen se ve reseca.
- Revisar el estado físico del material para identificar defectos e intentar controlarlos mediante configuraciones de la máquina para que no afecte el proceso de impresión. Si el defecto es crítico y no se logra mejorar, notificar al área responsable del proceso anterior.
- Realizar prueba de tratado e identificar en qué nivel de dinaje se encuentra para aprobar el material y proceder a trabajarlo. En caso se encuentre fuera de los límites, informar al área responsable.

- Al desmontar los sellos de las mangas se debe lavar las mangas con solvente. También se debe lavar antes de montar un trabajo.
- Verificar el estado de los sellos y si están dañados, pedir reposición.
- Mantener las presiones de rasquetas preferiblemente a 2,5 bares para evitar sobrepresiones y asegurar que la transferencia de tinta al sustrato sea la adecuada, para evitar variaciones de tonalidad.

La calendarización de actividades se basa en la información descrita y su frecuencia es semanal. El objeto es transmitir la información a los operadores, así como mejorar la visión y las actividades que se realizan para contrarrestar el defecto de las manchas.

Al finalizar cada una de las actividades que se detallan en la tabla XXVIII aplicar el ciclo de Deming (mejora continua) y verificar qué defectos persisten y cuáles son posibles de mejorar. Al terminar el ciclo de las actividades se debe volver a comenzar y reforzarlo, aún con las personas que no lo estén poniendo totalmente en práctica.

**Tabla XXVIII. Programación de actividades**

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Actividades													
Tinta													
Anilox													
Velocidad													
Sellos													
Objetos													

Continuación tabla XXVIII.

Temp.													
Mangas													
Secado													
Vena													
Tra. Bajo													
Daño													
Despegue													
Rasqueta													

Fuente: elaboración propia.

Los recuadros marcados de negro representan las semanas en las que se trabajará con los operadores las actividades y los problemas por mejorar.

### 3.3. Costos de la propuesta

Llevar a cabo cada una de las actividades día a día crea una cultura en las personas, es decir, realizan sus actividades como parte del proceso normal.

Los costos de la puesta en marcha de este plan se despliegan de la siguiente forma:

Tabla XXIX. **Costo por año calendario**

Rubro del costo	Costo (Q)
Materiales	156 196,00
Reproceso	572 000,00
Total	728 196,00

Fuente: elaboración propia.

La meta es reducir en un 20 % los costos que generan la producción mal impresa. Aproximadamente, sería Q 145 639,20 el 20 % de los costos anuales en promedio generado por las manchas.

Tabla XXX. **Costos de propuesta**

Rubro	Costo (Q)
Capacitación	2 000,00
Material de apoyo	1 000,00
Sistema de cámaras	5 000,00
Total	8 000,00

Fuente: elaboración propia.

## **4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN**

### **4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación**

Un diagnóstico de necesidades de capacitación tiene como objetivo identificar destrezas, conocimientos y habilidades que deben poseer los trabajadores según los puestos y las actividades que realizan en su trabajo, con el fin de contribuir con los objetivos de la empresa. Se identifica la relación entre el desempeño deseado y el desempeño actual.

En el área de producción es donde existe mayor rotación de personal, ya sea por bajas o movimiento por cambios de puesto, así como los ingresos de nuevos trabajadores. Es indispensable instruir correctamente a este grupo de personas acerca de las actividades que tienen que realizar en su puesto de trabajo, así como los conocimientos básicos sobre políticas de la empresa, normas de seguridad industrial, inocuidad, manejo de metales, entre otros.

La empresa, como todas, tiene debilidades en algunos aspectos con sus colaboradores, ya sea por actitudes, conocimientos o habilidades. Se realizó una entrevista no estructurada para detectar problemas del personal en general respecto a las necesidades de capacitación. Las preguntas en común que se les formuló a los colaboradores son las siguientes:

- ¿A qué área pertenece?
- ¿Qué puesto desempeña?
- ¿Qué actividades son las que realiza principalmente?
- ¿En qué horario se le acomoda asistir a las capacitaciones?

- ¿Qué capacitaciones le gustaría recibir de acuerdo con el puesto que desempeña?
- Las capacitaciones que recibe por parte de la empresa, ¿le agregan valor a su trabajo?
- ¿Qué dificultades tiene al realizar su trabajo y cómo las soluciona?
- ¿Puede explicar fundamentos teóricos sobre el trabajo que realiza?
- En el proceso de aprendizaje del puesto, ¿cómo recibió las capacitaciones?
- ¿Cómo trabaja con sus compañeros?

Las preguntas fueron realizadas a 30 personas entre analistas de calidad y operadores de planta. El comportamiento de las respuestas presenta una similitud entre operadores y analistas. Acerca de los conocimientos que tienen sobre la realización de su trabajo, la mayoría (80 %) los obtuvo empíricamente. Algunos tienen dificultades de resolución de problemas cuando estos se presentan.

En los analistas se percibe una tendencia a preferir las capacitaciones técnicas, a diferencia de los operadores, que prefieren capacitaciones de relaciones personales.

En la tabla XII se encuentra la propuesta de capacitaciones que se presentó a los empleados, para que ellos evalúen por importancia cuál agregaría mayor valor a su trabajo. La calificación 1 es la mejor.

Tabla XXXI. **Propuesta de capacitaciones**

Listado de cursos	1	2	3	4	5
Comunicación					
Liderazgo e inteligencia emocional					
Manejo de estrés					
Lectura rápida					
Redacción					
Calidad					
Manuales de procedimientos					
Relaciones laborales					
Liderazgo					
Trabajo en equipo					
Orientación a resultados					
Manejo de programas de Office					
Mediciones utilizadas en el puesto de trabajo					
Conocimientos técnicos en el área de trabajo					
Teoría de la extrusión					
Teoría de la impresión					
Teoría de la laminación					

Fuente: elaboración propia.

Los resultados que se obtuvieron de esta propuesta demuestran las 5 capacitaciones que ellos prefieren por el valor a su trabajo que estas agregarían. Son las siguientes:

- Manejo de estrés
- Calidad
- Trabajo en equipo
- Liderazgo e inteligencia emocional
- Conocimientos técnicos en el área de trabajo

Estas cinco capacitaciones se propondrán para que sean impartidas a los analistas de calidad y a las personas interesadas.

Además, a los entrevistados se les aplicó una breve autoevaluación para conocer cómo se desenvuelven en el entorno laboral que comparten con sus compañeros y cuánto influye en el trabajo en conjunto. La autoevaluación se compone de los siguientes enunciados:

- Capacidad de ser cortés y diligente para prestar ayuda a personal externo a la empresa.
  - Bueno
  - Regular
  - Deficiente
  - No aplica
  
- Capacidad para realizar un trabajo a tiempo, en la cantidad requerida y sin errores.
  - Bueno
  - Regular
  - Deficiente
  - No aplica
  
- Domina el conocimiento necesario como herramientas, técnicas, metodologías e instrumentos a través de la experiencia y estudios.
  - Bueno
  - Regular
  - Deficiente
  - No aplica
  
- Capacidad para trabajar en equipo y compartir conocimientos para superar obstáculos que se presentan en el trabajo.
  - Bueno
  - Regular
  - Deficiente

- No aplica

El diagnóstico de las necesidades de capacitación para la empresa fue realizado con el objetivo de encontrar debilidades en conocimientos o habilidades en los colaboradores que la conforman, para así definir metodologías que se puedan adquirir por parte de la empresa y apoyar a los trabajadores para que puedan adquirir el conocimiento lo más eficientemente posible.

La empresa acaba de adquirir un software que se maneja por medio del navegador de internet donde se tendrá acceso al control de capacitaciones y del personal. También se podrá impartir las capacitaciones virtualmente y, al mismo tiempo, se contará con una evaluación que indique si la persona aprobó el curso. Actualmente, la plataforma se encuentra en el traslado de información, el cual consta de ingresar las capacitaciones al sistema, material didáctico, actualización de notas, ingreso de usuarios, entre otra información.

Se utilizó la plataforma para obtener información de las capacitaciones que existen y el estado de la actualización de la información del personal del departamento de calidad.

#### **4.2. Plan de capacitación**

Los colaboradores de una empresa representan el recurso más importante, por lo que hay que darle el valor debido. La motivación y el trabajo bien hecho representan grandes beneficios para la empresa y las capacitaciones influyen directamente en este aspecto. El objetivo es crear un buen ambiente de trabajo donde las personas sean altamente efectivas y colaboradoras con sus compañeros.

La comunicación debe ser altamente efectiva entre los diferentes niveles que existen dentro de la organización, porque siempre hay información relevante que involucra a las diferentes áreas de producción. Esto evitará tiempos perdidos por falta de información, así como daños en material que derivan de cambios que haya solicitado el cliente.

Como plan de capacitación se propone documentos de apoyo técnico que sean estandarizados por las personas responsables y que estas reciban el apoyo de proveedores, según sea el caso, y de los especialistas en su área.

En las siguientes tablas se encuentran los planes de capacitación para las cinco capacitaciones propuestas.

Tabla XXXII. **Plan de capacitación “Conocimientos técnicos en el área de trabajo”**

Tema	Conocimientos técnicos en el área de trabajo.
Contenido	Teoría de impresión, teoría de extrusión, teoría de laminación, instrumentos de medición, análisis técnico.
Objetivos	Comprender y analizar resultados de los diferentes procesos de producción.
Recursos	Humano, material didáctico, cañonera y sala de capacitaciones.
Participantes	Operadores, supervisores, analistas de calidad y auxiliares de producción.
Duración	2 horas cada sábado por 8 semanas.
Frecuencia	Cada dos años.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Plan de capacitación “Liderazgo e inteligencia emocional”**

Tema	Liderazgo e inteligencia emocional.
Contenido	Pensar antes de actuar, automotivación, persona altamente efectiva.
Objetivos	Aumentar la eficiencia en el trabajo y mejorar las relaciones interpersonales entre colaboradores de diferentes áreas.
Recursos	Humano, material didáctico.
Participantes	Operadores, supervisores, analistas de calidad y auxiliares de producción.
Duración	2 horas a la semana por 4 semanas.
Frecuencia	Cada año.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Plan de capacitación “Manejo de estrés”**

Tema	Manejo de estrés.
Contenido	Ejercicios de relajación, mentalidad positiva, efectos del estrés en nuestra salud.
Objetivos	Aprender a manejar y direccionar el estrés en nuestro horario de trabajo.
Recursos	Humano, material didáctico.
Participantes	Operadores, supervisores, analistas de calidad y auxiliares de producción.
Duración	2 horas.
Frecuencia	Cada año.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Plan de capacitación “Calidad”**

Tema	Importancia de la calidad en nuestro trabajo.
Contenido	Calidad en los procesos, ISO 9001, requisitos de los clientes.
Objetivos	Crear conciencia en los trabajadores para que realicen su trabajo con la mayor calidad posible.
Recursos	Humano, material didáctico.
Participantes	Operadores, supervisores, analistas de calidad y auxiliares de producción.
Duración	1 hora.
Frecuencia	Cada año.

Fuente: elaboración propia.

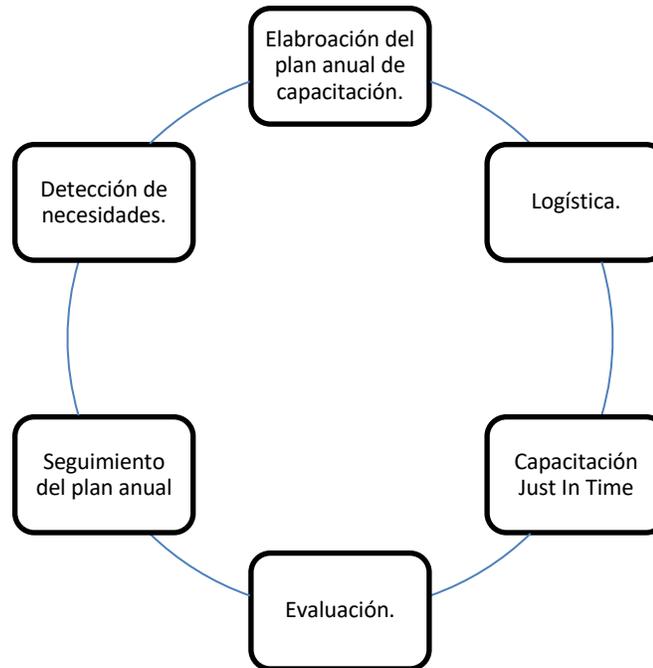
Tabla XXXVI. **Plan de capacitación “Trabajo en equipo”**

Tema	Trabajo en equipo.
Contenido	Relaciones interpersonales, ejercicios de grupo, enseñar y aprender nuevas cosas.
Objetivos	Mejorar el compañerismo y ser solidarios con los demás cuando necesiten de ayuda.
Recursos	Humano, material didáctico.
Participantes	Operadores, supervisores, analistas de calidad y auxiliares de producción.
Duración	3 horas.
Frecuencia	Cada año.

Fuente: elaboración propia.

Para aplicar mejor el plan de capacitación se debe seguir con el diagrama de flujo que se presenta en la figura 51:

Figura 51. **Proceso de capacitación**



Fuente: elaboración propia.

La logística es la preparación del cómo se llevará a cabo el proceso de capacitación de todo el personal involucrado. Luego, se debe garantizar la asistencia del personal cuando sea programado, y evaluar los conocimientos adquiridos. Al completar las capacitaciones se debe dar seguimiento y realizar nuevamente el estudio de detección de necesidades de entrenamiento.

Se debe respetar las frecuencias programadas de los cursos. A esto se le llama capacitación *Just In Time*. No se debe sobrepasar la fecha en la que el colaborador necesita que le sea impartida la capacitación.

En la tabla XXXVII se presenta el cronograma de las capacitaciones.

Tabla XXXVII. **Cronograma de capacitaciones propuestas**

Tema	Puesto	Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Conocimientos técnicos en el área de trabajo	Técnico de Flexografía	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Liderazgo e inteligencia emocional	Capacitador externo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Manejo de estrés	Capacitador externo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Calidad	Jefe aseguramiento de la calidad	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trabajo en equipo	Capacitador externo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Resultados

- Los analistas poseen mayor capacidad de análisis de los resultados de laboratorio y una mejor respuesta ante problemas técnicos con los instrumentos de medición. Algunos operadores y ayudantes que recibieron la capacitación sienten más confianza al desempeñar sus labores, ayudan a sus compañeros y entienden mejor los problemas que se presentan en producción.
- La actitud de operadores y auxiliares ha presentado una mejora considerable que se ve reflejada en la calidad de su trabajo, así como en sus relaciones personales con sus compañeros. El comportamiento de ciertas personas ha cambiado y buscan ser los líderes de sus compañeros. Toman la iniciativa al realizar ciertas actividades e impulsan a los demás a realizar bien su trabajo y a respetar las normas de la empresa.
- Se ha recibido comentarios positivos de la capacitación de manejo de estrés, principalmente por parte de operadores y ayudantes. Ellos comentan que han puesto en práctica los ejercicios propuestos en su trabajo. Abordan con más confianza eventos que generan estrés para ellos y no afecta su rendimiento.
- La mayoría de personal que asistió a esta capacitación tiene las definiciones de calidad y objetivos claros, analizan los problemas y los reportan a tiempo para que sean corregidos para que los defectos no se presenten frecuentemente.
- La comunicación entre áreas ha presentado una pequeña mejora al conocer y satisfacer las necesidades de los clientes internos, entre supervisores de diferentes áreas. La relación supervisor – operador ha mejorado, los problemas se corrigen más rápidamente.

#### 4.4. Costos del plan

Se estima que 20 personas asistan a capacitaciones cada día. Para realizar esta tarea se necesita la inversión que se presenta en la tabla XXXVIII.

Las capacitaciones serán impartidas en la sala de capacitaciones, que cuenta con las herramientas necesarias para que las personas encargadas se desenvuelvan correctamente y realicen las actividades programadas.

Tabla XXXVIII. **Costos de capacitación para personal de calidad**

Rubro	Costo	Tiempo en horas
Conocimientos técnicos en el área de trabajo		
Capacitador	Q 15 000,00	40
Práctica técnica	Q 800,00	8
Liderazgo e inteligencia emocional		
Capacitador	Q 4 000,00	16
Manejo de estrés		
Capacitador	Q 4 000,00	16
Calidad		
Capacitador	N/A	16
Trabajo en equipo		
Capacitador	Q 4 000,00	16
Otros		
Refacciones	Q 1 760,00	
Material	Q 400,00	
Energía eléctrica	Q 600,00	
Total	Q 30 560,00	

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Tanto los laboratorios de calidad como los analistas poseen deficiencias técnicas. Entre las más importantes que conciernen a los laboratorios podemos mencionar las instalaciones, condiciones ambientales, áreas de trabajo, y las que pertenecen a los analistas, son métodos de ensayo, calibración, validación de métodos, trazabilidad de las medidas, aseguramiento de los ensayos, calibraciones y, por último, el informe de mediciones.
2. El diseño de los laboratorios propuestos cuenta con la ubicación necesaria para el correcto desenvolvimiento del trabajo de los analistas. Los niveles de iluminación, ventilación y temperatura son los estandarizados según normas ASTM para asegurar que no existan variaciones que se deban a estas condiciones.
3. Se diseñó el programa de calibración, verificación y mantenimiento de los equipos e instrumentos de medición, que permite controlar la frecuencia de estas actividades y el registro de que se realizaron. Además, se implementaron procedimientos de intercomparación de laboratorios y métodos para calibrar los instrumentos.
4. Se diseñaron procedimientos de acuerdo con las mediciones que realizan en los diferentes laboratorios cumpliendo con las normas ASTM para la correcta estandarización y lineamiento de los analistas.

5. Se implementó el laboratorio de cromatografía y la realización de informes de solvente retenido para las muestras de laminación base solvente.
6. Se diseñó un plan para la reducción de desperdicio al aplicar la ideología de producción más limpia. El defecto crítico son las manchas de impresión que se producen mayoritariamente en la impresora No. 5. Con el plan a operadores y auxiliares se redujo el desperdicio por un valor de Q 23 429,00.
7. Se diseñó un plan de capacitaciones con un programa anual que consiste en dos principales temas, “Conocimientos técnicos en el área de trabajo” y “Liderazgo e inteligencia emocional”. Se necesita el seguimiento del personal de Recursos Humanos, así como de los coordinadores de área para que se complete el proceso de capacitación.

## RECOMENDACIONES

1. Crear un hábito saludable en los analistas de calidad para que utilicen los documentos como apoyo y resolución de dudas en el trabajo que realizan y cumplir con los estándares ya establecidos.
2. Capacitar al personal de calidad mediante expositores externos expertos en cada uno de los diferentes equipos e instrumentos de medición que se poseen en los laboratorios, para que puedan resolver sus inquietudes.
3. Que los analistas de calidad lleven a cabo el *check list* para controlar el estado de las instalaciones de los laboratorios y sus condiciones, para mantener en los límites permitidos variables como temperatura, ventilación e iluminación, que afectan en las mediciones que se realizan.
4. Dar seguimiento correspondiente al nuevo sistema de capacitaciones que se empieza a implementar, para facilitar el control de asistencia y cursos aprobados por parte de los colaboradores.
5. Los jefes de calidad deben planear al dar de baja al personal (si es que aplica) para que exista un entrenamiento previo dirigido a la nueva persona que desempeñará dicho puesto. Esto disminuirá los tiempos perdidos y los errores cometidos por el nuevo personal.
6. Los jefes deben retroalimentar a los analistas de calidad tomando como base la descripción de los puestos y los procedimientos que se ejecutan en su puesto de trabajo. Esto para que se tenga presente la metodología

en cómo se debe realizar ciertas actividades y que se efectúen correctamente.

7. Por parte del jefe de aseguramiento de calidad se debe controlar todos los instrumentos y equipos que se encuentran dentro de la empresa, para cumplir con el cuidado y los mantenimientos que se requieren en la fecha programada.

## BIBLIOGRAFÍA

1. PADRON, Analid. *Diseño y elaboración de un plan de capacitación*. [en línea]. <<http://es.scribd.com/doc/55506775/DISENO-Y-ELABORACION-DE-UN-PLAN-DE-CAPACITACION>>. [Consulta: 20 de mayo de 2018].
2. BARBANCHO, Manuel. *Aseguramiento de la calidad*. Boletín, Almuñecar 2009. 32 p.
3. CASTELLANOS, Paulo. *Estandarización de procesos de producción en una fábrica de bolsas, para la reducción de costos*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 150 p.
4. ROJAS, José. *Siete Pasos para implementar la Producción más Limpia en su Organización*. [en línea]. <<http://www.cegesti.org>>. [Consulta 28 de mayo de 2018].
5. CENTRO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL. *Manual de Producción Más Limpia*. San José, Costa Rica : Tormenta Cerebral, S.A. 2009. 48 p.
6. Departamento de agricultura. *Deposito de documentos de la FAO*. [en línea]. < <http://www.fao.org>>. [Consulta 02 de junio de 2018].
7. GUAJARDO, Garza. *Administración de la calidad total*. México: Editorial Pax, 2008. 196 p.

8. LIRA, Iván. *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. Santiago de Chile, Chile: ILPES, 2003. 99 p.
9. LÓPEZ, Bryan. *Herramientas para el ingeniero industrial*. [en línea] <<https://www.ingenieriaindustrialonline.com>> [Consulta 12 de junio de 2018].
10. RASO, Alfonso. *Sistemas de aseguramiento de la calidad y normas ISO 9000*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid: 2012. 103 p.
11. RODRÍGUEZ, Manuel. *Humanos: Su Misión Trascendente y ética*. Ciudad de México: Editorial Grijalbo, 2000. 174 p.
12. Secretaría de relaciones exteriores. *Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos*. [en línea]. <[https://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia\\_elab\\_manu\\_proc.pdf](https://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia_elab_manu_proc.pdf)>. [Consulta 10 de junio de 2018].
13. Universidad de Vigo. *Guía de seguridad e higiene en el laboratorio*. Vigo, 2010. 37 p.
14. OSHA. *Administración de seguridad y salud ocupacional*. [en línea]. [www.osha.gov](http://www.osha.gov). [Consulta 28 de mayo de 2018].

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Factores de peso utilizados en iluminación

	Factores		
Características	-1	0	+1
Edad	Menos de 40	40 - 55	Más de 55
Precisión del trabajo	No importa	Importa	Crítico
Reflectancia de fondo	Mayor de 70 %	30 % a 70 %	Menor de 30 %

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 2. Coeficientes de reflexión utilizados en iluminación

Color	Coeficiente de reflexión (%)	
Blanco	75 – 85	Claros
Marfil	70 – 75	
Colores suaves	60 – 70	
Amarillo	55 – 65	Semiclaros
Marrón claro	45 – 55	
Verde claro	40 – 50	
Gris	30 – 50	
Azul	25 – 35	Oscuros
Rojo	15 – 20	
Marrón oscuro	10 – 15	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Rango de niveles de iluminación óptimos**

Actividad	Em (lx)
Depósitos	100 a 200
Almacenes generales	200 a 300
Bancos	250 a 400
Peluquerías	400 a 600
Carpinterías	200 a 400
Centros comerciales	400 a 600
Consultorios médicos	300 a 500
Escaleras, circulaciones	100 a 200
Gimnasios	200 a 400
Iglesias	50 a 150
Enfermerías	100 a 200
Inspección de piezas fijas	500 a 1000
Inspección de piezas móviles	900 a 1500
Locales de venta	200 a 500
Talleres mecánicos y electricidad	200 a 400
Talleres de pintura	400 a 600
Pficias	500
Aulas	300 a 450
Tareas de diseño	700 a 1000
Aserraderos	200 a 300
Imprentas	400 a 600
Cocinas	200 a 300
Laboratorios	600 a 1000

Fuente: elaboración propia.

## ANEXOS

### Anexo 1. Esquema de prensa flexográfica



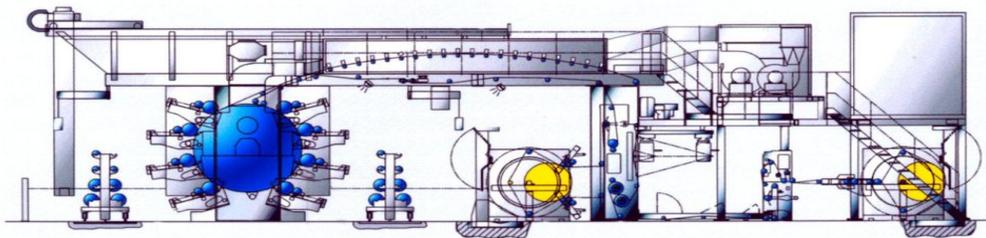
Liliana Castillo Agosto 2012

4

Fuente: CASTILLO, Liliana. *Componentes de la flexografía.*

<https://slideplayer.es/slide/12045656/> Consulta: 22 de junio de 2018

### Anexo 2. Sistema de tambor central



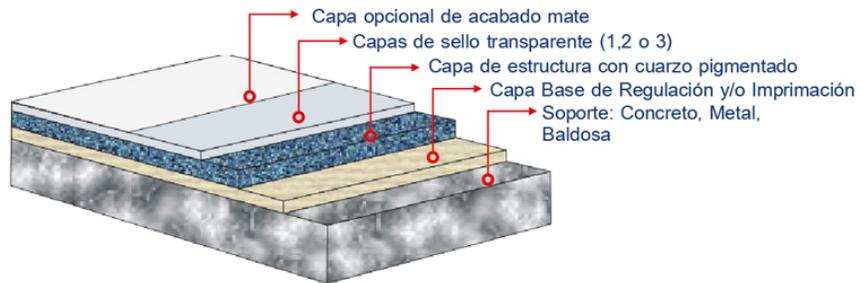
Liliana Castillo Agosto 2012

8

Fuente: CASTILLO, Liliana. *Componentes de la flexografía.*

<https://slideplayer.es/slide/12045656/> Consulta: 22 de junio de 2018.

### Anexo 3. Diagrama piso epóxico



Espesores desde: 2.0 mm

Fuente: Induworker. *Diagrama de piso epóxico*. <http://induworker.com/piso-epoxico-colorful/>.

Consulta: 24 de junio de 2018.