



Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela de Ingeniería Industrial

Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial
con énfasis en Mejora Continua

**Diseño de automatización del embalaje en las líneas de conversión de bolsa para basura
mediante la metodología *AGILE* que permita mejorar el nivel de rotación de personal y
optimice costos de operación en Polymer S.A.**

Autor:

Andrey Josué Mora Chavarría

Tutor:

Alberto Zúñiga Rivas

Heredia, 2023

Tribunal examinador



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Diseño de automatización del embalaje en las líneas de conversión de bolsa para basura mediante la metodología AGILE que permita mejorar el nivel de rotación de personal y optimice costos de operación en Polymer S.A., por el estudiante: Andrey Mora Chavarría, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis Mejora Continua.

ALBERTO JESUS
ZUÑIGA RIVAS
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ALBERTO JESUS ZUÑIGA RIVAS
(FIRMA)
Fecha: 2023.09.05 18:50:08
-06'00'

Alberto Zúñiga Rivas
Tutor

EDUARDO
ANTONIO MUÑOZ
CARDENAS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
EDUARDO ANTONIO
MUÑOZ CARDENAS (FIRMA)
Fecha: 2023.09.08 17:21:49
-06'00'

Eduardo Muñoz Cárdenas
Lector

DUSTING
OREAMUNO
ALVAREZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por
DUSTING OREAMUNO
ALVAREZ (FIRMA)
Fecha: 2023.09.04 16:16:08
-06'00'

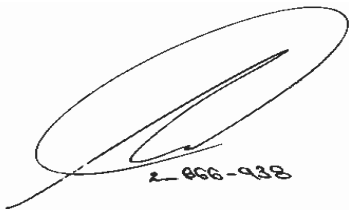
Dusting Oreamuno Alvarez
Representante

Declaración jurada

Yo, Andrey Josué Mora Chavarría, estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado *Diseño de automatización del embalaje en las líneas de conversión de bolsa para basura mediante la metodología AGILE que permita mejorar el nivel de rotación de personal y optimice costos de operación en Polymer S.A.*

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Palmares de Alajuela, el 01 de setiembre del año 2023.



Andrey Josué Mora Chavarría

Licencia de distribución no exclusiva

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Andrey Josue Mora Chavarria
De la Carrera / Programa:	Ingenieria Industrial
Modalidad de TFG:	Proyecto
Titulado:	Diseño de automatización del embalaje en las líneas de conversión de bolsa para basura mediante la metodología AGILE que permita mejorar el nivel de rotación de personal y optimice costos de operación en Polymer S.A.

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “AUTOR”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “OBRA”). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “UNIVERSIDAD”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la UNIVERSIDAD, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la OBRA, y el AUTOR, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la UNIVERSIDAD, por lo que el AUTOR haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El AUTOR concede a UNIVERSIDAD., el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD, puede, sin cambiar el contenido, traducir la OBRA a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD puede conservar más de una copia de este envío de la OBRA por fines de seguridad, respaldo y preservación. El AUTOR declara que el envío de la OBRA es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El AUTOR manifiesta que la OBRA y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la OBRA contiene material del que no posee los derechos de autor, el AUTOR declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a UNIVERSIDAD los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el AUTOR autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la UNIVERSIDAD utiliza la OBRA sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente autorización se extiende el día 01 de Setiembre de 2023 a las 11:11am**

Firma del estudiante(s):
Andrey Josue Mora Chavarría



2-606-938

Carta filólogo

Heredia 11 de setiembre, 2023.

Universidad Latina
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Industrial
Sede Heredia

A quien corresponda:

Yo, Cindy Tatiana Argüello Castro, cédula 2-617-233, como filóloga miembro del Colegio de Licenciados y Profesores (COLYPRO), carné 79131, hago constar que revisé el Trabajo Final de Graduación titulado *Diseño de automatización del embalaje en las líneas de conversión de bolsa para basura mediante la metodología AGILE que permita mejorar el nivel de rotación de personal y optimice costos de operación en Polymer S.A.*, realizado por el estudiante Andrey Josué Mora Chavarría, cédula número 2-0666-0938, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Mejora Continua.

He revisado detalladamente este documento; por lo tanto, certifico que utiliza adecuadamente los aspectos ortográficos, léxicos y semánticos. En virtud de ello, dicho proyecto desde el punto de vista filológico, es correcto.

Cordialmente se despide:



Cindy Tatiana Argüello Castro

Agradecimientos

Inicialmente agradezco a Dios por el don de la vida y por mantenerme con salud, agradezco a Él las fuerzas y sabiduría para lograr cumplir metas y sueños durante todos estos años de estudios.

Agradezco también a todos los profesores de la Universidad Latina de Costa Rica por transmitir su conocimiento a través de todos estos años de preparación, en especial al señor Máster Alberto Zúñiga Rivas, quien fue tutor de este trabajo final de graduación, por sus consejos y apoyo durante este tiempo.

Finalmente, agradezco a la empresa Polymer S.A por abrirme las puertas para elaborar mi trabajo final de graduación, empresa a la que estimo, ya que es formadora de muchas de las experiencias que acumulo en mi vida profesional.

Dedicatorias

Dedico este trabajo a mi esposa Rachel Méndez Ramírez y a mi madre María Rosa Chavarría Rodríguez, quienes son dos personas que siempre han creído en mí y han sido incondicionales durante esta y muchas otras etapas de mi vida.

A mi hermana Yensy Pamela Mora Chavarría y a mi sobrino Daniel Rojas Mora a los cuales quiero mucho.

Así como a todos mis familiares y amigos, por todo el apoyo brindado y sus buenos deseos.

Resumen

El presente trabajo final de graduación fue elaborado en Polymer S.A, ubicada en el coyol de Alajuela, Costa Rica, esta empresa se ha dedicado durante muchos años a la elaboración de productos plásticos para diferentes sectores de la industria.

Con la siguiente investigación se busca evaluar una propuesta de mejora en la que, por medio de la automatización *agile* desarrollada mediante el soporte de herramientas ingenieriles, logre optimizar los costos de producción e índices de rotación del personal operativo en el proceso de conversión de bolsa para basura.

El análisis inicia con el estudio de los índices de rotación, pues actualmente la empresa cuenta con un crecimiento exponencial en cuanto a la salida de empleados; ejemplo de lo anterior, durante el año 2022 en la línea de conversión para bolsa de basura se dieron 104 salidas de mano de obra directa calificada de la operación, lo que contabiliza el 15.88 % de salidas durante los últimos 9 años, lo que es una fuga importante de conocimiento que afecta proporcionalmente la productividad, reflejándose así en los indicadores de OEE, el cual con las operaciones manuales de empaque es del 76 %.

Asimismo, se realiza un análisis de costos de operación, con lo que se determina que el costo operativo de mano de obra para la conversión de bolsas para basura en cinco diferentes líneas es de \$692 056,49 anuales, una cifra importante que afecta los costos de producción.

De la misma manera, para lograr mapear el proceso manual con el que actualmente se cuenta en las líneas se aplicó la observación y levantamiento de diagramas de flujo, luego, mediante entrevistas a un equipo multidisciplinario que interactúa con el proceso y mediante el uso de las herramientas, como lluvia de ideas, multivoto, diagrama de Ishikawa y estudio de tiempos, se buscaron los equipos necesarios que se ajustaran a la operación, de manera que se sustituya la mano de obra por equipos que logren automatizar las operaciones de las cinco líneas.

Mediante la propuesta planteada se estima lograr un aumento del 85 % en el OEE, lo que se traduce en aumentos de la producción desde el 21 % hasta el 34 % en siete diferentes presentaciones de bolsa para basura.

Para el inicio del proyecto se requiere una inversión de \$762 436,52 y al confeccionar un análisis financiero, se logra determinar la viabilidad del proyecto obteniéndose un VAN de \$717 292,58, TIR equivalente a 44 % y un periodo de recuperación de 1 año con 331.9 días, indicadores que cumplen con las expectativas de la organización y que indica que la

implementación de este proyecto es factible y atractivo, pues cumple con los objetivos planteados por la organización ante la situación actual.

Tabla de contenidos

Capítulo I: Introducción	18
Antecedentes	18
Medición de eficiencia de maquinaria en una planta industrial	18
Diseño del proceso de alimentación de materias primas menores de la planta de producción cobesa	19
Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica Ltda.....	20
Justificación del problema.....	21
Planteamiento del problema.....	25
Objetivo general	26
Objetivos específicos.....	26
Alcances	26
Limitaciones	27
Capítulo II: Marco metodológico.....	28
Tipo de investigación	28
Alcance de la investigación.....	28
Estudio descriptivo	29
Estudio explicativo	29
Sujetos y fuentes de información	29
Fuentes de información	29
Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	31
Técnicas e instrumentos.....	31
Procedimiento para el análisis de datos.....	32
Población de interés.....	32
Tipo de muestreo	32
Tamaño de la muestra.....	33
Unidad de muestreo	33
Unidad informante.....	34
Definición, operacionalización e instrumentalización de las variables.....	34
Diagrama de Gantt	36
Capítulo III: Marco teórico	39

Filosofías y conceptos	39
Industria 4.0	39
Automatización.....	39
Metodología Lean Manufacturing	40
Proceso.....	40
Indicadores de desempeño OEE	40
Herramientas de Ingeniería	41
Entrevistas con el Personal	41
Observación.....	41
Lluvia de ideas.....	42
Multivoto o multivotación.....	42
Diagrama de Ishikawa	42
Estudio de tiempos.....	43
Manual de procedimientos.....	44
Layout.....	44
Diagramas de flujo.....	44
Valor actual neto (VAN)	45
Tasa interna de retorno (TIR)	46
Tecnologías de la información	47
Flex Sim.....	47
Capítulo IV: Marco situacional.....	48
Introducción a la empresa	48
Historia de la empresa.....	48
Ubicación geográfica.....	49
Organigrama.....	50
Productos y servicios.....	52
División agrícola.....	52
División consumo	53
División industrial	53
Estrategia empresarial	55
Misión.....	55
Visión.....	55

Valores.....	56
Objetivos estratégicos de Polymer S.A.	56
FODA	57
Mercado.....	59
Clientes.....	59
Proveedores	59
Competencia.....	60
Descripción de procesos.....	60
Macroproceso	60
Capítulo V: Análisis situación actual.....	63
Análisis de la situación actual	63
Diagramas de flujo actuales.....	63
Salidas de personal que afectan la productividad de las líneas	65
Motivos de salida del personal	67
Afectación del indicador de OEE	69
Resumen general de la situación actual	76
Capítulo VI: Diseño de propuesta.....	77
Objetivo de la propuesta.....	77
Descripción de la propuesta	77
Entrevistas al personal	77
Lluvia de ideas para la propuesta	88
Multivoto	89
Diagrama de Ishikawa	90
Estudio de tiempos.....	92
Propuesta de mejora	95
Productos manufacturados.....	95
Propuesta de diseño en Flexsim.....	96
Diseño de empaque primario.....	101
Diseño de empaque secundario	103
Estimaciones de producción	105
Propuesta de layout.....	109

Evaluación económica del proyecto.....	110
Inversión en maquinaria	110
Instalación y puesta en marcha con capacitación	110
Costo de materiales para puesta en marcha	111
Mantenimiento de equipo	111
Costo energético	111
Depreciación.....	112
Ingresos por salarios	112
Impuesto sobre la renta.....	113
Costo de capital, rentabilidad agregada, periodo de recuperación	113
Flujos de efectivo proyectados	113
Valor actual neto (VAN)	114
Tasa interna de retorno (TIR)	115
Periodo de recuperación (PR).....	115
Conclusiones y recomendaciones	117
Conclusiones	117
Recomendaciones.....	118
Referencias bibliográficas.....	119
Anexos	122
Anexo 1. Motivos generales de salida de empleados, periodo 2022.....	122
Anexo 2. Formato para encuesta Figura 51 Anexo 2 formato para encuesta.....	123
Anexo 3. Formato multivoto realizado	124
Anexo 4. Layout Ulma Sienna PE BI	125
Anexo 5. Layout MGT30000 Enfardadora	126
Glosario.....	127

Lista de figuras

Figura 1	Tendencia anual de salida de empleados	22
Figura 2	Gráfico 80/20 Motivos de salida de personal	23
Figura 3	Cuadro de variables	34
Figura 4	Diagrama de Gantt.....	36
Figura 5	Ejemplo de un diagrama de ishikawa.....	43
Figura 6	Nomenclatura de un Diagrama de Flujo.....	45
Figura 7	Fórmula del VAN	46
Figura 8	Fórmula TIR	47
Figura 9	Ubicación Polymer S.A	50
Figura 10	Organigrama general Polymer.....	50
Figura 11	Organigrama de Planta Polyfilm	51
Figura 12	Organigrama Proceso Conversión Bolsa para Basura.....	52
Figura 13	Productos Sector Agrícola.....	53
Figura 14	Productos Sector Consumo	53
Figura 15	Productos Sector Industrial.....	54
Figura 16	Bolsa de basura compostable.....	55
Figura 17	Análisis FODA Polymer S. A	57
Figura 18	Macroproceso conversión de bolsa para basura	62
Figura 19	Diagrama de proceso conversión bolsa para basura.....	64
Figura 20	Tendencia de salidas de personas versus kilogramos producidos, 2021	66
Figura 21	Tendencia de salidas de personas versus kilogramos producidos, 2022.....	66
Figura 22	Tendencia mensual 2022, salida de empleados	68
Figura 23	Principales motivos de salida de empleados, 2022	68
Figura 24	Resumen gráfico de aprovechamiento.....	71
Figura 25	Resumen gráfico de eficiencia.....	72
Figura 26	Resumen gráfico de calidad.....	73
Figura 27	Resumen gráfico de OEE	74
Figura 28	Cargas sociales	75
Figura 29	Representación porcentual pregunta 1.....	78

Figura 30 Representación porcentual pregunta 2.....	80
Figura 31 Representación porcentual pregunta 3.....	81
Figura 32 Representación porcentual pregunta 4.....	82
Figura 33 Representación porcentual pregunta 5.....	84
Figura 34 Representación porcentual pregunta 6.....	85
Figura 35 Respuestas a pregunta 7 por tipo de personal.....	86
Figura 36 Representación gráfica pregunta 7	87
Figura 37 Lluvia de ideas automatización agile	89
Figura 38 Pareto variables y casusas para automatización agile	90
Figura 39 Diagrama de Ishikawa en el diseño de automatización agile	91
Figura 40 Estudio de tiempos por presentación de bolsa de basura	93
Figura 41 Secuencia de pasos manuales del embalaje.....	94
Figura 42 Pérdida porcentual de producción bolsa para basura	94
Figura 43 Diseño actual del proceso.....	96
Figura 44 Diseño propuesto para automatización agile.....	98
Figura 45 Máquina flow pack	100
Figura 46 Máquina enfardadora.....	101
Figura 47 Diseño de empaque primario tipo flow pack.....	102
Figura 48 Diseño de empaque secundario	104
Figura 49 Estimación de tiempos y productividad modelo agile.....	106
Figura 50 Layout automatización agile.....	109
Anexo 2. Formato para encuesta Figura 51 Anexo 2 formato para encuesta	123
Figura 52 Anexo 3 formato multivoto realizado.....	124
Figura 53 Layout Ulma Sienna.....	125
Figura 54 Layout MGT30000.....	126

Lista de tablas

Tabla 1 Cargas patronales	25
Tabla 2 Kilogramos producidos versus salida de empleados, 2021	65
Tabla 3 Kilogramos producidos versus salida de empleados, 2022	65
Tabla 4 Salida de empleados general Polymer, 2022	67
Tabla 5 Tabla de Resultados OEE	70
Tabla 6 Costo operativo total de línea de embalaje bolsa para basura	76
Tabla 7 Opciones de respuesta pregunta 1	78
Tabla 8 Opciones de respuesta pregunta 2	79
Tabla 9 Resultados tabulados de la pregunta 4	82
Tabla 10 Resultados tabulados de la pregunta 5	83
Tabla 11 Resultados tabulados de la pregunta 6	85
Tabla 12 Respuesta pregunta 7 por tipo de personal	86
Tabla 13 Resultados tabulados de la pregunta 7	87
Tabla 14 Tabla de productos manufacturados	95
Tabla 15 Tabla de especificaciones de bandas	99
Tabla 16 Tiempos de ciclo de empaque primario manual versus automatizados	107
Tabla 17 Tiempos de ciclo de empaque secundario manual versus automatizados.	107
Tabla 18 Tiempos de ciclo totales operación manual versus automatizado	108
Tabla 19 Tabla de productividad manual versus automatizado	108
Tabla 20 Costos de equipos	110
Tabla 21 Costo de materiales	111
Tabla 22 Consumo energético de nuevos equipos	112
Tabla 23 Cálculo de depreciación	112
Tabla 24 Salarios de mano de obra directa	113
Tabla 25 Flujos de efectivo	114
Tabla 26 Flujo de resultados	115
Tabla 27 Anexo 1 motivos generales de salida de empleados, 2022	122

Capítulo I: Introducción

Antecedentes

Seguidamente serán expuestos antecedentes de problemas en otras empresas donde han sido evidenciados proyectos de mejora relacionados con la automatización de línea para la producción, los cuales servirán de guía durante la ejecución de este trabajo final de graduación.

Es de indicar que los antecedentes aquí expuestos serán alusivos a la aplicación de automatización y herramientas relacionadas con la mejora de procesos aplicada a diferentes áreas de producción industrial. Se mostrarán antecedentes y la manera en que las problemáticas planteadas fueron corregidas para la mejora continua.

Medición de eficiencia de maquinaria en una planta industrial

Este proyecto fue realizado por los estudiantes Marlon Guillermo Hernández y Mario Ernesto Zavaleta en el año 2008 en Soyapango, El Salvador, para el título de ingeniero en automatización. La empresa en la cual se desarrolló este proyecto es una de las empresas líderes en fabricación de productos de higiene a nivel mundial como lo es Kimberly Clark, la cual desempeña una comercialización masiva de diferentes tipos de productos y servicios a nivel mundial (Hernández Vásquez, 2008).

Debido a una falta de automatización y control del proceso, así como inexistencia de indicadores, los autores explican cómo es posible mediante la implementación de un PLC (Programmable Logic Controller– PLC) lograr captar información para generar el indicador de OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) lo que permitirá a la línea de producción de Kimberly Clark monitorear los subindicadores de disponibilidad, desempeño y calidad en tiempo real.

Este problema es comparado con la situación actual que sufre la línea de empaque de bolsa para basura en Polymer S.A, ya que no cuenta con un sistema automático de empaque que permita generar indicadores en tiempo real de la eficiencia del proceso.

Igualmente, en dicho proyecto indicado como antecedente se explica cómo, mediante la metodología de automatización, se pueden monitorear métricas y mudas en el proceso que puedan brindar respuestas para la generación de planes de acción para la mejora continua. Asimismo, se hace un desarrollo mediante un *software* que permite monitorear una etapa del proceso que permita detectar oportunidades de mejora.

El objetivo general de este proyecto antecedente es lograr automatizar una parte del proceso para captar información en tiempo real, que permita mantener el proceso monitoreado también en tiempo real, monitoreo que no depende específicamente de un operador de línea.

Dentro de las herramientas que se proponen para atender el análisis de la situación se encuentran diagramas de flujo, diagrama de bloques, gráficos de control y análisis de datos. Dichas herramientas son útiles para ejecutar el actual proyecto ya que colaboran con el análisis de la situación actual y darán un insumo importante para el diseño de la automatización que se propone implementar para la mejora.

Diseño del proceso de alimentación de materias primas menores de la planta de producción cobesa

Seguidamente, se encuentra como antecedente un proyecto creado por los estudiantes Diego Fernández Miranda, Manuel Jiménez Solano, Horacio Morera Salazar, creado en el año 2020 en la UCR (Universidad de Costa Rica), para el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial. En este se logra ver una problemática concentrada en el diseño actual del área de alimentación de materias primas menores; consta de actividades de gran esfuerzo físico, por lo que en las auditorías realizadas periódicamente siempre se arrojan resultados negativos (Fernández Miranda, Jiménez Solano, & Morera Salazar, 2020).

Ante este hallazgo se efectúa un diagnóstico, el cual permite determinar que en efecto el área de alimentación de materias primas menores no cumple con los principios básicos de ergonomía; sumado a esto, se constató que dicha área tiene 66 % de productividad, un 44 % de eficiencia de línea y oportunidades de mejoras importantes.

Con base en esto, se elabora el diseño de todos los procesos del área de estudio, en procura de determinar de manera cuantitativa el beneficio de automatizar los procesos de alimentación de materias primas menores mediante una matriz multicriterio. Tras analizar los resultados, se automatizan diferentes procesos logrando un aumento de la productividad y eficiencia, además de mejorar el tema de ergonomía, así como la capacidad de cumplir al 100 % con las proyecciones de producción.

También se consideran variables importantes para la implementación al ser un proyecto de inversión, el cual, a fin de justificar económicamente, se procede a llevar a cabo un flujo neto de efectivo a 7 años, para determinar el comportamiento del dinero en el tiempo y calcular los indicadores de rentabilidad, obteniendo un VAN de casi 23 millones y un TIR del 19 % con una

tasa de interés del 10 %. Asimismo, se recupera la inversión en un lapso de 44.5 meses (3.7 años) asegurando la rentabilidad del proyecto.

La definición y estructura de este trabajo se considera que es afín a lo que se desea implementar en la línea de bolsa para basura de Polymer S.A, en donde se debe analizar la productividad actual, eficiencia del proceso y rentabilidad del proyecto, mediante muchas de las herramientas utilizadas en este antecedente.

Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica Ltda.

Este proyecto final de graduación fue realizado por el estudiante William Ramírez Espinoza en el ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica), para su título de Ingeniero en Mecatrónica con grado académico de licenciatura, en el año 2016. Durante el desarrollo de este trabajo se visualiza la importancia de mejorar una etapa del proceso o línea de producción de empaque por moldeo, lo que tiene como fin monitorear la producción con la ayuda de estándares mundiales de productividad como lo es el OEE (Eficiencia General de los equipos); también para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque se analiza la propuesta de implementar un robot en la línea o mesa de empaque (Ramírez-Espinoza, 2016).

La mayor problemática expuesta se da en el proceso de empaque, el mismo es realizado por operarios y asistido por algunos aditamentos tales como auto *bagger*, banda transportadora, escáner, balanza y selladora de cajas, que ayudan a que el proceso sea más eficiente.

El auto *bagger* tiene la capacidad de empacar en las bolsas las partes moldeadas, escanear el código de barras, contar las piezas y, finalmente, sellar las bolsas; una vez realizada esta operación, las bolsas caen en una zona donde se acumulan para que un operador inicie la tarea la cual es escanear el código de la bolsa e ingresar las bolsas a una caja para, seguidamente, verificar el peso de la caja en una balanza.

No obstante, el problema radica en que el tiempo actual para completar una caja es de aproximadamente 69.4 segundos; es decir, se demora 47.9 segundos en realizar 5 bolsas por parte del auto *bagger* hasta que el operario las toma y unos 21.5 segundos para el resto del proceso, hasta finalizar con la caja sellada. Hay que aclarar que estos valores se encuentran multiplicados por un factor, esto por asuntos de confiabilidad.

Con la propuesta lo que se pretende es reubicar al operario para que ejecute otra labor del proceso productivo dentro del área de empackado e introducir un robot para que ocupe su

lugar en el empaqueo de esta estación. Al realizar esta modificación del proceso, ciertas tareas del proceso cambiarían, garantizando calidad en el empaqueo final, así como logrando una mayor eficiencia de la línea.

Dicha situación también es coincidente con lo que ocurre actualmente en Polymer S.A, pues se depende de ayudantes de proceso que deben hacer múltiples tareas dentro del proceso de empaque, lo que provoca que se no se cumpla con una eficiencia significativa para la compañía, así como incumplimientos en la calidad del producto. No hay un estudio o análisis para determinar si es factible la automatización *agile* para el proceso de empaque, por lo cual dicho trabajo podría ser de gran ayuda en la búsqueda de un rediseño de los procesos para solucionar problemas actuales y brindar mayor eficiencia en la línea.

Justificación del problema

Actualmente, en muchas de las empresas nacionales y trasnacionales se está generando una problemática que afecta a todas las compañías, esto es lo referente a los costos de operación, los cuales han sufrido aumentos considerables, que afectan la competitividad en el mercado y permanecía en el mismo.

La crisis de los contenedores es el vivo ejemplo de una situación en las empresas de producción industrial deben ajustar lo máximo posible sus líneas de manufactura, para lograr ser competitivos a causa de muchos factores que afectan sus operaciones, tales como los tiempos de llegada de materias primas, lo que ocasiona en muchos de los casos que no se pueda mantener un personal estable dentro de la planilla.

Igualmente, el proceso de conversión de bolsas para basura actualmente cuenta con problemas para llevar a cabo el embalaje final de estas; ya que, los niveles de rotación de personal, así como las cargas sociales que encarecen la mano de obra directa provocan que los márgenes de utilidad no sean los esperados para la compañía.

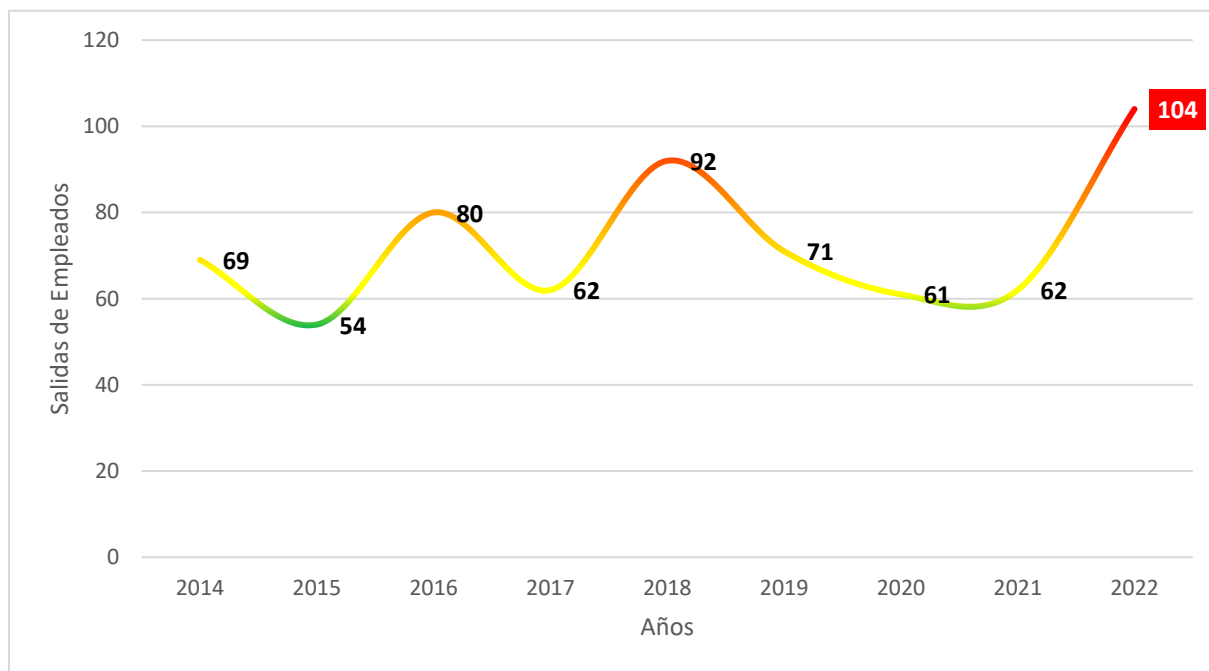
Durante el año 2022 en la línea de conversión para bolsa de basura en Polymer se dieron 104 salidas de mano de obra directa calificada de la operación, lo que contabiliza el 15.88 % de salidas durante los últimos 9 años, esta cifra es alarmante ya que la operación se vio afectada desde varios puntos, tales como:

- Control de Calidad de Producto.
- Tiempos de entrega al área de almacenamiento.
- Ventas perdidas.

- Líneas detenidas.
- Entre otros.

Figura 1

Tendencia anual de salida de empleados

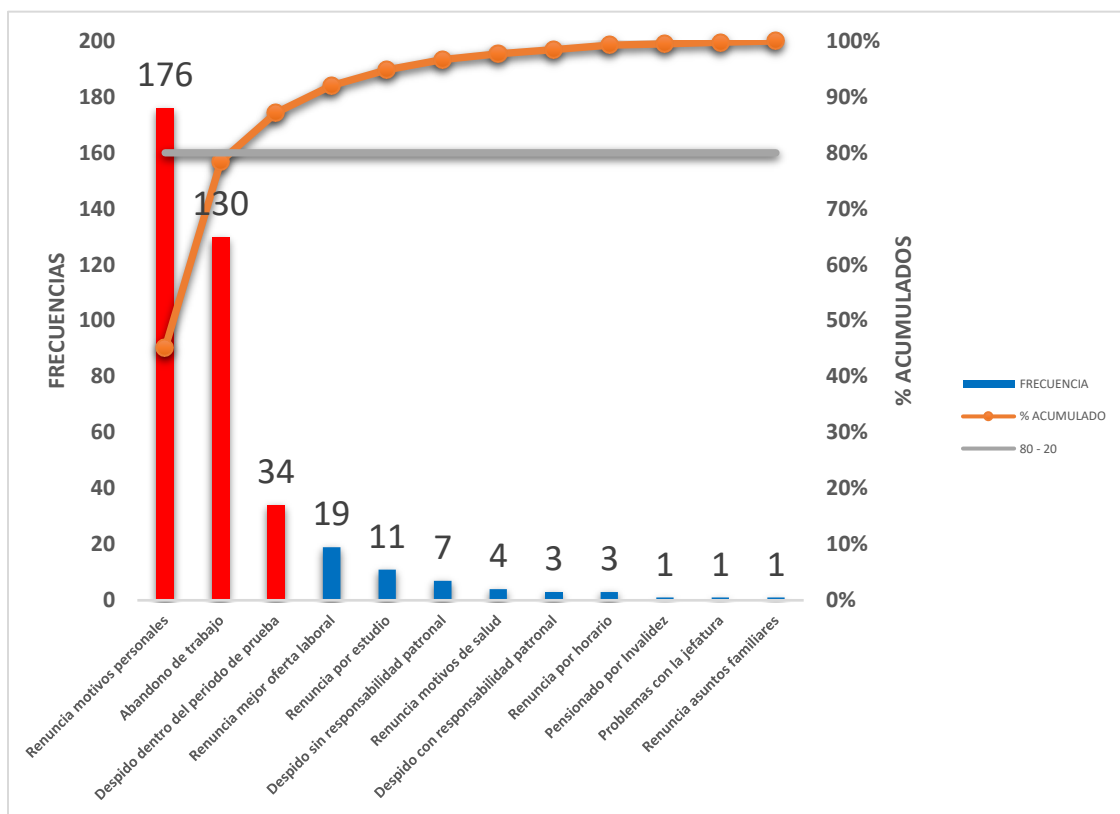


Nota. La gráfica muestra la tendencia anual de salida de empleados para el proceso de conversión bolsa para basura desde 2014 hasta 2022.

Con respecto a la gráfica anterior, conviene estudiar a fondo las causas que originan estas salidas de personal, para así poder entender más el problema que actualmente sufre la compañía, para ello se elaboró un análisis de la situación mediante un gráfico 80/20 que muestra las principales causas de estas salidas.

Figura 2

Gráfico 80/20 Motivos de salida de personal



Nota. La gráfica muestra los motivos de salidas de empleados general de la compañía para el periodo 2022.

Como se logra apreciar el 80 % de salidas de personal se dan por los motivos de:

- Renuncia por motivos personales: en este punto es difícil entender los motivos reales que hacen que el personal tome la decisión de renunciar; esta causa de renuncia, por motivos personales, no permite a la compañía actuar ante ello con un plan concreto.
- Abandono de trabajo: como segunda causa asignable se encuentran los abandonos de trabajo, los cuales en muchos de los casos son originados porque los trabajadores se encuentran aún disponibles en el mercado laboral, lo que ocasiona que tomen la decisión de abandonar la empresa ante una oportunidad de trabajo más favorable que les permite obtener mejores beneficios que los que son ofrecidos por la compañía.

- Despido dentro del periodo de prueba: como tercera causa, se encuentran los despidos dentro del periodo de prueba, despidos que son justificados en muchos de los casos; ya que, el personal no logra cerrar una brecha o en su defecto presenta comportamientos que no son correctos, lo cual imposibilita mantenerlos en la empresa.

Es evidente que la empresa sufre un golpe bastante significativo en su mano de obra directa para sus procesos y esta salida de personal en muchas de las ocasiones no permite tomar acciones para lograr mantener este personal en las operaciones, lo que obliga a la compañía a tomar medidas inmediatas ante la situación vivida, como lo es la automatización *agile* de muchos de sus procesos.

La situación presentada impacta al negocio directamente; ya que, no permite contar con personal capacitado y capaz de llevar las operaciones a un punto de control satisfactorio, provocando que se den fallos de calidad y pérdidas de productividad, que al final afectan a los productos directamente.

La cantidad de salidas de empleados es sumamente alta, esto a pesar de que la compañía ha impulsado diferentes estrategias para lograr mantener a los colaboradores, lo que obliga a continuar investigando este fenómeno y, a su vez, tomar decisiones que permitan que sus procesos continúen produciendo y siendo rentables, razón por la cual nace esta investigación, la cual tiene como objetivo entregar a la compañía una opción viable para automatizar la línea de conversión de bolsas para basura, producto que es sumamente importante para la empresa.

Sumado a lo anterior, en nuestro país las cargas sociales cada vez se vuelven más altas llevando a muchas compañías a no lograr competir en el mercado y no ser eficiente y eficaz en la manufactura de productos que puedan permanecer sólidos y con una utilidad atractiva para los inversionistas, actualmente las cargas patronales equivalen a 49.33 %, lo que es un porcentaje realmente considerable.

Tabla 1*Cargas patronales*

Cargas Patronales	%
Cargas Patronales CCSS	26.67 %
INS RT Polymer	3.13 %
Cesantía	8.00 %
Aguinaldo	8.33 %
Vacaciones	3.80 %
Total	49.93 %

Nota. Esta tabla muestra el desglose de las cargas sociales asignadas a un salario de ayudante de Proceso. Fuente: Departamento de TH Polymer.

Lo anterior evidencia una problemática que debe ser atendida a corto y mediano plazo, que logre ser rentable para Polymer y que cumpla con las expectativas de la organización, para lograr así mantener un producto en el mercado atractivo y accesible al consumidor final, reduciendo las cargas sociales, así como los niveles altos de rotación de personal que afectan la compañía.

Planteamiento del problema

El proceso de conversión de bolsas para empaque de basura comienza con el recibo de rollos extruidos de polietileno de alta y baja densidad, los cuales son trasladados hasta la máquina para comenzar con su transformación. Una vez colocado en rollo en la máquina, un operador es el encargado de hacer el montaje mecánico e iniciar la producción.

Las bolsas formadas son acumuladas en un doblador de la máquina, en donde aparte del doblado por parte de esta, mediante sensores cuenta la cantidad de bolsas que llevará un paquete, las mismas son agrupadas para luego ser recibidas por dos ayudantes de proceso, los cuales tiene la tarea de colocar las bolsas dentro del empaque primario, sellarlo y colocarlo en una mesa; posteriormente, otro ayudante toma los empaques primarios y las coloca en un empaque secundario para formar un bulto o fardo con “n” cantidad de paquetes de acuerdo a los requerimientos de la orden de producción, otro ayudante adicional toma los bultos o fardos y los coloca en una tarima apilando varios de estos; posteriormente, se desplaza hasta una balanza en la que pesa e identifica la tarima, confeccionando así el embalaje final del producto para ser entregado a la bodega.

Así entonces, actualmente la problemática radica en que se está perdiendo participación en el mercado, debido a los precios poco competitivos que se deben a altos índices de rotación de personal y costos de operación. Por lo anterior, el objetivo del presente proyecto es identificar oportunidades de automatización; es decir, eliminar mano de obra directa, unificando tareas, analizando las secuencias que logren ser las más adecuadas para que el flujo de todo el proceso desde el montaje del rollo de polietileno hasta el embalaje final del producto que va a ser entregado a bodega, permitan reducir costos de mano de obra directa, mejorando indicadores de eficiencia y aprovechamiento mediante la automatización *agile* del embalaje.

Dado lo anterior se plantea la siguiente pregunta:

¿Es posible mediante el diseño automatizado *agile* de la línea de conversión para bolsa de basura, mejorar el índice de rotación de personal y costos de operación?

Objetivo general

Diseñar un modelo de producción *agile* para la mejora del empaque de bolsas para basura, que permita reducir los índices de rotación de personal y optimizar costos de producción, mediante la automatización en el área de conversión Polymer S.A, durante el segundo semestre del 2023.

Objetivos específicos

A continuación, se desarrollan los objetivos específicos para el presente proyecto.

- 1) Describir el proceso actual de conversión para bolsa de basura.
- 2) Identificar las necesidades de mejora en el flujo actual de recepción y embalaje de las bolsas.
- 3) Definir una propuesta estructurada que permita alcanzar el mejoramiento del proceso de conversión de basura mediante la automatización *agile*.
- 4) Estudiar los indicadores y controles que monitorean el rendimiento del proceso actualmente y cómo se ve afectado por el embalaje manual.
- 5) Evaluar el impacto financiero de la mejora planteada.

Alcances

El proyecto se va a desarrollar en el área de conversión de bolsa para basura, la cual cuenta con 5 máquinas de trabajo destinadas a la manufactura de estos productos, esta es una división sumamente importante para Polymer ya que los volúmenes de ventas son realmente significativos.

La investigación se llevará a cabo en las áreas de empaque, las cuales inician cuando la máquina dispensa la cantidad de bolsas que deberán ir en un paquete, así mediante la investigación se logra plantear un modelo ágil de automatización que cubra las tareas que son ejecutadas actualmente por personal operativo, permitiendo así reducir índices de rotación de personal y optimizar costos de producción.

Limitaciones

Como principal limitación se encuentran políticas de confidencialidad, directamente relacionadas con costos del producto manufacturado para la venta final en supermercados, que podrían afectar cálculos para retornos de inversión y otros.

Podría además tenerse una limitación de datos, ya que podrían ser protegidos por confidencialidad de terceros.

Por otra parte, se podrían tener limitaciones en infraestructura, ya que se debe considerar que son inversiones de alto recurso monetario. Podría, además, sufrirse de acceso limitado a la información, ya que se encuentra en bases de datos de Excel y esto podría dificultar el análisis de dicha información.

Adicional, se podría experimentar una restrictiva económica por parte de la empresa, que podría llegar a limitar la compra o adquisición de equipos que se requieran para poder cumplir las propuestas de la investigación.

Capítulo II: Marco metodológico

Tipo de investigación

Existen distintos tipos de investigación: Cualitativa, Cuantitativa y mixta. Según Baptista y demás autores (2014), la investigación cualitativa se define como aquella que “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p. 7). Asimismo, dichos autores definen la investigación cuantitativa como aquella que “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4). Adicional a esto, el enfoque mixto se puede definir como una combinación de ambos enfoques, el cuantitativo y el cualitativo.

Ahora bien, es necesario mencionar que, para efectos del presente trabajo de investigación, se utilizará el enfoque cuantitativo, esto sustentado en que será necesario recolectar datos y analizarlos mediante la estadística con el propósito de mapear la situación actual del proceso de conversión de bolsas para basura y establecer una propuesta de mejora a la problemática planteada, lo anterior sustentado en medidas, en cantidades y en tiempos que requerirían de un análisis numérico.

Sumado a lo anterior, este trabajo de investigación requerirá recolectar datos y analizar los mismos desde una perspectiva numérica, tiempos, distancias, atrasos de la producción, indicadores de productividad (OEE) y niveles de rotación de personal, que afectan el proceso de conversión bolsa para basura en la empresa Polymer S.A actualmente, lo que terminará en un análisis estadístico para el planteamiento de una propuesta de mejora.

Alcance de la investigación

El presente trabajo de investigación tendrá un alcance descriptivo, debido a que se describirá un evento y cómo se manifiesta este, se analizarán características de un proceso actual mediante un estudio numérico y cómo este comportamiento impacta a la empresa, perjudicando indicadores de producción.

Además, será explicativo; ya que, debe de darse una argumentación del porqué se generan los problemas actuales y como mediante la automatización, uso de herramientas y diversos análisis se logrará definir una propuesta de mejora real a la problemática actual.

Estudio descriptivo

Baptista y compañía, (2014), definen el alcance descriptivo como el que “Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (p.92). Este alcance define correctamente este proyecto; pues, se desea estudiar a fondo el comportamiento del proceso, sus etapas y la viabilidad de una posible automatización del área del embalaje, además de estudiar el comportamiento del problema que afronta actualmente la compañía con los índices elevados de rotación de personal y los altos costos de cargas sociales que no permiten tener una competitividad en el mercado.

Estudio explicativo

Los autores hace pocas líneas mencionados indican con respecto al estudio explicativo que “su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (p. 95).

Con base en la definición expuesta anteriormente, este alcance estará presente en la investigación; ya que, se desea conocer a fondo mediante una investigación cuantitativa todos aquellos fenómenos o condiciones que se manifiestan en el proceso actual de embalaje de las diferentes líneas de conversión para bolsas de basura, que imposibilitan a la compañía lograr los objetivos planteados, lo cual es el motivo por el que nace la investigación presente.

Sujetos y fuentes de información

Durante la ejecución de este trabajo los sujetos de información; es decir, personas de la empresa, objetos de estudio, serán trabajadores que son capaces de brindar toda aquella información detallada y necesaria para la ejecución del trabajo, específicamente será el personal operativo, supervisores y gerencias que ejecutan o dirigen el proceso de conversión de bolsas para basura.

Fuentes de información

De acuerdo con Maranto González (2015)

Una fuente de información es todo aquello que nos proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento. Las fuentes de información son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso de a la información. Encontraremos diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda que hagamos. (p. 2)

Así entonces, se observa en la cita anterior tres tipos de fuentes de información para llevar a cabo una investigación, las cuales son: Fuentes Primarias, Fuentes Secundarias y Fuentes Terciaria, las mismas serán descritas a continuación:

Fuentes primarias. Maranto y González (2015), afirman que:

Este tipo de fuentes contienen información original es decir son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. Las principales fuentes de información primaria son los libros, monografías, publicaciones periódicas, documentos oficiales o informe técnicos de instituciones públicas o privadas, tesis, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, artículos periodísticos, videos documentales, foros. (p. 3)

Para la presente investigación se puede describir como fuentes de información primaria la información directa por parte de supervisores, operarios, ayudantes de proceso, en donde además se incluirán reportes actuales en cuanto a eficiencias de línea, productividad y calidad; así como, datos históricos de rotación de personal y tendencias mensuales de producción entregada a bodega, datos que serán insumo para poder analizar la situación actual de las líneas de producción.

Fuentes secundarias. De acuerdo con lo descrito por Maranto y González (2015) “Este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria” (p. 3).

Parte de las fuentes secundarias en esta investigación son tesis, libros, revistas y guías académicas, por medio de los cuales se logrará encontrar diferentes puntos de vista y criterios que aporte información sobre implementación exitosa de automatización en un proceso de producción, lo que permitirá sustentar esta investigación y entregar una propuesta de mejora funcional.

Fuentes terciarias. Del mismo modo Maranto y González (2015) mencionan que las fuentes terciarias de información son:

Las que recopilan fuentes de información primarias o secundarias, indicando que estas fuentes son utilizadas para buscar datos o para obtener una idea general sobre algún tema, algunas son; bibliografías, almacenes, directorios, donde se encuentran la

referencia de otros documentos, que contienen nombres, títulos de revistas y otras publicaciones. (p. 3)

Como fuentes de información terciarias para esta investigación se cuenta con personal que ha colaborado de forma directa o indirecta con el proceso de conversión de bolsa para basura, lo anterior en vista de que la problemática actual que sufre el proceso cuenta ya con varios años, por lo cual el aporte que pueda brindar este tipo de personal fuera de la línea, pero que cuenta con un panorama claro de la situación, podrá arrojar detalles que orienten a una solución que permita atacar la problemática y plantear la solución.

Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Arias (2006), se refiere a los instrumentos de recolección de datos es “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (pág. 68).

Técnicas e instrumentos

Baptista y compañía (2014), definen las fuentes de información como "los medios por los cuales se obtiene información para una investigación" (p. 65); en la presente investigación se aplicará varios instrumentos enfocados a obtener información necesaria para el cumplimiento de los objetivos de la investigación que satisfagan la necesidad actual de plantear una propuesta de mejora.

Primeramente, se utilizará la observación como procedimiento para obtener datos de la realidad y cómo esta se manifiesta en el proceso, mediante las metodologías de trabajo actual en la línea de producción, caminatas *gemba*, diagramas de flujo actual del proceso, flujo gramas de actividades, tiempos y movimientos; todo lo anterior, con el propósito de estudiar las tareas que actualmente lleva a cabo el personal operativo y cómo estas interactúan con cada una de las etapas siguientes de producción hasta obtener el embalaje final del producto.

Posteriormente, se desarrollará entrevistas con el personal directamente relacionado con la línea de producción, las que serán luego analizadas mediante herramientas estadísticas, como estadística descriptiva y gráficas que ayuden a entender la información; dichas entrevistas iniciarán desde la parte de supervisión, seguidamente con los operadores de máquina, terminando con los ayudantes de proceso que ejecutan las tareas actuales de embalaje de producto; todo lo anterior, con el fin explícito de entender mejor la problemática actual y el alcance de esta, y ayudar a ofrecer una mejora real y eficiente para la línea.

Finalmente, se procederá a analizar los datos estadísticos que complementen mediante herramientas como 5 porqué, diagramas de *Ishikawa*, estadísticas descriptivas, *software* de simulación (Flexsim), que sirvan como guía para analizar la situación actual, todo esto con el objetivo de cuantificar la posible mejora que pueda ser planteada, con el fin de que la automatización de la línea logre los resultados y objetivos que erradiquen la problemática actual presentada.

Procedimiento para el análisis de datos

Para la siguiente investigación, se utilizará distintas herramientas para la recolección y análisis de datos, se pueden nombrar las siguientes: Diagramas de flujo de proceso, Flujograma de actividades, levantamientos de *layout*, *Flex Sim*, lluvia de ideas, Diagramas de *Ishikawa*, estadística descriptiva, gráficas de control.

Población de interés

Es importante conocer cuál es la población de interés hacia la cual se enfocará el siguiente trabajo de investigación, por lo cual es importante definir el significado de población de interés.

El presente trabajo de investigación tiene la siguiente población de interés, la cual comprende distintas áreas del proceso de producción de bolsa para basura, se pueden citar los siguientes: los operarios de producción, el supervisor del área, ayudantes de proceso, así como departamentos de calidad, Ingeniería y programación de la producción (los cuales interactúan directamente en el proceso), entre otros departamentos de apoyo del proceso de conversión de bolsa para basura.

Tipo de muestreo

Conviene explicar que existen distintos tipos de muestreo por lo cual es importante nombrarlos y explicarlos brevemente, esto con base en las definiciones de Casal y Mateu (2003).

Muestreo aleatorio. El muestreo aleatorio estos autores lo definen como "una técnica de selección de elementos dentro de una población donde cada elemento tiene la misma probabilidad de ser seleccionado" (p. 29). En el siguiente trabajo de investigación se utilizará este tipo de muestreo; ya que, todas las mediciones de tiempos, movimientos, actividades, las que serán recolectadas, serán tomadas a personal operativo al azar; lo que se determinará el comportamiento actual del proceso de embalaje de la línea de conversión de bolsa para basura.

Muestreo a juicio. El muestreo por juicio es "una técnica de selección de elementos en la que el investigador elige los elementos de la población mediante la aplicación de criterios propios" (p. 30).

Muestreo a conveniencia. Este se refiere a "una técnica de selección de elementos en la que el investigador selecciona los elementos en función de su conveniencia personal" (p. 30).

Tamaño de la muestra

Méndez (2020) define el tamaño de la muestra como "el número de elementos seleccionados de una población para un estudio o investigación" (párr. 1).

En relación con la presente investigación, este se calculará conociendo el tamaño de la población; por lo tanto, se deben conocer elementos como el margen de error, el nivel de confianza, la desviación estándar. Se puede a continuación observar la fórmula utilizada para realizar el cálculo.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n: Es el tamaño de la muestra que se busca.

N: Es el tamaño de la población.

Z: Es el Parámetro estadístico dependiente del nivel de confianza.

e: Es el error de estimación máximo que se acepte.

p: Es la probabilidad de que ocurra.

q: Es la probabilidad de que no ocurra

Unidad de muestreo

Méndez (2020) define la unidad informativa como "el elemento básico de una población seleccionado para una investigación" (párr. 1).

El elemento básico para la unidad de muestreo es el elemento que ayuda a realizar los estudios de investigación, pueden ser porcentajes, grupos o bien, unidades. Para efectos de la presente investigación, se usará unidades y kilogramos. Los KPI estipulados actualmente en las líneas de producción se ven en estas unidades; por tal motivo, el muestreo se hará de la misma forma.

Unidad informante

El mismo Méndez (2020) define la unidad informante como "el individuo o entidad que proporciona información relevante para una investigación" (párr. 1).

Para el siguiente trabajo de investigación se puede nombrar unidad informante de los problemas actuales que sufre el proceso de producción a las gerencias, supervisión, personal operativo de la línea, así como personal de aseguramiento de calidad, Ingeniería y departamentos de servicio que brindan algún tipo de soporte al área de manufactura.

Definición, operacionalización e instrumentalización de las variables

Seguidamente, se presenta el cuadro de variables el cual surge de los objetivos específicos, esta tabla precisa cuáles serán los resultados esperados después de concretarse cada uno de estos objetivos.

Figura 3

Cuadro de variables

Objetivo específico	Variables de investigación	Conceptualización de la variable	Definición Instrumental	Indicadores
Describir el proceso actual de conversión para bolsa de basura.	Proceso de Conversión de bolsa para basura.	Proceso el cual toma rollos de polietileno extruido de LDPE o HDPE y mediante una serie de aditamentos logra formar una bolsa para ser utilizada en la recolección de basura.	Manual de Procedimientos. Diagrama de flujo de Proceso. Diagrama de actividades. Levantamiento de <i>layout</i> . Entrevistas. Observación.	Entradas y Salidas del proceso, interacción con otros departamentos. Ubicación física de equipos y personal. Tiempos y movimientos de tareas que realiza el personal operativo del proceso. Plan actual de la distribución del proceso.

				Alcances de la automatización.
Identificar las necesidades de mejora en el flujo actual de recepción y embalaje de las bolsas.	Necesidad y requerimiento de mejoras en el flujo de producción.	Actuales necesidades que tiene el proceso de migrar hacia una automatización de línea que permita que el embalaje sea más eficiente y eficaz.	<p><i>Flex Sim.</i></p> <p>Lluvia de ideas.</p> <p>Diagrama de <i>Ishikawa</i>.</p> <p>Indicador de OEE.</p> <p>Diagrama de actividades.</p>	<p>Simulación actual del proceso.</p> <p>Alcance o limitaciones para llevar a cabo la automatización.</p> <p>Análisis de causas para solventar el problema, contemplando las 5M.</p> <p>Indicadores actuales de rendimientos de la línea, eficiencia, productividad, calidad (OEE).</p>
Estudiar los indicadores y controles que monitorean el rendimiento del proceso actualmente y como se ve afectado por el embalaje manual.	Controles de Proceso.	Mecanismos que mantienen el proceso dentro de los límites de control y logran mostrar el rendimiento de las líneas de conversión de bolsa para basura.	<p>Cálculos de tiempo y capacidad.</p> <p>Indicador de OEE y subindicadores.</p>	<p>Cantidad de unidades producidas.</p> <p>Estándar kg/h de los equipos de producción.</p> <p>Tiempos productivos, improductivos, set-up del proceso.</p> <p>Niveles de <i>scrap</i> del proceso,</p>

Capítulo III: Marco teórico

Filosofías y conceptos

Industria 4.0

De acuerdo con lo mencionado por Joyanes (2017) este concepto se puede definir como: Industria 4.0 ha sido un término acuñado por el gobierno alemán con el soporte de industrias alemanas, para describir la digitalización de sistemas y procesos industriales, y su interconexión mediante el Internet de las cosas para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos. Es una visión de la fábrica del futuro o fábrica inteligente. La transformación digital de la industria y las empresas con la integración de las nuevas tecnologías disruptivas como Big Data, la Nube y la Ciberseguridad. Todo ello enmarcado en las Ciudades Inteligentes (Smart City) está produciendo el advenimiento y despliegue de la Cuarta Revolución Industrial. (p.1)

Es muy importante para la siguiente investigación enmarcar el término de industria 4.0; ya que, los procesos de producción cada vez se vuelven más tecnológicos, garantizando una mayor eficiencia y eficacia de las operaciones o tareas que se ejecutan; así mismo, la tecnología avanza enormemente, lo que provoca que muchas de las operaciones que antes se hacían manuales en una línea de producción ahora puedan controlarse por medio de *software*, robots, y muchos otros sistemas.

Muchas empresas han tenido que migrar hacia esta nueva revolución industrial; ya que, es la garantía para poder mantenerse en un mercado tan exigente como en el que viven las industrias actualmente, encajando directamente con la investigación que se desea llevar a cabo, en la cual se desea obtener una automatización *agile* que permita a Polymer atacar la problemática actual que vive con respecto a su proceso de producción de bolsa para basura.

Automatización

García (2021), menciona que la automatización es el proceso de utilizar tecnologías informáticas para realizar tareas de manera más rápida, precisa y eficiente. Estas tecnologías, generalmente, consisten en un conjunto de computadoras, *software*, sistemas de redes y dispositivos mecánicos que interactúan entre sí para completar una tarea específica.

Conviene definir el término automatización para tener un mejor concepto de lo que se desea concluir con esta investigación y cómo este va a permitir desarrollar un modelo *agile* que permita enfrentar la problemática actual, de manera que se pueda realizar una correcta interacción

entre máquina y hombre que ayude a mejorar la eficiencia y eficacia de las líneas de conversión para bolsa de basura.

Metodología Lean Manufacturing

De acuerdo con lo expuesto por Hernández y Vizán (2013):

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión de procesos de producción que se enfoca en la reducción de los tiempos de ciclo, la reducción de los costes de producción y la mejora continua de la calidad del producto, mediante la eliminación de todos los desperdicios que no aportan valor añadido al proceso. (p. 12)

Además, dichos autores también mencionan que:

Lean Manufacturing propone un cambio en el análisis de los procesos, para que además de centrar los indicadores de productividad en las actividades que se realizan en un proceso, también se cuestione si estas son llevadas a cabo de forma correcta, es decir, si agregan valor o no al proceso productivo. (2013, p.10)

Así pues, como se logra visualizar, esta filosofía será de mucha ayuda para poder desarrollar la siguiente investigación; ya que, la misma se ajusta a las necesidades para poder llevar adelante el proceso de automatización *agile* con éxito, desarrollando así los objetivos planteados desde su énfasis en la mejora y reducción de desperdicios, mediante la estandarización y organización del proceso.

Proceso

Según Torres (2020) un proceso es “un conjunto de actividades interrelacionadas que, con un objetivo común, tratan de transformar una entrada en una salida deseada” (p. 16). Conviene unir esta definición a la presente investigación, en donde se busca lograr amarrar las actividades que realmente agregan valor a la operación, logrando establecer la interrelación entre ellas para definir el alcance de la automatización *agile* dentro de las líneas de trabajo que logren cumplir las metas planteadas, logrando una mejor eficiencia y eficacia.

Indicadores de desempeño OEE

Según afirman Hernández y Vizán (2013)

OEE es un indicador que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido, si todo hubiera ido perfectamente, y las unidades sin defectos que realmente se han

producido. Para la utilización de este indicador, se utilizan los índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. OEE es el producto de estos tres índices, de manera que:

OEE (Eficiencia Global de Equipos Productivos) = D*E*C (p. 52).

Es importante mencionar que el proceso de conversión para bolsa de basura se mide por medio de la Eficiencia General de los Equipos (OEE) lo cual ayudará en la automatización *agile* de la línea; ya que, será posible determinar mediante esta herramienta el aporte que dará la automatización al proceso, incrementando así los subindicadores que componen este indicador de producción.

Herramientas de Ingeniería

Entrevistas con el Personal

Sobre este punto Raffino (2020) afirma que una entrevista puede estar estructurada o ser una conversación libre, pero de cualquier forma el entrevistador debe tener una guía que funcionará para darle enfoque a esta para recolectar información de una o más personas a la vez; así entonces, en esta se tendrá un intercambio de información o datos que giran en torno a una temática en específico.

Para la presente investigación será primordial desarrollar esta herramienta de manera tal que se pueda obtener toda la información necesaria que nos indique donde existen las oportunidades de mejora y como explotar las mismas para lograr la automatización *agile* que se desea ejecutar en el área de embalaje de las líneas de conversión bolsa para basura.

Observación

Con respecto a este concepto Álvarez (2009) menciona en su texto que es “De las principales herramientas que utiliza el ser humano para ponerse en contacto con el mundo exterior; cuando la observación es cotidiana da lugar al sentido común y al conocimiento cultural y cuando es sistemática y propositiva, tiene fines científicos” (p.103).

De este modo, la observación será una herramienta poderosa en el desarrollo de esta investigación; ya que es por medio de esta con la que se logrará identificar la naturaleza actual del proceso, cómo se desarrollan las actividades, dónde se evidencian las oportunidades y cómo explotar estas oportunidades, de manera que logren dar un modelo de automatización *agile* para las líneas de producción.

Lluvia de ideas

De acuerdo con Ortiz, Esandi y Andina (2011) “en una lluvia de ideas se prioriza la cantidad más que la calidad de las ideas que aporta el grupo. Cualquier persona puede aportar la idea que crea conveniente para el caso tratado” (p. 76).

Se utiliza esta herramienta para desglosar ideas que tengan como fuente todas aquellas personas que interactúan directamente con el proceso de producción, utilizando esta información como insumo para explotar estas ideas a favor del modelado de automatización *agile*, es a partir de este sistema que nacen muchas de las ideas, requerimientos o limitaciones que puede llegar a tener esta investigación.

Multivoto o multivotación

Según Pérez (2018), esta técnica se utiliza para reducir una larga lista de ítems a otra más pequeña, pueden ser ideas, conceptos o temas que se deseen filtrar para obtener los de mayor importancia para el grupo; generalmente, esta técnica se utiliza luego de una lluvia de ideas para poder priorizarlas.

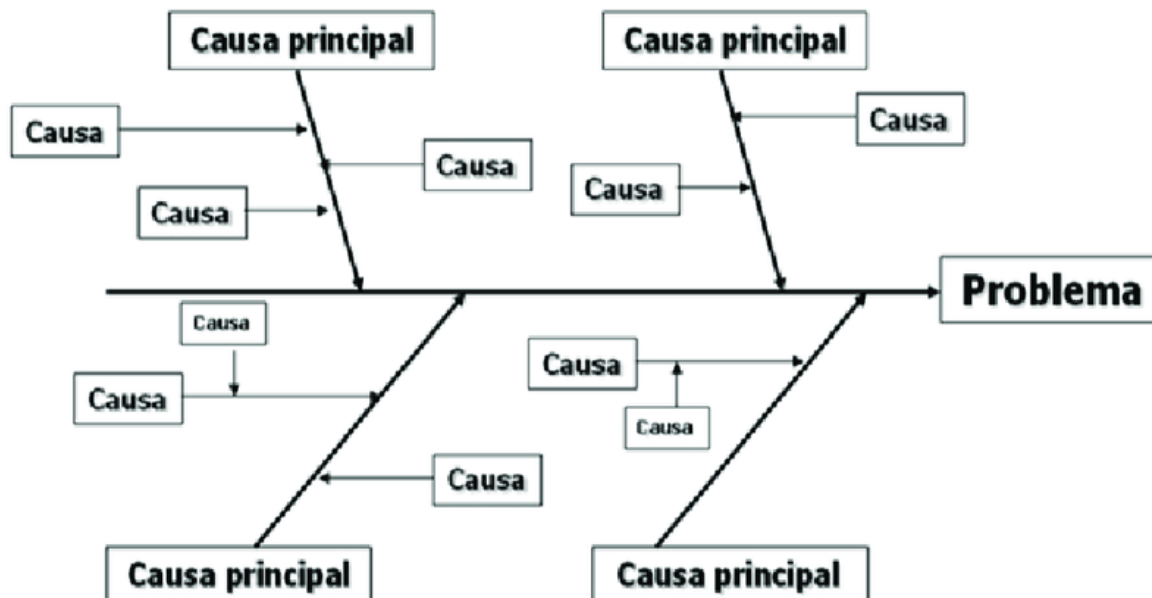
Diagrama de Ishikawa

Según lo menciona Gándara (2014):

El grado de dispersión de una variable es un aspecto que se debe controlar y tratar de reducir al mínimo posible, con el objeto de evitar el riesgo de producir partes inadecuadas para su uso, por el hecho de que sus dimensiones se alejan de los límites de tolerancia especificados, teniendo siempre en mente la idea de mejorar la calidad del producto, en la medida en que se satisfacen mejor las necesidades del cliente. Esta variabilidad puede tener su origen en las 5 “M’s”: Materias primas, la Maquinaria o equipo, Métodos de trabajo, Mano de obra y el Medio ambiente. Al conjuntar todos estos motivos de dispersión en un procedimiento de producción, se pueden obtener como resultado un alto grado de variabilidad en la calidad. (pág. 19)

Figura 5

Ejemplo de un diagrama de ishikawa



Nota. Adaptado de *Representación general de diagrama de Ishikawa* (fotografía), por Alpízar, 2016, researchgate.

Estudio de tiempos

Según lo definido por Kanawaty (1996) los estudios de tiempos:

Son un tipo de análisis de la productividad que se utiliza para evaluar el tiempo empleado para completar una tarea o proceso, y para identificar los factores que influyen en el tiempo necesario para completarla. Estos estudios se llevan a cabo mediante la observación de trabajadores realizando una tarea o proceso, y el análisis de los tiempos que se emplean para cada paso. Esto permite identificar los cuellos de botella y los factores que afectan la productividad, permitiendo a los gerentes tomar decisiones informadas para mejorar el rendimiento. (p.273)

En este sentido, para este proyecto será de importancia vital contar con las mediciones de tiempos y movimientos dentro del proceso; ya que, esto ayuda a tener una noción de las actividades que se ejecutan, para llevar a cabo el embalaje del producto terminado, y cómo estas actividades interactúan entre sí.

Manual de procedimientos

Saldarriaga (2021) señala que “el manual de procedimientos es un documento que contiene las reglas y pautas sobre cómo deben ejecutarse ciertos procesos; permite a las empresas guiar sus operaciones, estrategias y flujos de trabajo hacia resultados óptimos” (Saldarriaga, 2021, párr. 2)

Existen muchas ventajas de contar con manuales de procedimientos en las empresas y algunas de ellas cabe mencionarlas:

- Ahorro de tiempo.
- Optimización de procesos.
- Mejoras en la comunicación.
- Capacitación de nuevos empleados.
- Delimita responsabilidades.

Esto permite enfocarse en el proceso actual, en cómo este interactúa entre sí y con las demás áreas de trabajo, lo que ayudará a obtener un mejor conocimiento de cada uno de los pasos del proceso que se está investigando, conociendo así las salidas y entradas del proceso para poder brindar una solución *agile* que permita la automatización de la línea de conversión de bolsa para basura.

Layout

Hernández y Vizán (2013) define el término *layout* como “la distribución en planta, es decir, la forma en que están dispuestos dentro de la fábrica los recursos productivos” (p.164). Esto será de gran importancia para la presente investigación; ya que ayudará a entender de mejor forma el alcance que pueda tener la automatización, de acuerdo con el espacio actualmente disponible en las líneas de conversión de bolsa para basura; además, permitirá evidenciar cómo de manera teórica pueden colocarse las máquinas y cómo estas podrían interactuar con la parte automática del proceso, logrando de esta forma una propuesta *agile* para la automatización, en donde el proceso y los usuarios de este sean beneficiados.

Diagramas de flujo

Según Aguilar (2011),


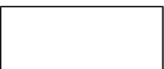




Un diagrama de flujo es una representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples que tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades

involucradas y los responsables de su ejecución, es decir, viene a ser la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo. (p.25)

Lo anterior será importancia para la elaboración de esta; ya que, ayudará a establecer cada una de las etapas del proceso actual de producción, así como las secuencias e interacciones con otras áreas.

Figura 6

Nomenclatura de un Diagrama de Flujo

Nombre Símbolo	Descripción	Símbolo
Terminador	Representa el inicio o fin de un diagrama de flujo	
Proceso	Representa una actividad o proceso.	
Decisión	Representa la bifurcación de un proceso	
Flecha	Representa el camino que une los elementos del diagrama	
Documento	Representa documentos en el soporte papel	
Base de Datos	Representa información en soporte digital	

Nota. La figura representa la simbología básica para la confección de un diagrama de proceso (fotografía), por Tinoco, 2009, Blogger.

Valor actual neto (VAN)

De acuerdo con Mete (2014) se puede definir el valor actual neto como:

El valor actual presenté de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios. (p.69)

Unido a lo anterior, en la siguiente figura se muestra la fórmula para calcular el VAN.

Figura 7

Fórmula del VAN

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

F_t: Flujos de caja en cada periodo (t).

I₀: Inversión inicial.

n: Número de períodos que se está calculando.

k: Tasa de descuento.

Nota. La figura representa la fórmula para obtener el valor actual neto (fotografía), por Arcoya, 2017, economía finanzas.

Este indicador será muy importante para la presente investigación; ya que, ayudará a entender la magnitud del proyecto, los beneficios de su implementación y a demostrar la viabilidad del proyecto.

Tasa interna de retorno (TIR)

De acuerdo con Mete (2014) se define la tasa interna de retorno como:

Es otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a cero. (p.71)

La fórmula para el cálculo del TIR se muestra a continuación.

Figura 8

Fórmula TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

F_t: Flujos de dinero en cada periodo t.

I₀: Inversión realiza en el momento inicial (t = 0).

n: número de periodos de tiempo.

Nota. La figura representa la fórmula para obtener la tasa interna de retorno (fotografía) por Sevilla, 2014, economipedia.

Es importante conocer el retorno de la inversión, así como el plazo que tendrá esta para la compañía; estos datos serán de suma importancia para el proyecto y para demostrar cómo con la automatización de las líneas se pueden lograr muchos de los objetivos planteados.

Tecnologías de la información

Flex Sim

Flexim 1993-2023 es una herramienta que ayuda durante la ejecución de esta investigación; ya que, se podrá dar visualizar, mediante una simulación por computador, cómo se comporta actualmente la línea y cómo puede comportarse esta cuando se implemente un proceso de automatizado *agile* de tareas.

La herramienta ayudará a determinar el alcance de la automatización; ya que, la misma se puede volver compleja o costosa, por lo que dará una idea de la cantidad o complejidad de máquinas o robots que serán necesarios para poder llevar a cabo la secuencia de embalaje. La herramienta dará una idea de cómo poder abordar la situación logrando simular el proceso actual y luego el proceso mejorado.

Capítulo IV: Marco situacional

Introducción a la empresa

Polymer S.A es una empresa de capital costarricense dedicada a la elaboración de productos para diferentes sectores de la industria, tales como el agro, médico, alimenticio entre muchos otros más, a los que ofrece soluciones en empaque flexible.

Cuenta con más de 50 años en el desarrollo de empaques plásticos, lo cual ha permitido adquirir experiencia para atender las necesidades de sus clientes. La investigación y la innovación son pilares que han permitido mantener la dinámica que se requiere para ofrecer una amplia gama de productos en el mercado.

Conocer la importancia de desarrollar todas sus actividades en un entorno balanceado, genera valor a través de sinergias y encadenamientos productivos, para crecer de forma sostenible y en armonía con la sociedad y el medio ambiente.

Historia de la empresa

Polymer S.A. es una compañía de capital privado, 100 % costarricense fundada en 1961 en Barrio Cuba, San José; en ese entonces su nombre era Industrias Nacionales del Plástico (INPLANA). En 1963 por necesidades de expansión, la empresa se traslada a la Uruca y en el período comprendido entre los años 1964 y 1965, empieza a diversificar la producción y se comienza a introducir los productos para uso doméstico.

En 1969 el norteamericano dueño de la firma decide venderla a la United Fruit Company (UFCO) y se cambia el nombre a POLYMER S.A de Costa Rica. Se hace una gran inversión en maquinaria, introduciendo modernos equipos de inyección, cuya producción era destinada a envases para la empresa Numar. Para esta época comenzaron a salir otros productos al mercado, como el suncho plástico, celofanes impresos, termoformados, láminas decorativas, así como productos inyectados y soplados.

En 1970, se inaugura el Departamento de Etiquetas Autoadhesivas Bananeras y Domésticas. Para el año 1985, debido a la falta de espacio, las empresas del grupo costarricense se dividen y se ubican en diferentes lugares según su especialidad, manteniendo siempre común el área administrativa. En el año 2005 se da la adquisición de esta compañía por parte de un grupo costarricense.

En el año 2007 se adquiere otra compañía llamada Roto Flex, la cual hoy se conoce como “Polyflex”. Dentro de las principales actividades que se desarrollan en esta planta, está la fabricación de etiquetas para envases PET, etiquetas autoadhesivas, bolsas y bobinas impresas para empaques de alimentos, impresión de material de empaque para margarina, película termoencogible, etc.

En mayo del año 2009, se inició el traslado de las instalaciones de POLYMER hacia la nueva planta en el Parque Empresarial Novapark ubicado en el Coyol de Alajuela. El proyecto completo culminó en mayo del 2012, con el traslado de las operaciones que se tenían en Panamá. POLYMER S.A actualmente está conformado por tres plantas (Polyfilm, Polipak, y Polyflex) en el Coyol de Alajuela. Entre las tres plantas hay alrededor de 700 colaboradores esto incluyendo personal de oficina y de planta.

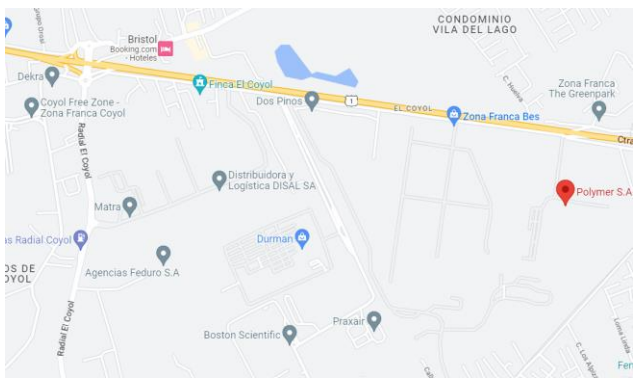
Actualmente POLYMER cuenta con una de las más modernas instalaciones para manufacturar todas las necesidades de plástico de la industria, el agro y el consumo masivo. A esta condición se suma su solidez financiera, representando una ventaja competitiva que le permite cumplir y superar las demandas del mercado.

La empresa tiene presencia en todos los países de Centroamérica y exporta a República Dominicana, Puerto Rico, México, Brasil y, esporádicamente, a algunos países africanos. Se cuenta con un Departamento de Investigación y Desarrollo, con el cual se está constantemente en la búsqueda de nuevos productos, formulaciones y aplicaciones.

Ubicación geográfica

Polymer S.A se ubica específicamente en el parque empresarial Novapark, 2 kilómetros al este de Dekra, en Alajuela, Costa Rica, como se observa en la siguiente figura.

Figura 9
Ubicación Polymer S.A

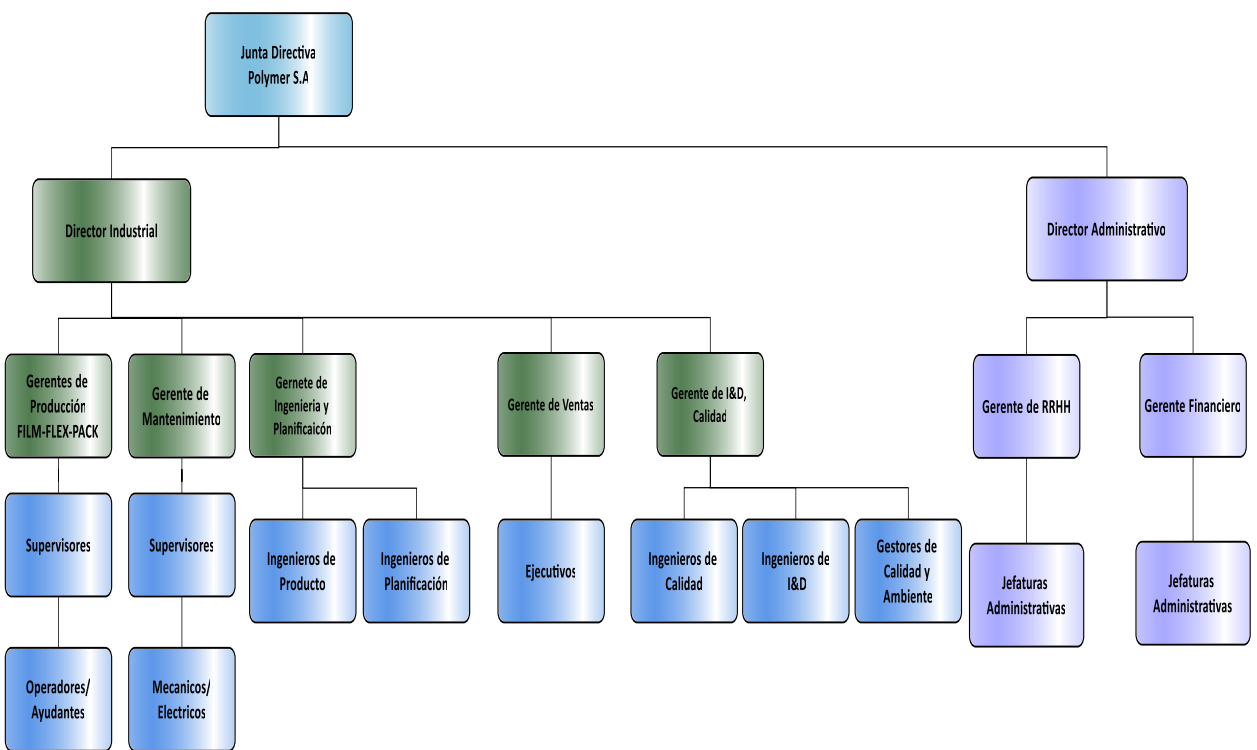


Nota. La figura representa la ubicación actual de Polymer S: A. (fotografía), por Google Maps.

Organigrama

A continuación, se muestra el organigrama de la compañía.

Figura 10
Organigrama general Polymer

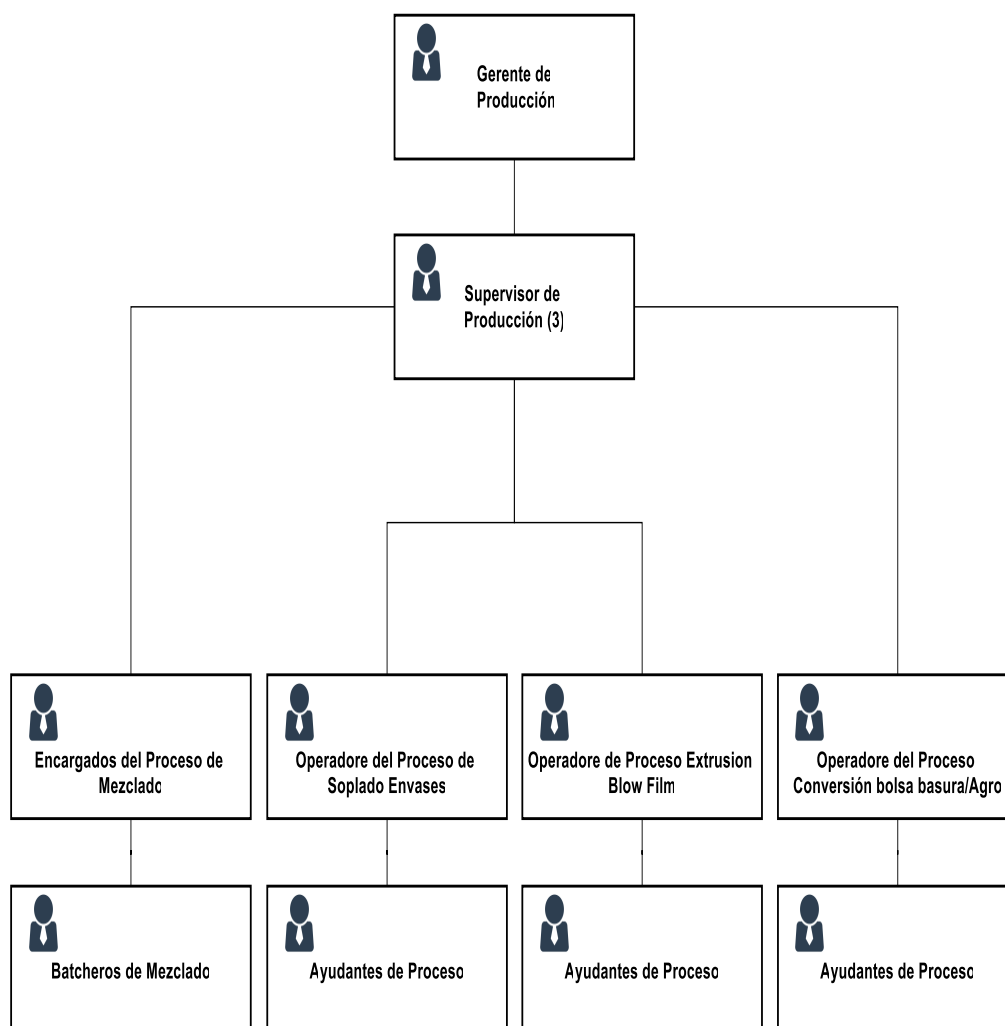


Nota. La figura representa el organigrama actual de Polymer S.A.

La siguiente investigación se realiza específicamente en el área de producción, planta polyfilm, la cual tiene el siguiente organigrama.

Figura 11

Organigrama de Planta Polyfilm

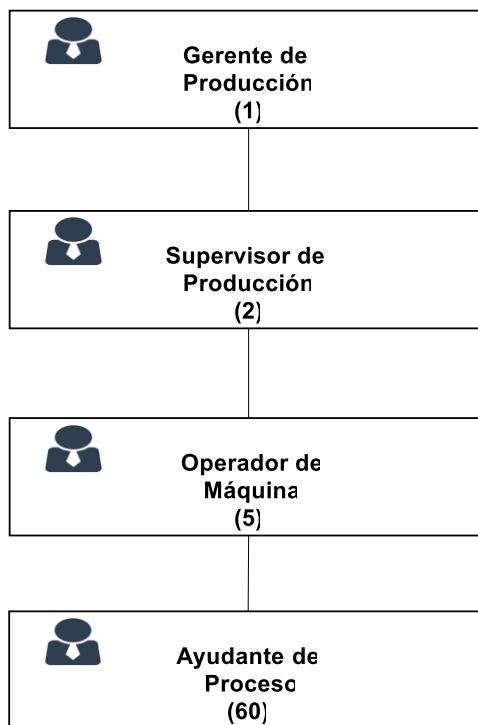


Nota: La figura representa el organigrama de planta de manufactura polyfilm.

Dentro de la planta de manufactura polyfilm la investigación se llevará a cabo en el proceso de conversión de bolsa para basura, el cual cuenta con el siguiente organigrama.

Figura 12

Organigrama Proceso Conversión Bolsa para Basura



Nota. La figura representa el organigrama dentro del proceso de conversión de bolsa para basura.

Productos y servicios

Polymer S.A enfoca su producción en tres grandes grupos o divisiones, como lo son:

División agrícola

Polymer S.A ofrece soluciones de empaque para el sector bananero, entre muchos otros sectores agrícolas que requieren empaque para poder plantar, recolectar, exportar sus productos.

Figura 13*Productos Sector Agrícola*

Nota. La figura representa un fruto de banano cubierto con una bolsa plástica con ingrediente activo (fotografía), por Polymer, polymersa.

División consumo

Polymer S.A ofrece también productos como vajilla plástica, bolsa para basura, entre muchos otros más propios del consumo diario.

Figura 14*Productos Sector Consumo*

Nota. La figura representa la gama de productos destinados a consumo como bolsas para basura y vajilla plástica (fotografía), por Polymer, polymersa.

División industrial

Empaques flexibles que ayudan a preservar los alimentos; así como, empaques para industria médica, mediante la técnica flexográfica logra ofrecer productos de calidad que satisfacen las necesidades y expectativas de sus clientes.

Figura 15*Productos Sector Industrial*

Nota. La figura representa productos manufacturados actualmente por Polymer para diferentes tipos de industria (fotografía), por Polymer, polymersa.

Con estos tres segmentos bien definidos, se muestra cómo Polymer S.A busca la forma de satisfacer la necesidad de sus clientes y todas aquellas empresas que deseen empaclar un producto por medio de un empaque flexible.

Asimismo, esta empresa ofrece servicios de investigación y desarrollo a sus clientes para lograr satisfacer las necesidades de empaque que puedan requerir, creando así encadenamientos que permitan crecer a la compañía y a sus clientes.

A su vez, Polymer S.A esta comprometido con el medio ambiente, por medio de su norma ISO 14001:2015, de manera que se buscan soluciones de empaque que sean amigables con el medio ambiente y reduzcan el impacto ambiental que puedan provocar sus productos luego de su uso final.

Figura 16

Bolsa de basura compostable



Nota. La figura representa una bolsa de basura fabricada con 100 % resina, a base de maíz (fotografía), cornershopapp.

Estrategia empresarial

Polymer S.A a través del tiempo ha creado una base de conocimiento producto de la experiencia, como por ejemplo en sus áreas productivas, la interacción con los clientes y las gestiones de capacitación, entre otros.

Toda esta información constituye el *know-how* de la empresa y es de gran importancia que la misma sea desplegada en los distintos niveles, con el fin de estandarizar los procesos, los métodos de trabajo, los criterios, la toma de decisiones y principalmente los elementos diferenciadores de mercado en relación con la competencia.

Misión

“Ser la empresa líder por la excelencia en el servicio, la calidad y la innovación en la manufactura de productos plásticos” (Polymer, 2022).

Visión

“Liderar el mercado local e internacional en servicio, calidad e innovación, convirtiéndonos en el aliado estratégico de preferencia en la industria plástica de los mercados en los que competimos” (Polymer, 2022).

Valores

Según el código de ética corporativo, se establecen los siguientes valores a nivel institucional los cuales se consideran de suma importancia para lograr los objetivos planteados, esto con base en el Código de Ética Corporativo de Polymer (2019).

Respeto. Para mis compañeros, hacia mi trabajo y para la empresa; respecto al medio ambiente y los derechos humanos.

Seguridad. Porque hay alguien que nos espera en casa.

Calidad. Para satisfacer a nuestros clientes internos y externos.

Servicio. Actuando siempre con atención y diligencia.

Objetivos estratégicos de Polymer S.A.

Según el cuadro de objetivos de calidad y ambiente de Polymer (2019), se establecen los siguientes objetivos a nivel de compañía:

- Gestionar un entorno organizacional que permita rentabilidad y sostenibilidad de largo plazo, reconociendo que el talento humano y el ambiente son la llave de nuestro futuro.
- Alcanzar un nivel de 2050 ton/mes, buscando ser líderes por país en cada división en que participamos en nuestro mercado natural (CR, PTY, NIC).
- Alcanzar una alta eficiencia organizacional, logrando consistencia en el cumplimiento de los requerimientos de calidad y agregar a nuestro portafolio nuevos productos demandados por el mercado, entendiendo que nuestra competencia es Global.
- Apoyarnos en el área de investigación y desarrollo para satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes y ser competitivos con la introducción de nuevos productos y la mejora de los existentes.
- Ser una empresa ambientalmente responsable, desarrollando programas internos y externos cuantificables e incluyendo a las partes interesadas (colaboradores, proveedores, clientes, comunidad y gobierno).

FODA

A continuación, se muestra el análisis FODA donde se toman en cuenta las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de Polymer S.A.

Figura 17

Análisis FODA Polymer S. A

Fortalezas		Debilidades	
F1	Amplia gama de productos que ofrecen al cliente	D1	Alta rotación del personal de ventas y gerencial
F2	Experiencia de 60 años en el mercado	D2	Alta rotación de personal operativo
F3	Solidez financiera	D3	Distribuir marcas no líderes al canal tradicional (no las van a potenciar igual que la líderes)
F4	Amplia cobertura nacional y atención multicanal	D4	Conocimiento técnico y operativo sobre licitaciones en mano de una sola persona
F5	Posicionamiento en el mercado	D5	No se cuenta con un adecuado programa de capacitación para cubrir todas las necesidades
F6	Estabilidad de pago a proveedores	D6	No se cuenta con un presupuesto fijo para capacitación
F7	Se cuenta flotilla externa de calidad (subcontratada)	D7	Falta de indicadores ágiles para medir desempeño
F8	Domiciliación de cuentas para pago de impuestos	D8	No hay cultura de seguimiento a indicadores
Oportunidades		Amenazas	
O1	Mejorar la gestión con la fuerza de ventas	A1	Perder clientes que quieran mejores reglas de negocio que no sean rentables para ciamesa
O2	Ampliar la visibilidad de la información que se comparte con el proveedor	A2	Aumento de la competencia por el mercado
O3	Apertura de nuevos negocios por acuerdos comerciales	A3	Crecimiento de la comunidad oriental que exige garantías si no importan productos nuevos
O4	Actualizarlos procedimientos existentes y documentar las operaciones que faltan y agregan valor	A4	Modelo de negocio actual
O5	Capacitar al personal de importación/exportación para no fallar los filtros aduaneros y no tener que contratar servicios de agencia aduanera	A5	Cambios del gobierno en tema de restricciones vehiculares, pesos y dimensiones porque se incrementan los costos
O6	Fortalecimiento del departamento de licitaciones incluyendo apoyo legal	A6	Disponer de combustible y gas in house puede generar una emergencia ambiental que pone en riesgo la operación

Nota. La figura representa un análisis FODA para Polymer.

El análisis FODA en las Fortalezas y Oportunidades de la organización demuestra que es una empresa nacional que busca el beneficio tanto de sus colaboradores como de sus clientes. A continuación, se explica este.

Fortalezas. Las fortalezas reflejan los atributos internos o destrezas que una empresa contiene para alcanzar los objetivos. Como se puede observar, Polymer S.A cuenta con una

excelente trayectoria a nivel de mercado con más de 60 años de experiencia en el medio, ofreciendo una amplia gama de soluciones en empaques para distintos sectores de la industria, mediante innovación y tecnología; lo que la hace contar con solidez financiera, estabilidad y posicionamiento a nivel nacional e internacional.

Por otra parte, cuenta con una fuerte flotilla externa de calidad, la cual garantiza que sus productos puedan llegar a todos los clientes de manera ágil y con los mejores estándares de calidad.

Oportunidades. Son factores externos que permiten alcanzar una mejora continua y crecimiento organizacional. Es importante mejorar la gestión con la fuerza de ventas de manera tal que se cuente con ejecutivos de cuenta especialistas en estructuras y soluciones que puedan dar paso a potenciales negocios con clientes.

En relación con la norma ISO 9001 es importante explotar todos sus beneficios en todos los ámbitos de la compañía, estandarizando procesos que logren llevar a cabo los objetivos propuestos, garantizado así la calidad y suministro continuo de productos a todos los clientes que actualmente posee la empresa.

Debilidades. Hace referencia a elementos internos negativos para el desarrollo o crecimiento de la institución. Es importante para la compañía bajar los índices de rotación de personal mediante todos los métodos que estén a su alcance, invirtiendo en tecnología, automatización que le permita mantenerse posicionada en el mercado con sus marcas propias y ofreciendo a sus clientes precios competitivos.

Por otra parte, el personal técnico operativo es de vital importancia para la compañía, actualmente solo puede ser formado por la empresa al no contar con una institución que logre formar personal técnico en el medio, lo cual hace que sea de vital importancia garantizar planes de capacitación y formación.

Asimismo, los indicadores de desempeño para los diferentes procesos de producción deben ser mejorados, de manera que en forma ágil puedan contar con la información que ayude a la toma de decisiones en el menor de los tiempos.

Amenazas. Al tratarse de una industria plástica es importante el diseño y desarrollo, para actuar mediante la innovación en nuevas soluciones de empaques que sean amigables con el ambiente y logren cerrar ciclos de economía circular.

A su vez, la competencia en el mercado es cada vez más fuerte, razón por la cual se hace primordial migrar hacia nuevas formas de hacer las cosas acompañada de mejora continua, razón por la cual es importante la automatización para poder mantenerse en el mercado con precios y productos competitivos.

Mercado

Polymer S.A es una empresa con presencia en varios sectores del mercado, entre ellos industrias agrícolas, industria alimenticia, industrias cárnicas, industrias médicas, entre muchos otros sectores donde puede ofrecer soluciones de calidad en empaques flexibles.

Clientes

Entre el potencial mercado de clientes destacan industrias a nivel costarricense, a nivel regional de Centroamérica e industrias más allá como los son República Dominicana, Brasil, Estados Unidos y México, ofreciendo una amplia gama de productos de calidad.

Proveedores

Los proveedores de Polymer son muchos y se encuentran alrededor de todo el mundo, en relación con proveedores se pueden nombrar los siguientes:

- A thanh bicsol joint stock.
- Basf.
- Exxon Mobil chemical co.
- Gbr corporation s.a.
- Global plastics lp.
- Indelpro.
- Indochine bio plastiques.
- Marco polo international.
- Mholland.
- Montachem international, inc.
- Pacific.
- Performance materials.
- The Dow chemical company.
- Trademark.
- Tricon dry chemicals llc.

- Vinmar international, ltd.

Polymer S.A tiene diversos proveedores ubicados alrededor del mundo, lo que garantiza a su cliente un suministro constante de producto que cumple con todas las regulaciones a nivel mundial. Todos estos proveedores pasan por estrictos controles de evaluación que garantizan el cumplimiento de los estándares de calidad.

Competencia

A nivel nacional e internacional Polymer S.A cuenta con bastantes competidores, lo que obliga a la empresa a mantenerse a la vanguardia, así como seguir innovando mediante su departamento de investigación y desarrollo, capital humano y capital económico que garantice tecnología de punta que logre hacer la diferencia con sus competidores, como lo son los siguientes:

- Plásticos Modernos S.A.
- Plásticos Martínez de Costa Rica.
- Acoplas
- Resinplast.
- Plásticos Puente.
- Empaques Universal.
- Empaques de Centroamérica, S.A.

Descripción de procesos

A continuación, se muestran y describen los elementos involucrados en el macroproceso llevado a cabo para la conversión de bolas para basura, específicamente en el proceso de producción de planta Polyfilm.

Macroproceso

En este apartado se detallará la estructura por procesos, subprocesos, actividades sustantivas y servicios que interactúan en el proceso de transformación de película de polietileno en una bolsa para basura, específicamente para el flujo de trabajo que conlleva el obtener el producto terminado.

El flujo de trabajo inicia con el proceso llamado Extrusión *blow film*, el cual convierte los *pellets* de polietileno de baja o alta densidad en una película plástica con un ancho y espesor definidos; dicho proceso suministrará la materia prima necesaria para convertir dicha película plástica en una bolsa para la disposición de basura por parte de los clientes.

Así entonces, primeramente, el operador de producción deberá conocer las secuencias u órdenes de trabajo que tiene asignadas cada equipo o convertidora; una vez conoce esta secuencia procede a imprimir la orden de producción, la cual contiene la información técnica necesaria para poder llevar a cabo el montaje mecánico de la máquina.

Con la orden impresa logra conocer el código de producto y nombre, información que permite al operador de producción extraer de un sistema informático la condición de operación para la fabricación de ese producto.

Una vez cuenta con esta información se traslada a la máquina donde coloca el rollo extruido de polietileno detrás de la máquina, el cual será la materia prima para la fabricación de la orden de producción solicitada, así mismo coordina con un ayudante de proceso para que este aproxime a la máquina los insumos necesarios para la producción, los cuales fueron previamente solicitados por el supervisor de producción.

Seguidamente, una vez en la máquina la materia prima (Rollo Extruido de Polietileno) y los insumos necesarios el operador comienza el montaje mecánico del producto a fabricar para lo cual deberá ajustar parámetros como velocidad, temperaturas de sellos, contador de unidades, dobladores, presiones de rodillos entre otras variables que serán necesarios para poder dar una medida exacta a las bolsas fabricadas de acuerdo con el requerimiento en la orden de producción.

Cuando la máquina se encuentre estabilizada procederá a encender el contador de unidades y será entonces cuando se comience con la producción, las bolsas serán acumuladas según la especificación del contador para luego ser expulsadas hacia una mesa donde se encuentran dos ayudantes de proceso, los cuales tiene la tarea de recibir el grupo formado de bolsas tanto del lado A como del lado B de la máquina; seguidamente, el ayudante deberá introducir este grupo de bolsas en un insumo o empaque primario, el cual seguidamente se sella y coloca en otra mesa o área de trabajo en proceso.

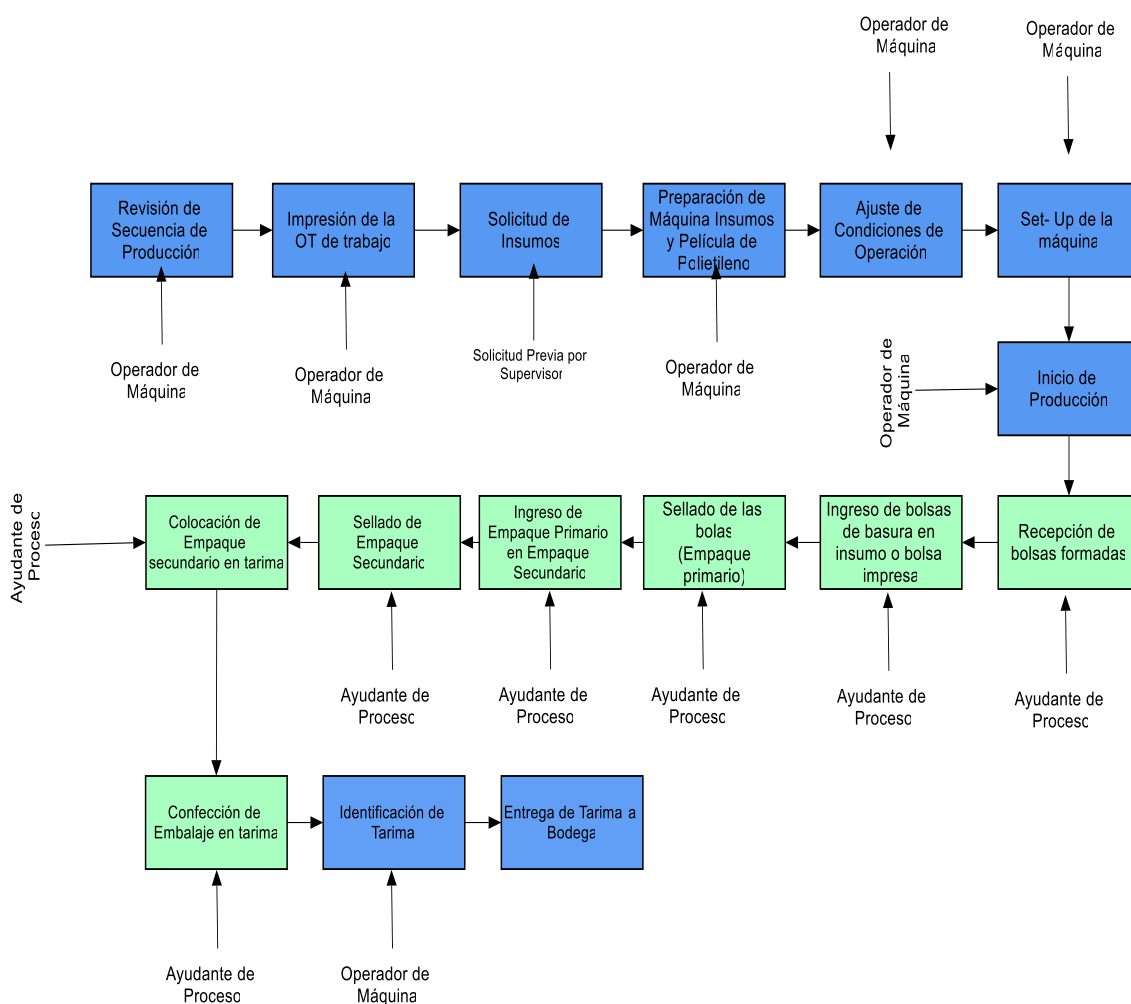
Posteriormente otro ayudante de proceso se dispone a tomar los paquetes formados con sus respectivas unidades y los coloca en un bulto, empaque secundario donde colocará paquetes de acuerdo con lo especificado en el estándar de embalaje de la orden de producción.

Por último, otro ayudante de proceso toma estos bultos o empaques secundarios y los coloca en una tarima donde, de acuerdo con el embalaje definido en la orden de producción, realizará el embalaje para formar una tarima con “n” cantidad de bultos por cama, que al final contendrá “n” cantidad de camas que formarán la tarima de producto terminado.

El operador al final de cada tarima deberá trasladar la misma hacia una romana o pesa donde pesará el producto y descontará el peso de la tarima e insumos, un sistema automático hace la captura del peso y rebajo de las taras y emite una etiqueta de producción para que sea colocada en la tarima, al igual que un reporte que contendrá la información necesaria para dar trazabilidad a la tarima y posterior entrega a bodega de producto terminado, cerrando así el ciclo de producción.

Figura 18

Macroproceso conversión de bolsa para basura



Nota. Las figuras en verde claro identifican el final de línea, parte del proceso a automatizar.

Capítulo V: Análisis situación actual

Análisis de la situación actual

Se presentan las variables del análisis de la situación actual en la cual se encuentra el proceso de producción, por medio de ellas se logra determinar el funcionamiento de las áreas de trabajo. Hoy en día el proceso de empaque se lleva a cabo manualmente por un grupo de trabajadores denominados ayudantes, quienes cumplen distintas funciones en la elaboración, cada una de ellas son necesarias para cumplir con el embalaje final, llamado bolsa para basura.

De tal manera, el proceso es iniciado por el operador de producción, quien debe realizar los diferentes ajustes mecánicos para convertir del rollo de polietileno en bolsas para basura. Una vez ejecutados los lineamientos, los ayudantes cumplen una función primordial, ya que deben llevar a cabo una secuencia de pasos para embalar las bolsas, esto de acuerdo con los requerimientos establecidos en la orden de producción.

Actualmente el proceso está condicionado a la mano de obra directa, ayudantes de proceso, para llevar a cabo dichas tareas, lo que impacta en los costos de operación, así como en la productividad de las líneas de conversión. Se plantea estudiar a fondo estas labores de manera que sea posible definir una metodología *agile* que automatice total o parcialmente el proceso.

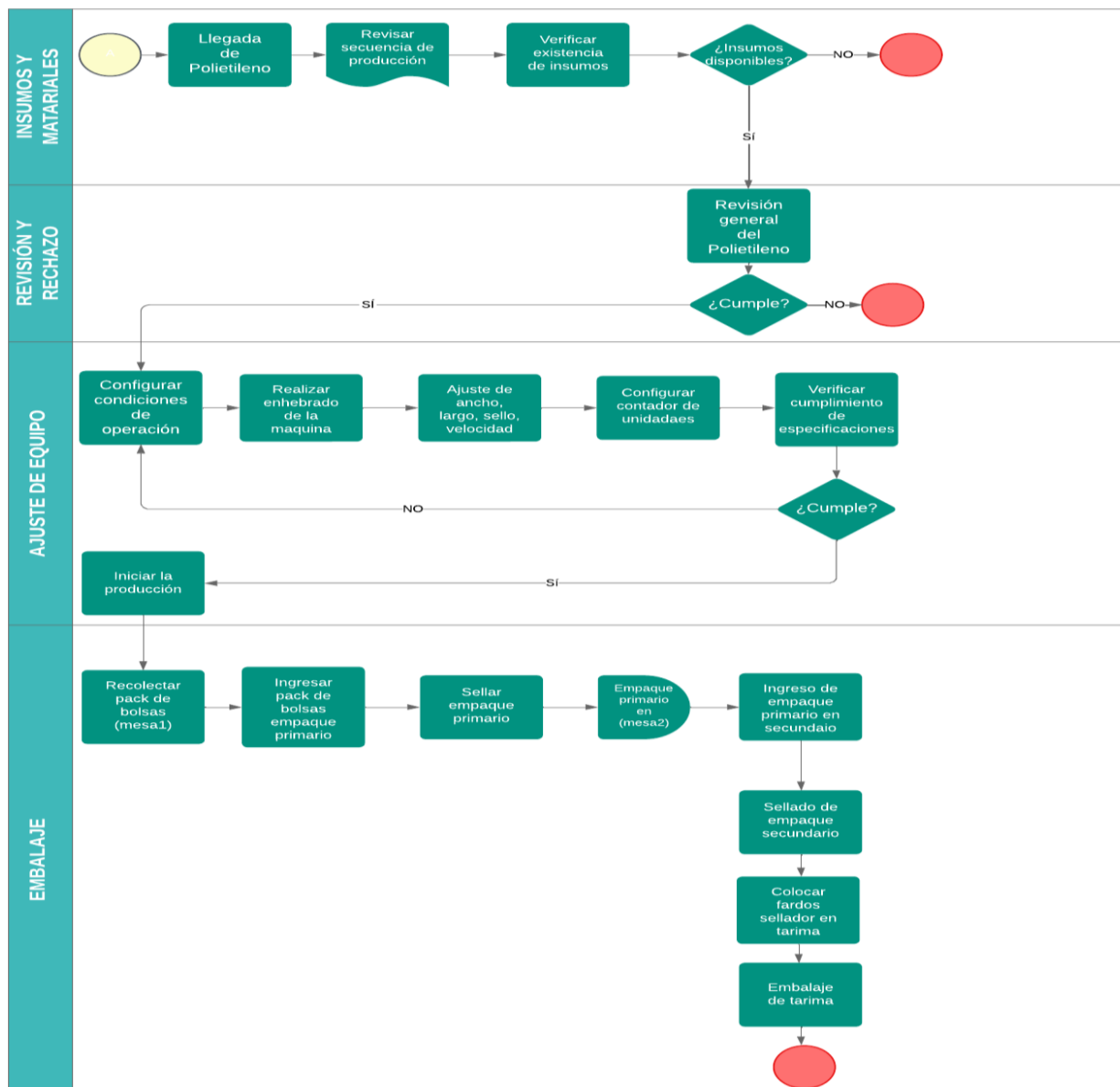
En el presente capítulo se muestra un diagrama de flujo del proceso actual; se exponen las tareas correspondientes para llevar a cabo los embalajes, con el fin de revisar la factibilidad de automatización; asimismo, se incluye un estudio de todo el proceso con sus respectivos tiempos y resultado. La información se presenta de acuerdo con la variable en estudio, ello a partir de la revisión de aspectos importantes y de sus resultados, lo cual permitirá disponer de un panorama claro del funcionamiento y accionamiento.

Diagramas de flujo actuales

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso desde que ingresa el rollo de polietileno de baja o alta densidad hasta obtener una tarima de producto terminado.

Figura 19

Diagrama de proceso conversión bolsa para basura



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo actual del proceso, en color azul se representa el final de línea, parte en estudio de automatización.

En el apartado de embalaje se observa que estos procesos y sus tareas corresponden al ayudante, quien debe ejecutarlas manualmente para el embalaje del producto terminado. Dichas

labores se someten al análisis de la investigación para determinar la factibilidad de automatizar con un diseño *agile*.

Salidas de personal que afectan la productividad de las líneas

A continuación, se presenta una tabla con los datos de producción en toneladas versus las salidas que ha experimentado el proceso durante los años 2021 y 2022, en donde es posible observar el impacto en cuanto al rendimiento.

Tabla 2

Kilogramos producidos versus salida de empleados, 2021

Año	2021											
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Conversión basura (ton/producidos)	382	363	435	195	180	344	280	297	230	155	175	157
Salidas de personal	4	5	4	8	7	3	6	5	4	4	7	5

Nota. La tabla muestra el desglose de los kg producidos versus las salidas de empleados durante el año 2021.

Tabla 3

Kilogramos producidos versus salida de empleados, 2022

Año	2022											
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Conversión basura (ton/producidos)	219	237	205	230	266	175	363	162	365	303	200	186
Salidas de personal	10	8	11	7	6	14	7	17	3	5	8	8

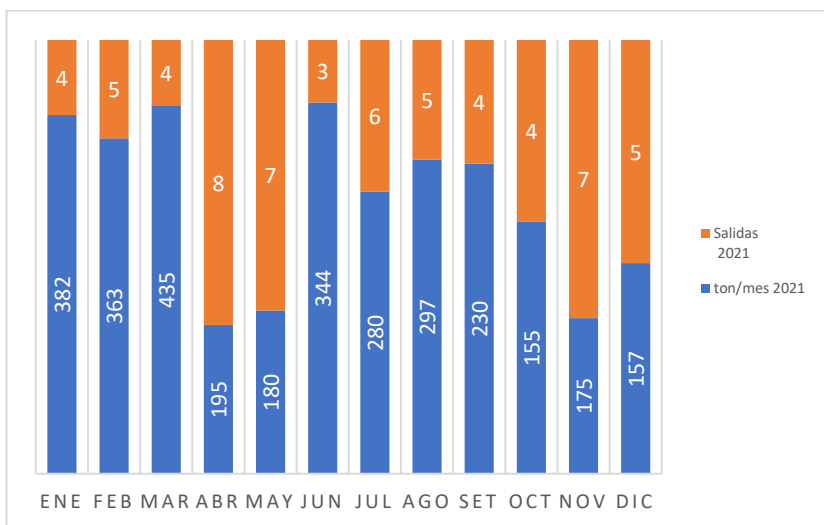
Nota. La tabla muestra el desglose de los kg producidos versus las salidas de empleados durante el año 2022.

En la figura 20 se aprecia el comportamiento del problema, el cual afecta la operación al no contar con un flujo constante de personal capacitado para ejecutar todas las labores relacionadas con el empaque de producto terminado. Se evidencia una tendencia a la baja en los meses con más salidas de empleados; esto se debe a que las líneas quedan sin personal por lapsos

de tiempo en los diferentes turnos productivos, además, hay curvas de aprendizaje con nuevos ayudantes.

Figura 20

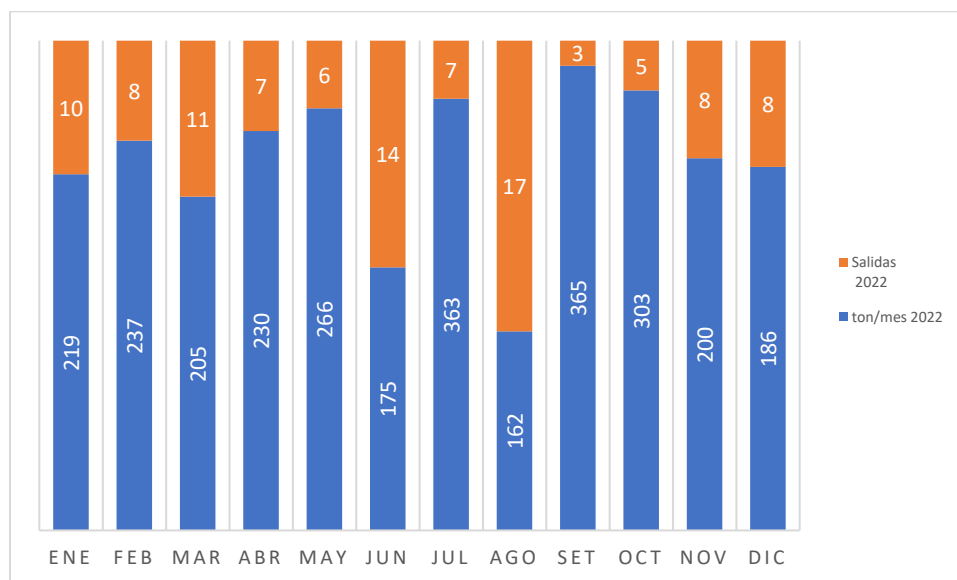
Tendencia de salidas de personas versus kilogramos producidos, 2021



Nota. La gráfica muestra la tendencia anual de salida de empleados para el proceso de conversión de bolsa para basura versus los kilogramos producidos, 2021.

Figura 21

Tendencia de salidas de personas versus kilogramos producidos, 2022



Nota. La gráfica muestra la tendencia anual de salida de empleados para el proceso de conversión de bolsa para basura versus los kilogramos producidos periodo 2022.

Motivos de salida del personal

A continuación, se muestra un análisis de los motivos por los cuales el personal rompe su relación laboral con Polymer, factor importante por analizar dentro del marco de la situación actual que enfrenta la línea de conversión bolsa para basura.

Tabla 4

Salida de empleados general Polymer, 2022

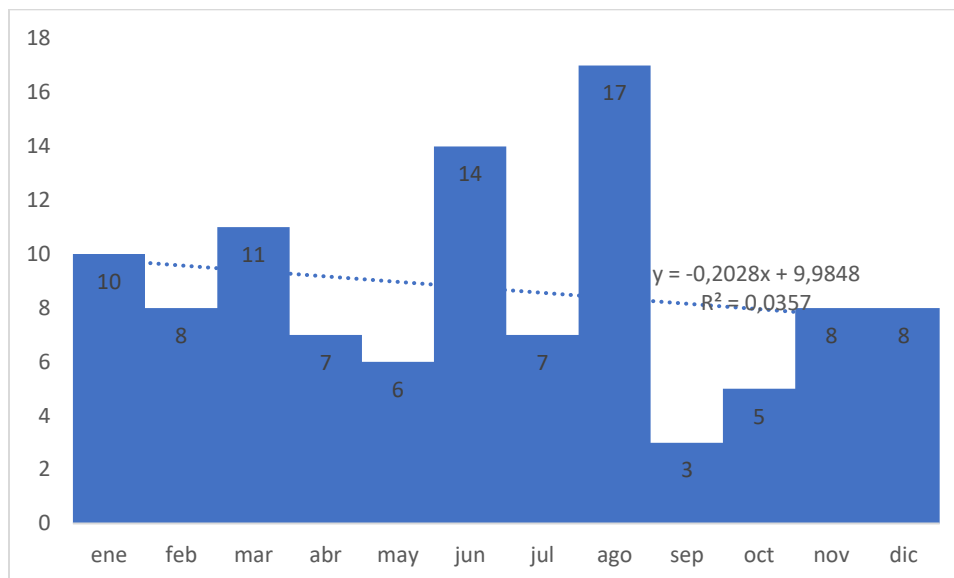
Motivos de salidas año 2022	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
Abandono de trabajo	10	7	5	11	12	28	10	10	9	12	7	9	130
Despido con responsabilidad patronal			1						2				3
Despido dentro del periodo de prueba	2	1	4	3	2	4	3	4	2	5	2	2	34
Despido sin responsabilidad patronal	1	1	2				1	1				1	7
Pensionado por invalidez					1								1
Problemas con la jefatura												1	1
Renuncia asuntos familiares												1	1
Renuncia mejor oferta laboral	2	1	1	1		2	1	2	2	3	1	3	19
Renuncia motivos de salud		1				1		2					4
Renuncia motivos personales	11	13	15	14	13	21	12	13	10	11	21	22	176
Renuncia motivos profesionales								1					1
Renuncia negociada			1										1
Renuncia otros motivos											1		1
Renuncia por estudio	1	1		1		2		2		1	1	2	11
Renuncia por horario											2	1	3
Total general	27	25	29	30	28	58	27	35	25	32	35	42	393

Nota. La tabla contiene datos mensuales de las salidas de empleados durante el año 2022.

Se visualiza la información detalladamente con la intención de determinar las causas específicas que impactan en mayor proporción a la compañía, ya que las salidas de empleados presentan un comportamiento con una tendencia positiva hacia el aumento cada vez mayor.

Figura 22

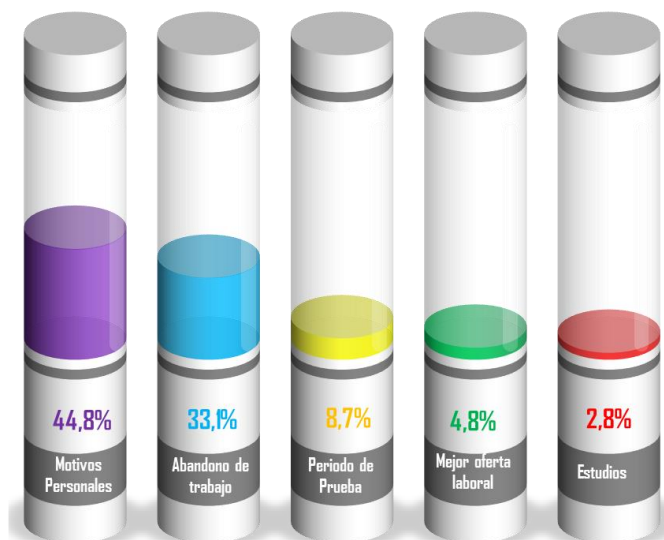
Tendencia mensual 2022, salida de empleados



Nota. La grafica muestra la tendencia de salida de empleados durante el periodo 2022.

Figura 23

Principales motivos de salida de empleados, 2022



Nota. La grafica muestra los motivos y sus % de participación en la salida de empleados durante el periodo 2022.

El 44 % del personal reportó como motivo de su salida asuntos personales, lo cual no es posible analizar desde el respectivo plan de acción de la empresa, ya que se debe a diferentes factores, como, por ejemplo, necesidad de un cambio de estilo de vida, enfermedad, tiempo para sus familias, oportunidades laborales que satisfacen de mejor forma sus expectativas, entre otros. El 33.1 % abandonó el trabajo sin indicar la causa, ello resulta difícil para la empresa de entender, ya que se engloba en “n” cantidad de situaciones, tales como insatisfacción con el trabajo que realiza, conflictos laborales, entre otros.

Un 8.7 % tomó la decisión de finalizar su contrato laboral, ya que el colaborador no cumplía con las expectativas necesarias para el empleador. Un 4.8 % encontró una mejor oferta laboral que la que ofrecía la compañía, lo cual se pudo motivar por mejores condiciones salariales, beneficios, ubicación o la oportunidad de crecimiento. Un 2.8 % indicó que se retiraba ya que los horarios no favorecían el estudiar.

De acuerdo con lo anterior, es difícil para la compañía establecer planes de acción en contra de la salida de empleados, aun así, actualmente se lleva a cabo estudios para mejorar la situación, ya que afecta todos sus procesos. Algunas de estas acciones son:

- Transporte hacia la zona de occidente.
- Charlas para conocer el clima laboral.
- Impulsar el crecimiento como operadores de máquina con capacitaciones.
- Inversión tecnológica en maquinaria y automatización.

Afectación del indicador de OEE

Se presentan datos históricos de OEE, los cuales corresponden a los años 2021 y 2022, estos muestran los indicadores de aprovechamiento, calidad y eficiencia de la línea de conversión bolsa para basura; los cuales son afectados por las salidas de empleados.

Tabla 5*Tabla de Resultados OEE*

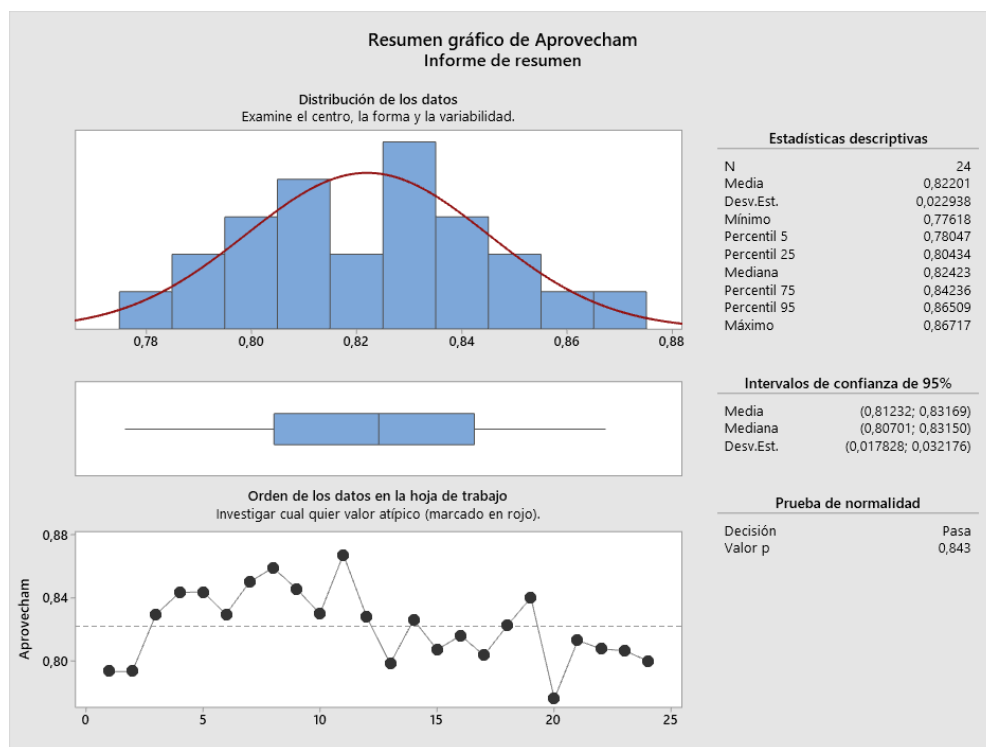
Departamento	Aprovechamiento	Eficiencia	Calidad	OEE	Mes
Conversión basura	79 %	96 %	95 %	72 %	ene-21
Conversión basura	79 %	96 %	95 %	72 %	feb-21
Conversión basura	83 %	99 %	95 %	78 %	mar-21
Conversión basura	84 %	100 %	94 %	79 %	abr-21
Conversión basura	84 %	95 %	95 %	76 %	may-21
Conversión basura	83 %	94 %	95 %	74 %	jun-21
Conversión basura	85 %	99 %	95 %	80 %	jul-21
Conversión basura	86 %	100 %	95 %	82 %	ago-21
Conversión basura	85 %	96 %	95 %	77 %	sep-21
Conversión basura	83 %	98 %	95 %	77 %	oct-21
Conversión basura	87 %	100 %	95 %	82 %	nov-21
Conversión basura	83 %	95 %	95 %	74 %	dic-21
Conversión basura	80 %	95 %	95 %	72 %	ene-22
Conversión basura	83 %	100 %	95 %	78 %	feb-22
Conversión basura	81 %	92 %	95 %	70 %	mar-22
Conversión basura	82 %	98 %	95 %	76 %	abr-22
Conversión basura	80 %	95 %	95 %	73 %	may-22
Conversión basura	82 %	98 %	95 %	77 %	jun-22
Conversión basura	84 %	100 %	94 %	79 %	jul-22
Conversión basura	78 %	100 %	94 %	73 %	ago-22
Conversión basura	81 %	100 %	94 %	76 %	sep-22
Conversión basura	81 %	100 %	95 %	77 %	oct-22
Conversión basura	81 %	97 %	95 %	74 %	nov-22
Conversión basura	80 %	100 %	96 %	77 %	dic-22

Nota. La tabla muestra el porcentaje obtenido de OEE para la línea de conversión bolsa para basura, así como sus subindicadores.

Aprovechamiento. En el siguiente resumen el aprovechamiento de la línea de conversión para bolsa de basura se muestra irregular, en la actualidad cuenta con una media de 82 % y una desviación estándar del 2 %. Se relaciona este subindicador directamente con el tema de salidas de empleados, ya que la falta de personal o constantes capacitaciones por curva de aprendizaje ocasionan una tendencia negativa en la estabilización del proceso.

Figura 24

Resumen gráfico de aprovechamiento.

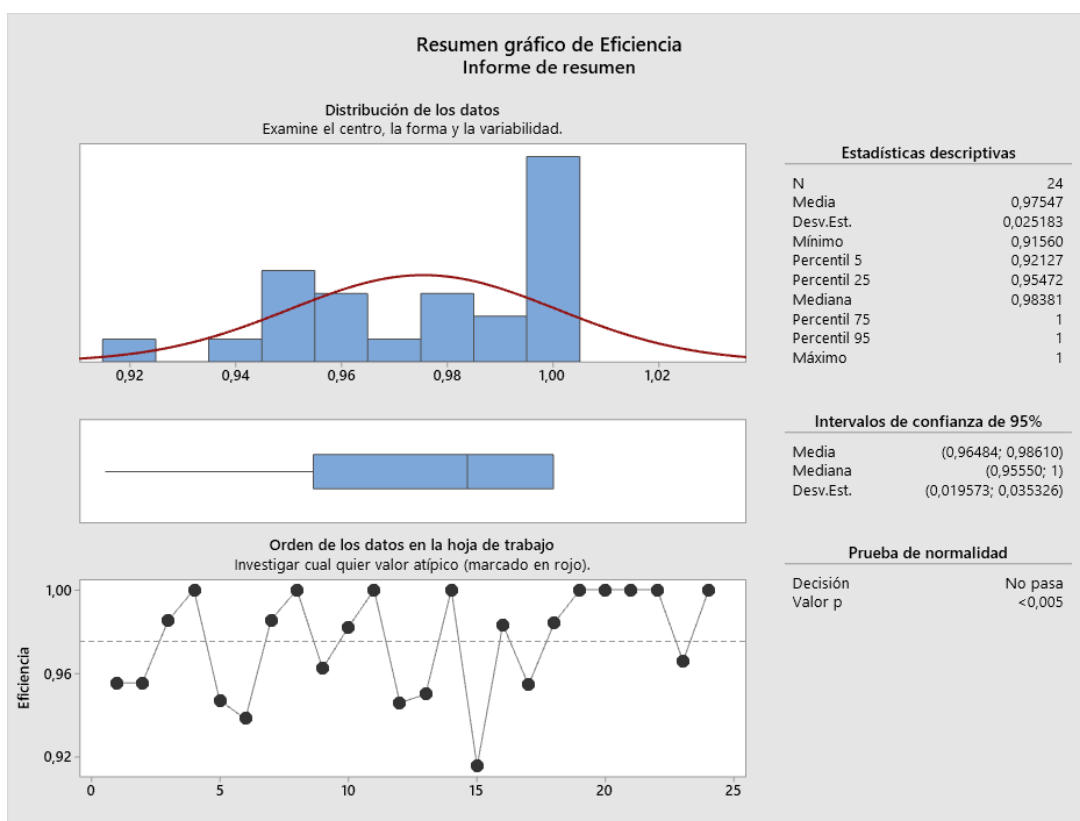


Nota. La figura anterior muestra estadísticos y gráficas relacionadas con el subindicador de aprovechamiento en la línea de conversión de bolsa para basura.

Eficiencia. Con respecto a la eficiencia, el indicador se mantiene con una media del 97 %, valor bastante aceptable. Su desviación estándar es del 2 %. Aunque existe un comportamiento irregular en las tendencias mensuales, en términos generales es aceptable.

Figura 25

Resumen gráfico de eficiencia

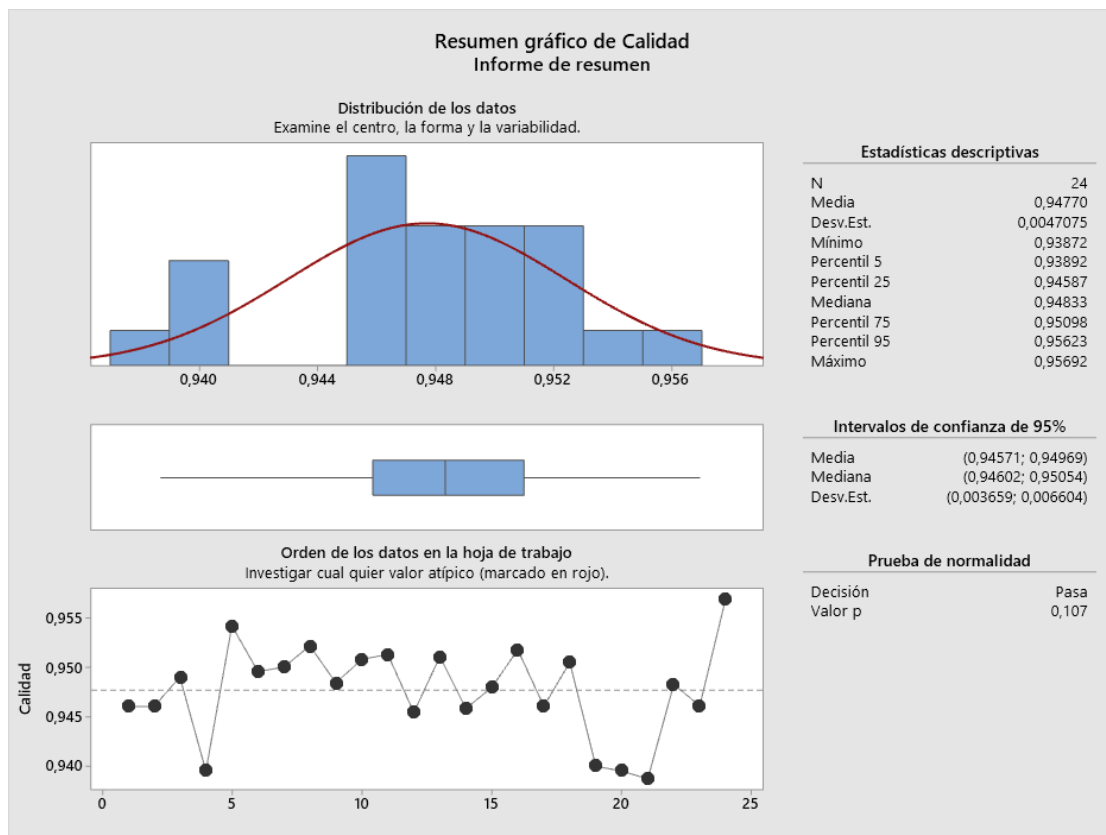


Nota. La figura anterior muestra estadísticos y gráficas relacionadas con el subindicador de aprovechamiento en la línea de conversión de bolsa para basura.

Calidad. Para la calidad la media se mantiene en 94.7 % con una desviación estándar del 0.4 %, los valores obtenidos por la línea de producción son muy satisfactorios.

Figura 26

Resumen gráfico de calidad

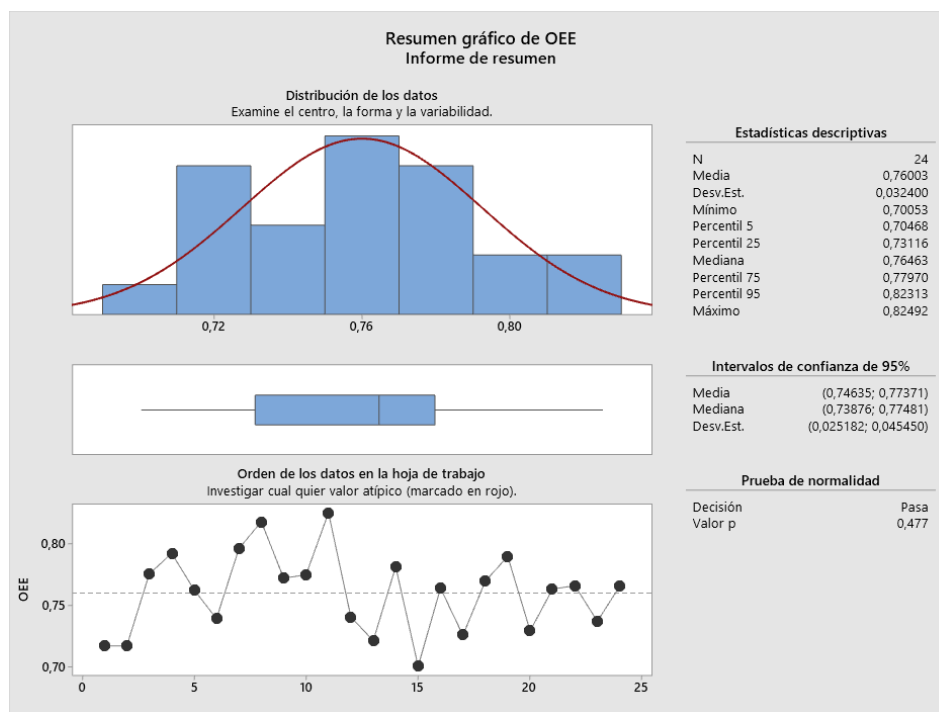


Nota. La figura anterior muestra las estadísticas y gráficas relacionadas con el subindicador de calidad en la línea de conversión de bolsa para basura.

OEE. A nivel de OEE la media es de 76 % con una desviación del 3.2 %. El indicador en su mayoría se ve afectado por el aprovechamiento actual en las líneas. Por consiguiente, existe una oportunidad de mejora para el proceso, la cual pretende abordarse mediante la investigación y propuesta de automatización *agile*, en donde la eficiencia de las líneas debería aumentar.

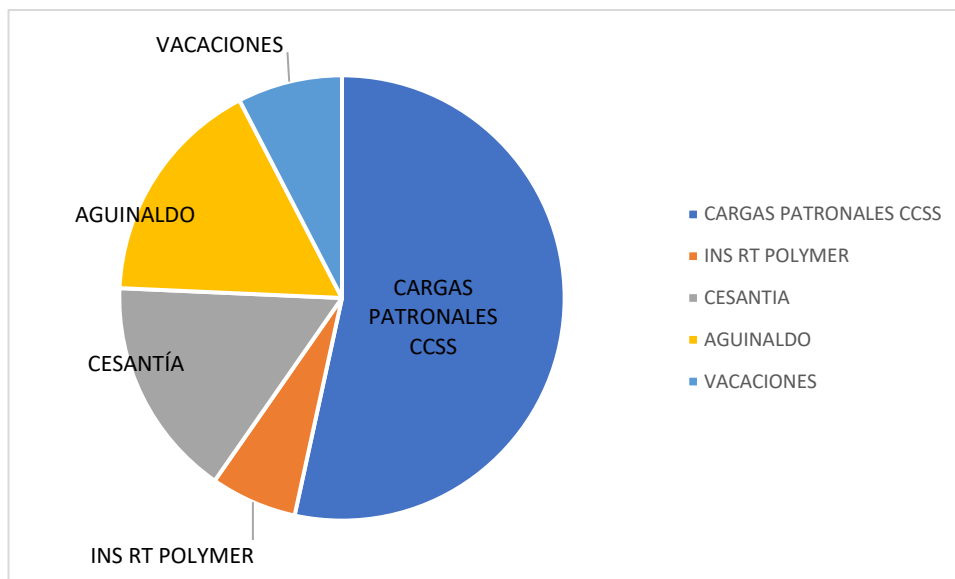
Figura 27

Resumen gráfico de OEE



Nota. La figura anterior muestra las estadísticas y gráficas relacionadas con el indicador de OEE en la línea de conversión de bolsa para basura.

Cargas sociales actuales para la línea de producción. A continuación, se mostrará un gráfico con las cargas sociales asignadas al personal operativo en el proceso de embalaje de bolsa de basura.

Figura 28*Cargas sociales*

Nota. La gráfica muestra los porcentajes asignados actualmente para las cargas sociales laborales.

Como lo muestra la gráfica anterior, las cargas sociales equivalen a un 49.33 %, porcentaje sumamente considerable para la operación. Estos equivalen a cargas que la compañía en la actualidad no puede evadir, lo que provoca que los costos de operación sean elevados, y a su vez, se cargue al costo del producto. Existe entonces una necesidad de automatizar para reducir la mano de obra en la línea, la cual cuenta con un aproximado de 60 ayudantes de proceso, quienes ejecutan las labores de embalaje. El personal está distribuido en turnos rotativos para trabajar 24 horas diarias durante 6 días semanales, ello genera un costo directo de mano de obra de \$692 056,49 anuales, cifra relevante para la compañía y que, además, limita el alcance de los objetivos.

Tabla 6*Costo operativo total de línea de embalaje bolsa para basura*

Máquinas	Ayudantes por maquina	Turnos de trabajo	Total, de ayudantes	Cargas sociales anuales por persona	Salario base+ productividad anual por persona	Subtotal anual de persona	Total, anual de ayudantes
C09	4	3	12	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$138 411,30
C10	4	3	12	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$138 411,30
C11	4	3	12	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$138 411,30
C12	4	3	12	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$138 411,30
C23	4	3	12	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$138 411,30
Σ	20		60			Σ	\$692 056,49

Nota. La tabla muestra el porcentaje obtenido de OEE para la línea de conversión bolsa para basura, así como sus subindicadores.

Resumen general de la situación actual

La situación actual es muy clara para la compañía, en donde se requiere un cambio urgente que logre cumplir con los objetivos. Las líneas de producción son afectadas por dos puntos muy específicos: las salidas de empleados y las cargas sociales asignadas, factores que influyen directamente en indicadores de costos, productividad, así como en la competitividad en el mercado de venta de bolsa para basura.

Es inminente lograr un cambio a corto y mediano plazo que posibilite a la línea de bolsa para basura competir en el mercado nacional e internacional, y de esta manera, consolidarse como una marca de calidad a un costo accesible para sus clientes. La automatización *agile* que se desea diseñar debe cumplir con los objetivos planteados por la organización, el diseño correcto reducirá costos y aumentará la productividad.

Capítulo VI: Diseño de propuesta

Objetivo de la propuesta

Diseñar un modelo de producción *agile* con la intención de mejorar el empaque de bolsas para basura, el cual permita reducir los índices de rotación de personal y optimizar costos de producción, mediante la automatización en el área de conversión Polymer S.A.

Descripción de la propuesta

Entrevistas al personal

A continuación, se exponen los resultados de las encuestas aplicadas a distintos niveles de personal, quienes interactúan directamente con la línea de conversión de la bolsa para basura. Cabe señalar que los resultados corresponden a la aplicación de diez encuestas a un equipo multidisciplinario conformado por supervisores, operadores, ingenieros de investigación y desarrollo y gestores de calidad; ello con el fin de recolectar una gran cantidad de opiniones, las cuales ayuden a elaborar una propuesta *agile* de automatización.

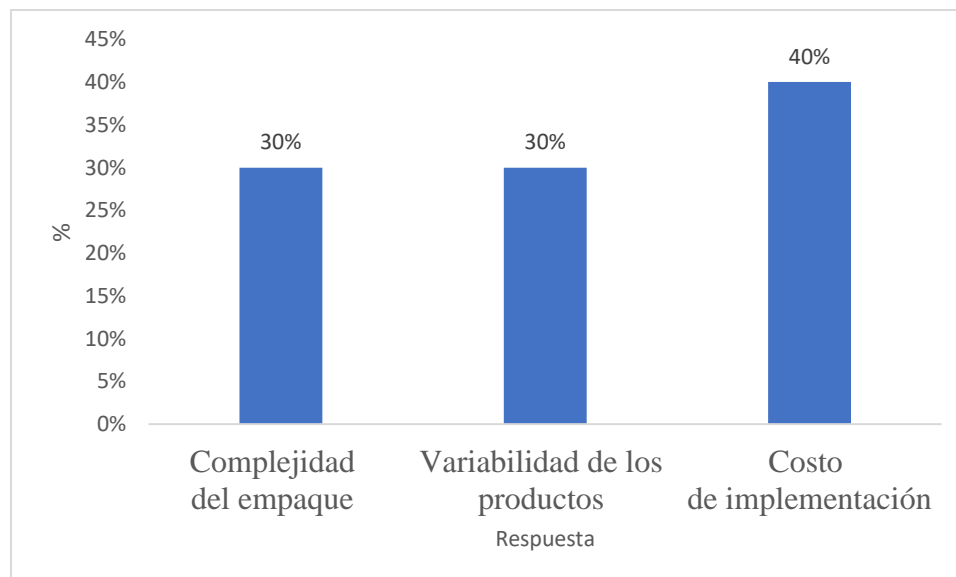
Pregunta 1 ¿Cuáles son las restricciones actuales que limitan la automatización?

Las respuestas permiten entender cuál es la principal limitante que podría generar un obstáculo en la automatización *agile* de la línea de conversión de la bolsa para basura. Estas serán determinantes para las siguientes etapas de la investigación, ya que darán insumos concretos en la toma de decisiones. Los resultados tabulados a la pregunta número 1 se detallan en la tabla 7, asimismo, en la figura 29 se observa gráficamente los valores obtenidos.

Tabla 7*Opciones de respuesta pregunta 1*

Opción de respuesta	Total, de respuestas	Porcentaje
Complejidad del empaque	3	30 %
Variabilidad de los productos	3	30 %
Costo de implementación	4	40 %
Total	10	100 %

Nota. La tabla muestra la distribución de respuestas.

Figura 29*Representación porcentual pregunta 1*

Nota. Se muestra el nivel porcentual de respuesta para la pregunta 1 de la encuesta.

Por un lado, como principal limitación se encuentra el costo de implementación, factor importante, ya que el alcance de la automatización y las posibles máquinas a utilizar son directamente proporcionales al costo del proyecto. Por lo tanto, será necesario realizar estudios de evaluación financiera para conocer la viabilidad y tomar decisiones. Por otro lado, en segunda posición el empate porcentual del 30 % refiere al empaque y a la variabilidad de los productos; estos son determinantes para el diseño y se deberán mapear.

Pregunta 2 ¿Considera importante contar con un proceso de capacitación extenso en el uso de las maquinas o robots de empaque automático?

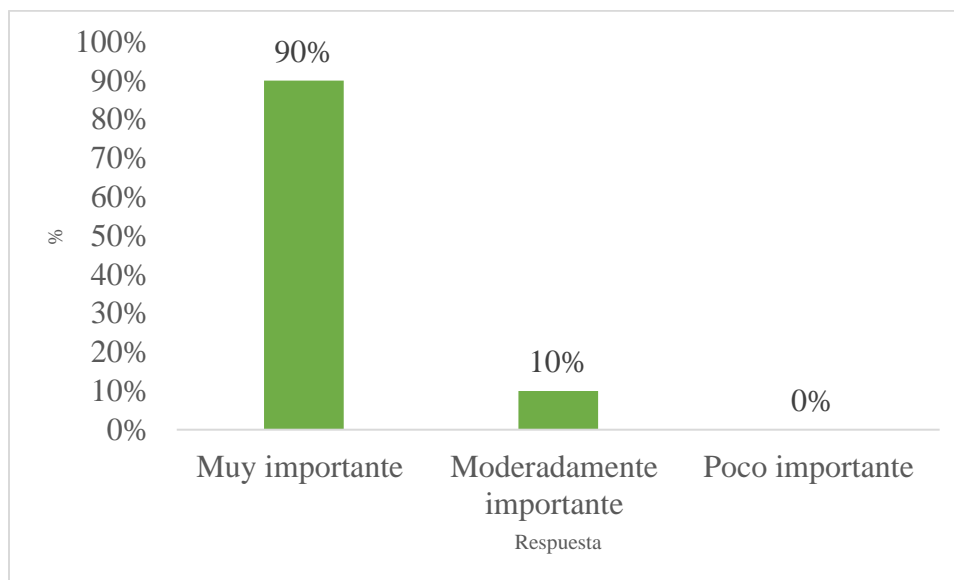
Se pretende conocer la opinión de las diferentes partes en cuanto a la necesidad de capacitar al personal en el uso de posibles máquinas automáticas, las cuales ejecuten las tareas de embalaje y aumenten la capacidad productiva. Las respuestas a dicha pregunta se observan en la tabla 8, asimismo, en la figura 30 se aprecia la distribución porcentual.

Tabla 8

Opciones de respuesta pregunta 2

Opción de respuesta	Total, de respuestas	Porcentaje
Muy importante	9	90 %
Moderadamente importante	1	10 %
Poco importante	0	0 %
Total	10	100 %

Nota. Se muestra la distribución de respuesta y porcentajes.

Figura 30*Representación porcentual pregunta 2*

Nota. El gráfico muestra el nivel porcentual de respuesta para la pregunta 2.

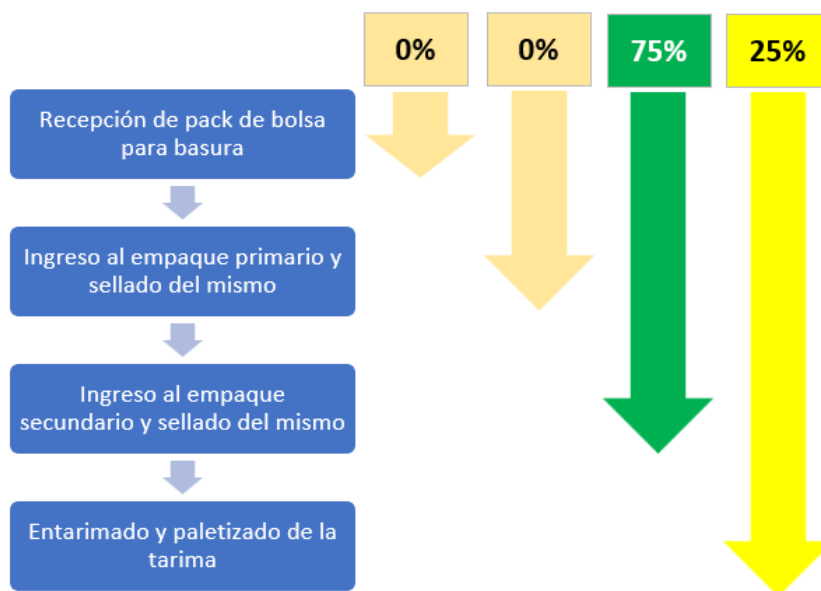
De acuerdo con la figura, el personal participante de la encuesta considera en un 90 % que la capacitación es un tema primordial para la puesta en marcha de este proyecto; a su vez, un 10 % señaló que dicha relevancia es “moderada”; finalmente, el 0 % piensa que es poco importante. El tema de la capacitación será determinante en el caso de adquirir equipos automáticos para el embalaje, ya que es fundamental contar con sistemas modernos que faciliten el uso y con distintos métodos visuales que permitan operar eficientemente.

Pregunta 3 ¿Qué puntos de la línea de embalaje debería abarcar la automatización?

A partir de la pregunta es posible segmentar el alcance que debería tener la automatización de acuerdo con los diferentes criterios del personal. Es importante determinar cuál será el alcance, para esto, y con posterioridad, se tendrá que llevar a cabo un análisis de costos. Los resultados a la interrogante se observan en la figura 31.

Figura 31

Representación porcentual pregunta 3



Nota. La figura muestra el nivel porcentual de respuesta para el alcance de automatización *agile* de la línea de conversión de la bolsa para basura.

Los entrevistados indicaron en un 75 % que la automatización debería abarcar las etapas de recepción de pack de bolsa para basura, ingreso al empaque primario, sellado del empaque primario, ingreso a empaque secundario y sellado. Un 25 % opina que debería incluir todas las etapas anteriores más el entarimado y paletizado de la tarima. Un 0 % señaló que la automatización debería considerar únicamente la primera o segunda etapa del embalaje.

Lo anterior permite determinar el alcance y enfoque del proyecto, en donde las maquinas deberán ser capaces de cumplir con todas las etapas del proceso de embalaje. Como tal, se revisarán diferentes características para tomar las decisiones más apropiadas, ello de acuerdo con el criterio de las personas que trabajan en la línea y en las etapas de:

- Recepción de pack de bolsa para basura.
- Ingreso al empaque primario y sellado.
- Ingreso al empaque secundario y sellado.

Pregunta 4 ¿Existen problemas relacionados con la producción manual actual?

Las respuestas proporcionan un dato importante, ya que reafirmarán la problemática de la cuál surge la necesidad de realizar la presente investigación. Al conocer las predilecciones de los encuestados, se afirma que existen motivos para desarrollar una propuesta *agile* de automatización dentro de la línea.

Tabla 9

Resultados tabulados de la pregunta 4

Opción de respuesta	Total, de respuestas	Porcentaje
Sí	10	100 %
No	0	0 %
Total	10	100 %

Nota. La tabla muestra los resultados tabulados.

Figura 32

Representación porcentual pregunta 4



Nota. La figura muestra el nivel porcentual de respuesta para la pregunta 4 de la encuesta.

El 100 % de los encuestados indicó que existen problemas relacionados con el método manual para llevar a cabo el embalaje dentro de la línea, esto reafirma lo expuesto en el análisis

de la situación actual, en donde se exponían como principales causas los índices altos de rotación de personal, las afectaciones en el indicador de OEE y el alto costo de las cargas sociales.

Pregunta 5 ¿Existe actualmente una etapa del proceso que atrasa la línea y causa trabajo en proceso por empacar?

El objetivo de la pregunta es determinar si, actualmente, existen etapas en el proceso del empaque que crean cuellos de botella, ello al ser operaciones que se ejecutan de forma manual. Se pretende conocer si resultase de ayuda la automatización *agile*, ya que reduciría tiempos muertos, cantidades de productos pendientes de empacar, entre otras variables con las cuales la línea se enfrenta día a día.

Tabla 10

Resultados tabulados de la pregunta 5

Opción de respuesta	Total, de respuestas	Porcentaje
Sí	10	100 %
No	0	0 %
Total	10	100 %

Nota. La tabla muestra los resultados tabulados.

Figura 33

Representación porcentual pregunta 5

¿Existe actualmente una etapa del proceso que atrasa la línea causando trabajo en proceso por empacar?



Nota. La figura muestra el nivel porcentual de respuesta para la pregunta 5 de la encuesta.

En la figura 33 se observa que el 100 % de las personas entrevistadas están de acuerdo con la pregunta, lo que indica que actualmente existen problemas asociados con las operaciones manuales ejecutadas, esto afecta las líneas y causa acumulación de trabajo por procesar o empacar. Se espera que con la propuesta de un diseño de automatización *agile* dicha situación se erradique y se mejore el OEE actual con el que cuenta el proceso.

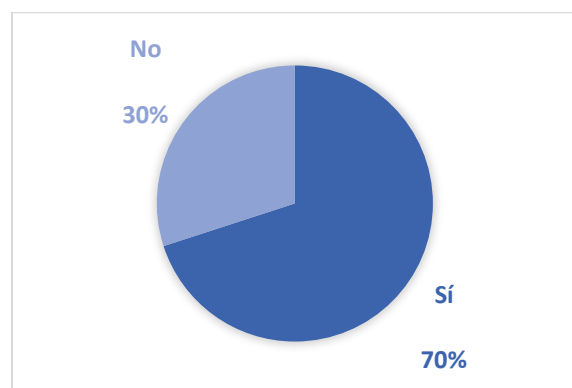
Pregunta 6 ¿Considera que la automatización beneficiaria a la línea al no contar con ausencias o falta de personal?

Se pretende determinar la opinión del personal en cuanto a si la automatización realmente beneficia a las líneas de conversión de bolsa para basura al no contar con ausencias o falta de personal. Al conocer la opinión del personal operativo, supervisores y personal de soporte, se presenta una posible resistencia al cambio al desarrollar una automatización *agile*.

Tabla 11*Resultados tabulados de la pregunta 6*

Opción de respuesta	Total, de respuestas	Porcentaje
Sí	7	70 %
No	3	30 %
Total	10	100 %

Nota. La tabla muestra los resultados tabulados.

Figura 34*Representación porcentual pregunta 6*

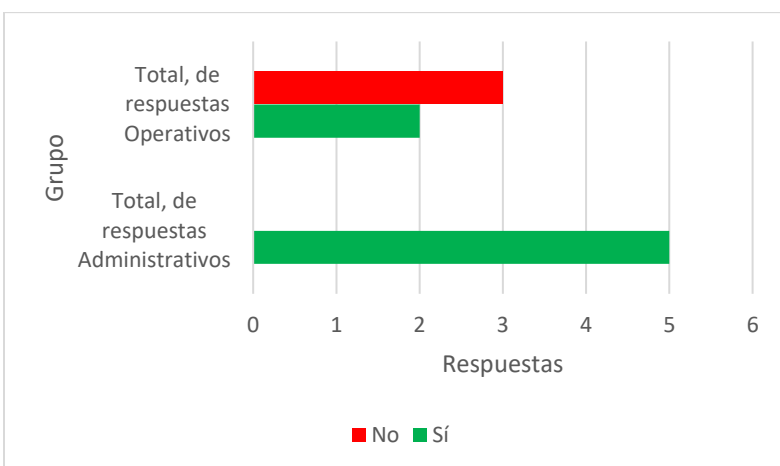
Nota. Se muestra el nivel porcentual de respuesta para la pregunta 6 de la encuesta.

Tal y como se puede observar, un 70 % de los encuestados está de acuerdo con la automatización, ya que beneficiaría a la línea al disminuir el personal operativo; mientras que un 30 % de las respuestas fueron negativas. Lo anterior obliga a analizar los resultados para determinar qué grupo está en desacuerdo.

Tabla 12*Respuesta pregunta 7 por tipo de personal*

Opción de respuesta	Total, de respuestas administrativos	Total, de respuestas operativos
Sí	5	2
No	0	3

Nota. La tabla muestra los resultados tabulados a la pregunta 7.

Figura 35*Respuestas a pregunta 7 por tipo de personal*

Nota. Se muestra la clasificación de respuestas entre el personal entrevistado.

Al verificar la data, el personal operativo corresponde al 50 % del entrevistado, dentro de dicho porcentaje, un 30 % no está a favor. Esto se puede deber a varios factores, entre ellos la carga de trabajo por tener que operar más equipos y empatía por los ayudantes de proceso que ejecutan tareas manualmente. Lo anterior se debe considerar, ya que se deberá trabajar con el personal para que estén de acuerdo con que la automatización beneficiaría a la empresa.

Pregunta 7. Puntos que afectan directamente la automatización

A partir de la pregunta se determinan las principales variables por considerar, de manera que se logre automatizar las líneas. Se pretende analizarlas para que, al implementar las

propuestas, se ataquen dichos puntos y se establezcan acciones de mejora antes de iniciar con el proyecto.

Tabla 13

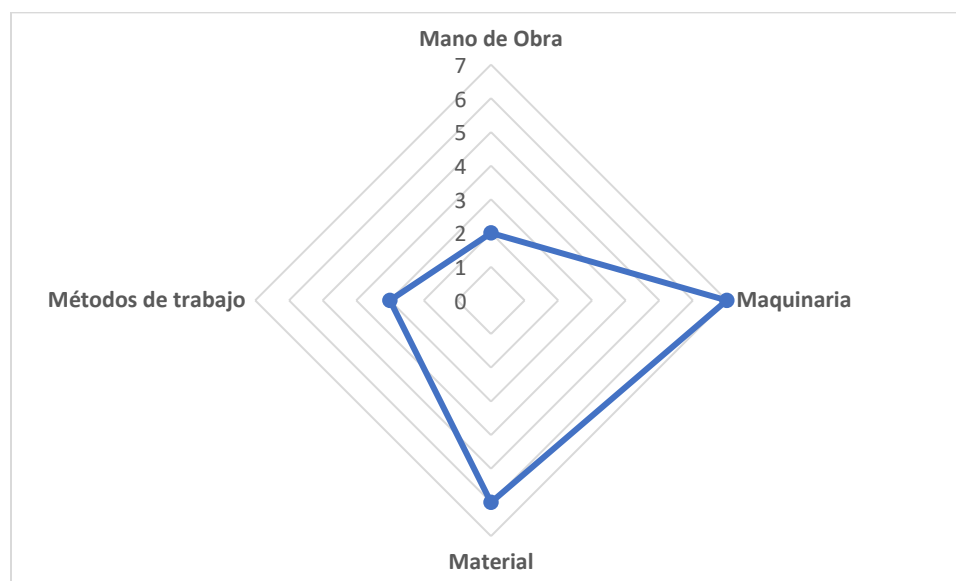
Resultados tabulados de la pregunta 7

Opción de respuesta	Total, de respuestas	Porcentaje
Mano de Obra	2	11 %
Maquinaria	7	39 %
Material	6	33 %
Métodos de trabajo	3	17 %

Nota. La tabla muestra los resultados tabulados a la pregunta 7.

Figura 36

Representación gráfica pregunta 7

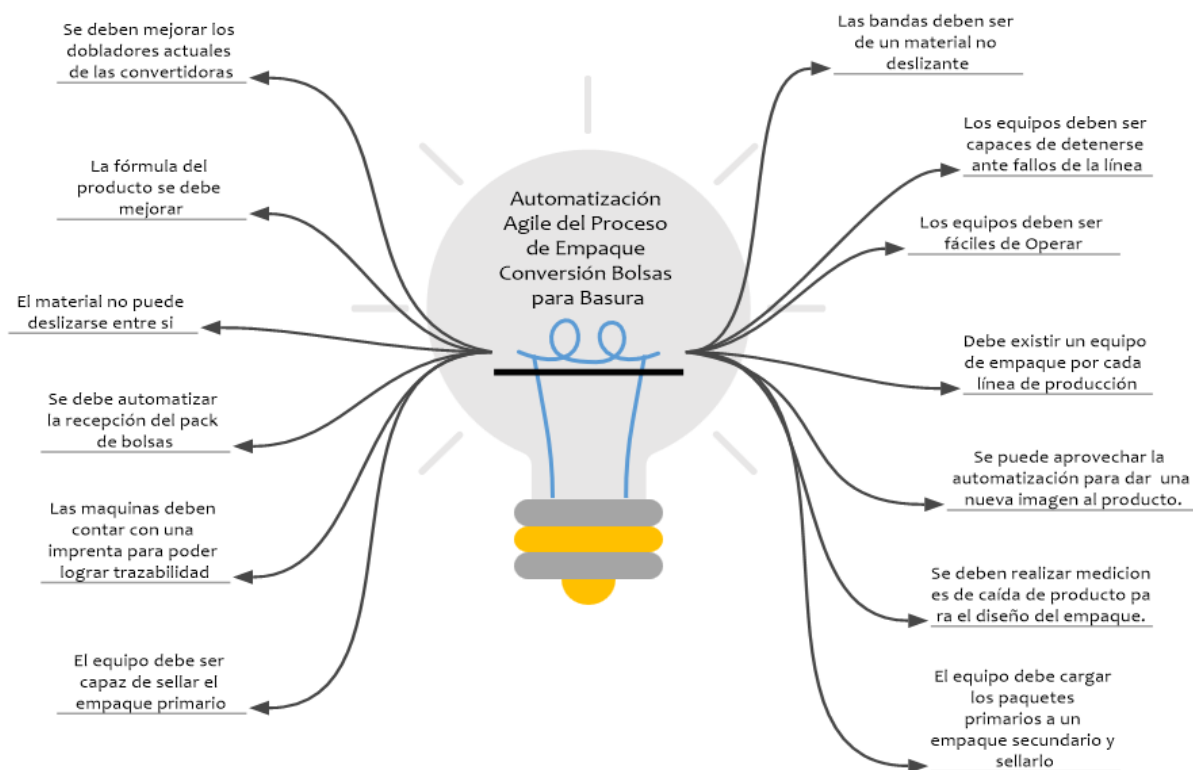


Nota. Se muestran las principales variables en consideración para la automatización *agile* del empaque de conversión de bolsa para basura.

De acuerdo con la figura anterior, la maquinaria logra un 39 % de respuesta, seguido de material el cual alcanza 33 %, posteriormente encontramos los métodos de trabajo con un 17 % y finalmente mano de obra con 11 %, esta información es sumamente importante como entrada para el diseño de la propuesta, por lo tanto es necesario entender más a profundidad de que se tratan estas variables para lo cual serán desarrolladas mediante una lluvia de ideas que ayuden a recolectarlas y mapearlas para el diseño *agile* de automatización.

Lluvia de ideas para la propuesta

Con la intención de identificar las variables principales por analizar, se llevó a cabo una lluvia de ideas donde se relacionan aspectos y características, los cuales se comportan como variables dentro del proceso productivo de la línea de embalaje de conversión bolsa para basura; esta se elaboró junto con un equipo multidisciplinario conformado por las partes que interactúan con la línea, operadores, supervisores e ingenieros, mediante la información recolectada por la encuesta. De tal forma, se establecieron los factores insumo para determinar el mejor diseño de automatización.

Figura 37*Lluvia de ideas automatización agile*

Nota. La figura muestra una lluvia de ideas para determinar las principales variables del proceso de embalaje e insumos para la automatización *agile*.

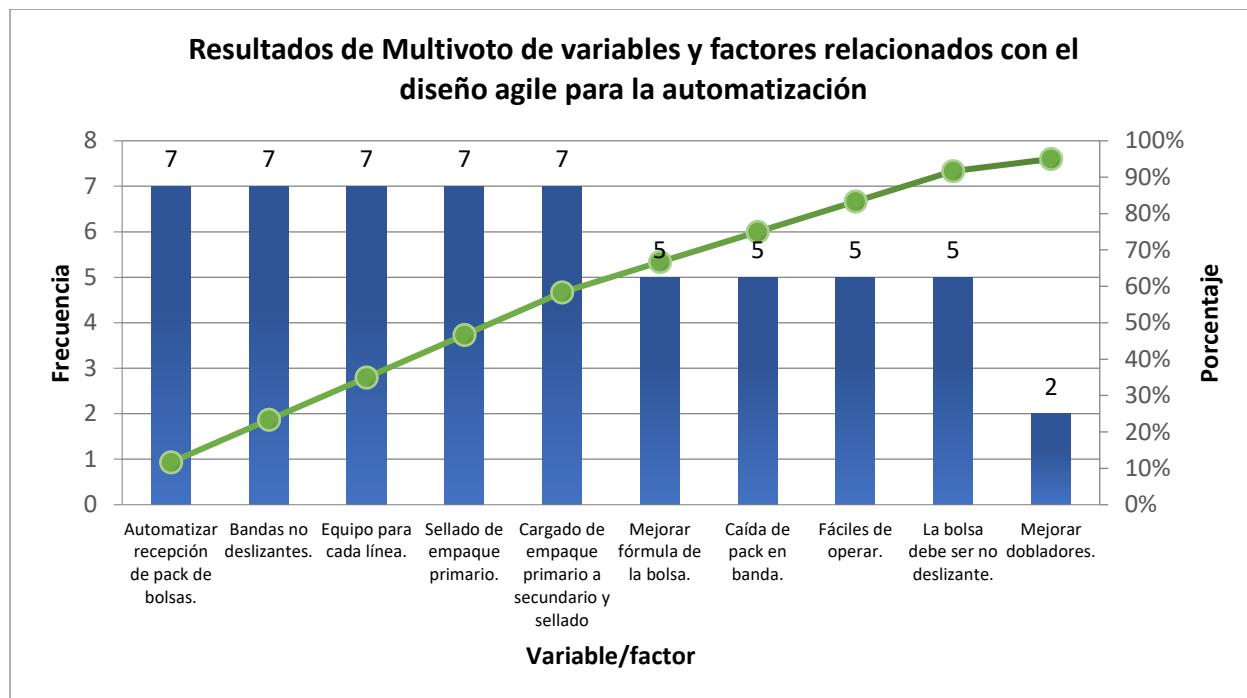
Multivoto

Una vez determinadas las variables y los factores se procedió a validarlas para determinar si poseen la misma importancia, lo cual se llevó a cabo mediante un multivoto. De esta forma se pretende realizar una votación múltiple a cada una de las variables que los interesados consideran relevante.

Se limitó a los participantes a definir únicamente las seis variables que consideren más importantes, ello debido a que se desea conocer cuáles son las características más significativas en las que se debe centrar la investigación para el correcto diseño de la propuesta. Una vez realizada la votación se procede a confeccionar un Pareto para identificar cuáles de estas representan el 80 % de las votaciones; es decir, las seleccionadas como más relevantes.

Figura 38

Pareto variables y casusas para automatización agile



Nota. La figura muestra un Pareto con las principales causas por considerar en la automatización agile del proceso de embalaje.

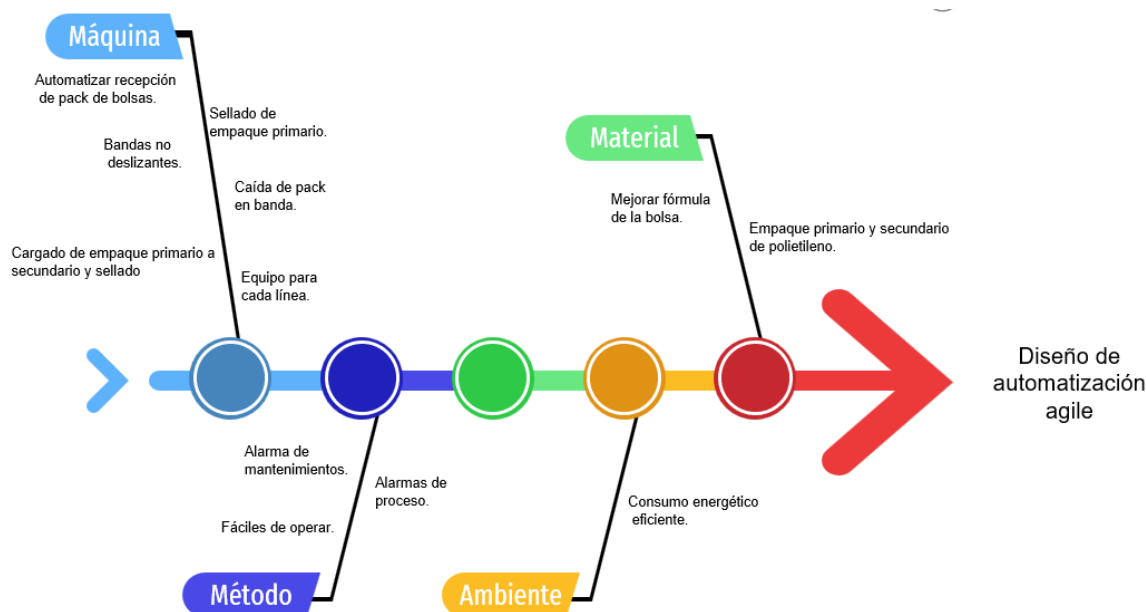
Aunque todas las variables se consideran de importancia para la investigación, se desarrollarán aquellas que son determinantes en la formación del diseño para la automatización.

Diagrama de Ishikawa

Para categorizar cada una de estas variables se utiliza un diagrama de Ishikawa representado en la siguiente figura.

Figura 39

Diagrama de Ishikawa en el diseño de automatización agile



Nota. La figura muestra un diagrama de Ishikawa con las variables importantes para diseño de automatización *agile*.

A continuación, se define la correspondencia de cada una de las variables, ello es de importancia para, posteriormente, establecer la idea de propuesta *agile* en el proceso de empaque.

- 1. Equipo para cada línea:** Es importante, como entrada para el diseño, definir la cantidad de equipos necesarios poder llevar a cabo la automatización. Se decide contar con un equipo automático para cada una de las líneas por la naturaleza del proceso; es decir, al contar con cinco líneas de conversión de bolsa para basura, cada una de ellas puede fabricar al mismo tiempo las siete diferentes presentaciones que la empresa tiene en su cartera de productos.
- 2. Automatizar recepción de pack de bolsas:** Como primer elemento por automatizar, se define la recepción de pack de bolsas convertidas, ya que en este punto de la operación se cuenta con dos ayudantes, ambos necesarios para poder ejecutar las tareas.
- 3. Sellado de empaque primario:** Una vez las bolsas están formadas y han sido colocadas dentro de un empaque primario, es necesario realizar el sellado. Esta operación se debe contemplar dentro de la automatización.

4. **Caída de pack en banda:** Se considera la caída de las bolsas en una posible banda transportadora, punto crítico de control dentro del diseño, ya que por la naturaleza del producto estas tienden a deslizarse y, por ende, a desacomodar el pack.
5. **Bandas no deslizantes:** Al contar con un producto que, como característica, tiene un coeficiente de fricción bajo resulta importante dentro del diseño incorporar bandas que no deslicen y ayuden a mantener el pack de bolsas en la posición correcta.
6. **Mejorar fórmula de la bolsa:** Ante el problema de posible deslizamiento de las bolsas, se debe mejorar la fórmula actualmente utilizada para la fabricación de la película de polietileno, de manera tal que se logre aumentar el coeficiente de fricción.
7. **Fáciles de operar:** Se debe tomar en cuenta que los equipos colocados en la línea serán trabajados por los mismos operadores de máquina con los que se cuenta actualmente, razón por la cual es importante que esta sea sencilla.
8. **Alarmas de proceso y mantenimiento:** El equipo debe contar con alarmas que den aviso al operador en caso de presentarse alguna falla por mantenimiento o por tema de proceso.
9. **Consumo energético:** Es importante que dentro del diseño de máquinas que se decida utilizar se cuente con un consumo energético, el cual permita ahorrar energía, de manera que se contribuya con el medio ambiente y no se genere un sobre costo para la operación.

Estudio de tiempos

A continuación, en la figura se muestran los tiempos determinados para los procesos del empaque manual con los que se cuenta actualmente para cada una de las presentaciones de bolsa para basura en las cinco líneas de conversión. Es importante mencionar que se decidió utilizar un muestreo de tiempos de cada presentación con el fin de tener el tiempo total acumulado para fabricar una tarima de producto.

Figura 40

Estudio de tiempos por presentación de bolsa de basura

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SIMBOLOS PROCESOS					GIGANTE	GRANDE	JARDIN	JUMBO	MEDIANA	PEQUEÑA	EXTRA GRANDE
	●	→	■	◐	▼							
Unidades por paquete	●					6,0	9,0	5,0	6,0	9,0	9,0	9,0
Acumulado de pack de bolsas (Maquina)				●		11,1	15,0	12,7	4,9	16,5	22,9	10,4
Ayudante empacando en empaque primario			●			4,0	6,0	3,0	4,0	6,0	6,0	6,0
Ayudante sellando el empaque primario			●			2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Total tiempo de ciclo (s)						17,1	23,0	17,7	10,9	24,5	30,9	18,4
pq/min						3,5	2,6	3,4	5,5	2,4	1,9	3,3
pq/h						211,1	156,3	203,1	328,8	146,9	116,3	195,4
Cantidad de paquetes por fardo						14	9	12	8	10	17	14
	●	→	■	◐	▼							
Ingreso de empaque primario en secundario			●			233,6	215,3	213,5	89,7	252,7	515,8	252,4
Sellado del empaque secundario (fardo)			●			2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Traslado hacia la tarima del fardo		●				12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Total tiempo de ciclo (s)						247,6	229,3	227,5	103,7	266,7	529,8	266,4
fardos/min						0,2	0,3	0,3	0,6	0,2	0,1	0,2
fardos/h						14,5	15,7	15,8	34,7	13,5	6,8	13,5
Cantidad de fardos por tarima						25	49	25	16	56	90	30
Armado total de la tarima (s)						6189,3	11233,4	5688,2	1659,9	14934,9	47682,8	7992,7
Tarimas/h						0,6	0,3	0,6	2,2	0,2	0,1	0,5
Tarimas/día						14,0	7,7	15,2	52,1	5,8	1,8	10,8
OEE Actual: 76%						10,6	5,8	11,5	39,6	4,4	1,4	8,2

Nota. La figura nos permite visualizar los tiempos de ciclo, operaciones, cantidades y demás factores que son variables en las líneas de conversión de bolsa para basura.

Cabe mencionar que los pasos se realizan de manera secuencial; estos actualmente equivalen a 5 manuales, necesarios para poder completar el embalaje en la línea de conversión bolsa para basura, en su mayoría directamente relacionados a mano de obra. Estos se observan y categorizan en la figura 41.

Figura 41

Secuencia de pasos manuales del embalaje

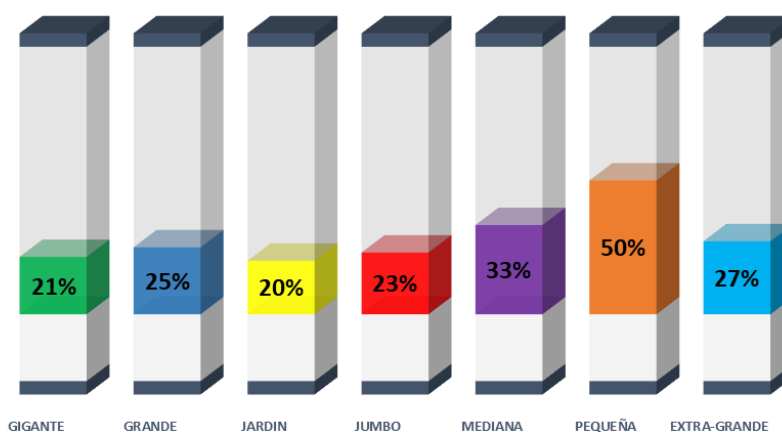
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Numero	Categoría	SÍMBOLOS PROCESOS				
			●	➔	■	◐	▼
Acumulado de pack de bolsas	1	Máquina				●	
Ayudante empacando en empaque primario	2	Mano de Obra			●		
Ayudante sellando el empaque primario	3	Mano de Obra			●		
Ingreso de empaque primario en secundario	4	Mano de Obra			●		
Sellado del empaque secundario (fardo)	5	Mano de Obra			●		
Traslado hacia la tarima del fardo	6	Mano de Obra		●			

Nota. La figura muestra los pasos secuenciales para confeccionar totalmente una tarima de producto terminado de bolsa para basura.

Al realizar un cálculo para obtener la cantidad total de tarimas, con un OEE del 76 %, que puede fabricar cada una de las líneas de conversión bolsa para basura versus las tarimas que realmente debería producir la línea, se tiene una pérdida importante de productividad. Esta se aprecia en la figura 43.

Figura 42

Pérdida porcentual de producción bolsa para basura



Nota. La figura muestra un gráfico que permite visualizar los niveles porcentuales de pérdida de producción actualmente sufridos en las líneas.

Como se logra observar en la gráfica anterior, la pérdida de producción es notoria y afecta considerablemente a todas las presentaciones de producto, en especial a la bolsa para basura pequeña, la cual cuenta con una déficit del 50 %, número significativo; de igual forma, la bolsa para basura mediana presenta un 33 % de pérdida; ello ya que estas dos acumulan los tiempos de ciclo total más altos, sinónimo de operaciones manuales más repetitivas con una cantidad importante de producto terminado en cada tarima.

En esta línea, las gigantes, grande, jardín, jumbo y extragrande cuentan en promedio con un 23 %, números preocupantes, ya que demuestra como las líneas se ven afectadas por elementos humanos que inciden directamente en los niveles de producción alcanzados. La información anterior permite diseñar un modelo de automatización *agile* robusto, ya que se cuenta con todos los insumos y herramientas necesarias para exponer una solución real que ataque los problemas actuales sufridos por la compañía con dicho proceso.

Propuesta de mejora

Productos manufacturados

Antes de describir la propuesta de mejora, se realiza el análisis de productos que actualmente se fabrican en las líneas de conversión bolsa para basura. Se inició con el inventario de dichos artículos con el fin de conocer la cantidad total, así como sus características más importantes.

Tabla 14

Tabla de productos manufacturados

Presentación	Cantidad de artículos	Cantidad de bolsas por empaque	Promedio de Ancho (cm)	Promedio de Largo (cm)	Promedio de Espesor (mils)
Gigante	7,0	6,0	81,0	101,0	1,7
Grande	24,0	9,0	62,0	75,4	1,0
Jardín	13,0	5,0	81,8	117,1	1,4
Jumbo	7,0	6,0	93,6	129,3	2,1
Mediana	13,0	9,0	52,7	58,6	0,8
Pequeña	18,0	9,0	43,9	47,0	0,8
Extra-Grande	4,0	9,0	76,0	86,0	1,0

Nota. La tabla muestra las presentaciones actuales que se manejan para bolsa de basura, cantidad de artículos y características en cuanto a medidas.

La tabla anterior suministra una entrada sumamente importante para la propuesta de mejora, como se logra observar, el proceso actualmente cuenta con 7 presentaciones de bolsa para basura; cada una de ellas posee diferentes medidas en relación con su fabricación, como lo son: anchos, largos, espesores y cantidad de unidades por empaque. Las características de producto suministran al proceso factores que afectan temas de velocidad de producción, condiciones de sellado, diseño de empaque, embalaje, entre otras variables relevantes para cotizar los equipos de automatización en las tareas de embalaje.

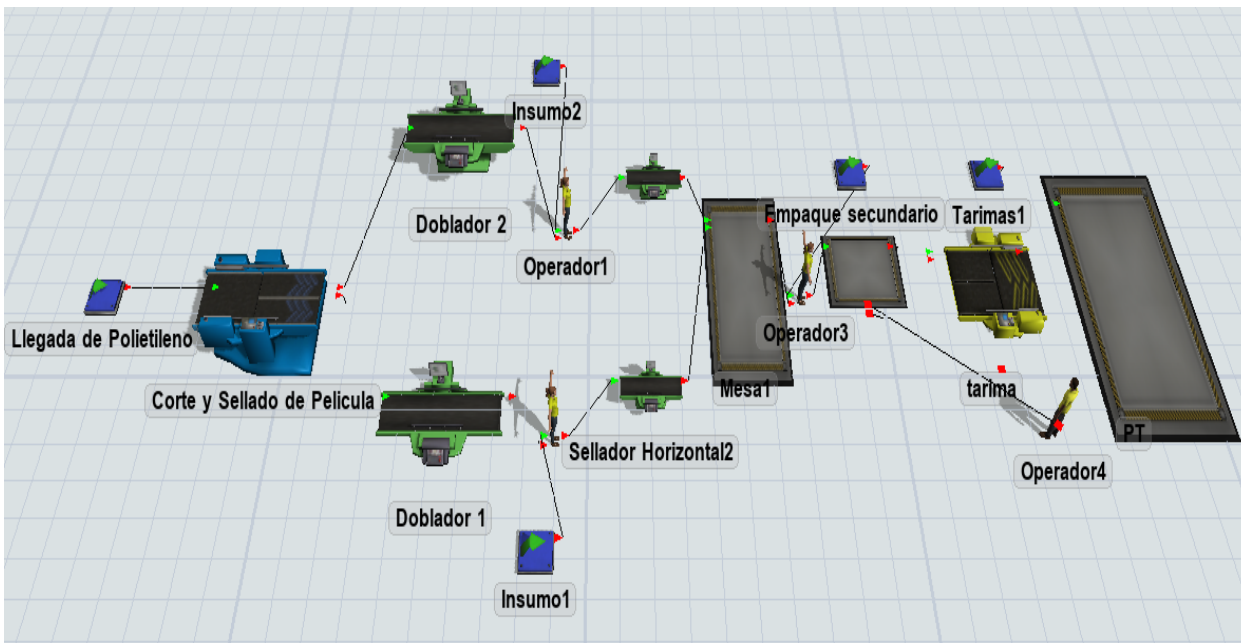
Propuesta de diseño en Flexsim

Flexsim es una herramienta muy poderosa en tema de simulación de procesos; además de proyectar de manera visual cómo está compuesto y de qué manera se puede mejorar, ve las deficiencias u oportunidades de mejora. A continuación, se mostrará el diseño actual de las líneas y el propuesto, para luego ser desarrollado más minuciosamente.

Diseño actual en flexsim. A continuación, el software permite visualizar cómo están constituidas actualmente las cinco líneas de conversión bolsa para basura.

Figura 43

Diseño actual del proceso



Nota. La figura anterior permite ver los diferentes elementos que componen las líneas de producción y cómo las etapas del embalaje final están constituidas.

Ayudantes que reciben los packs. Actualmente cada línea de producción cuenta con dos ayudantes de proceso, cuya función es recibir los packs de bolsas para basura. Luego, estos proceden a introducirlos en un empaque primario.

Selladoras horizontales. Una vez los packs se encuentran almacenados dentro del empaque primario, el ayudante procede a aplicar un sello mediante una selladora horizontal; luego estos se pasan a una mesa de trabajo en proceso.

Ayudante de empaque secundario. Posteriormente, un ayudante toma los empaques primarios y comienza a introducirlos dentro de uno secundario para formar un fardo, el cual, al ser completado con la cantidad específica, deberá sellarlo.

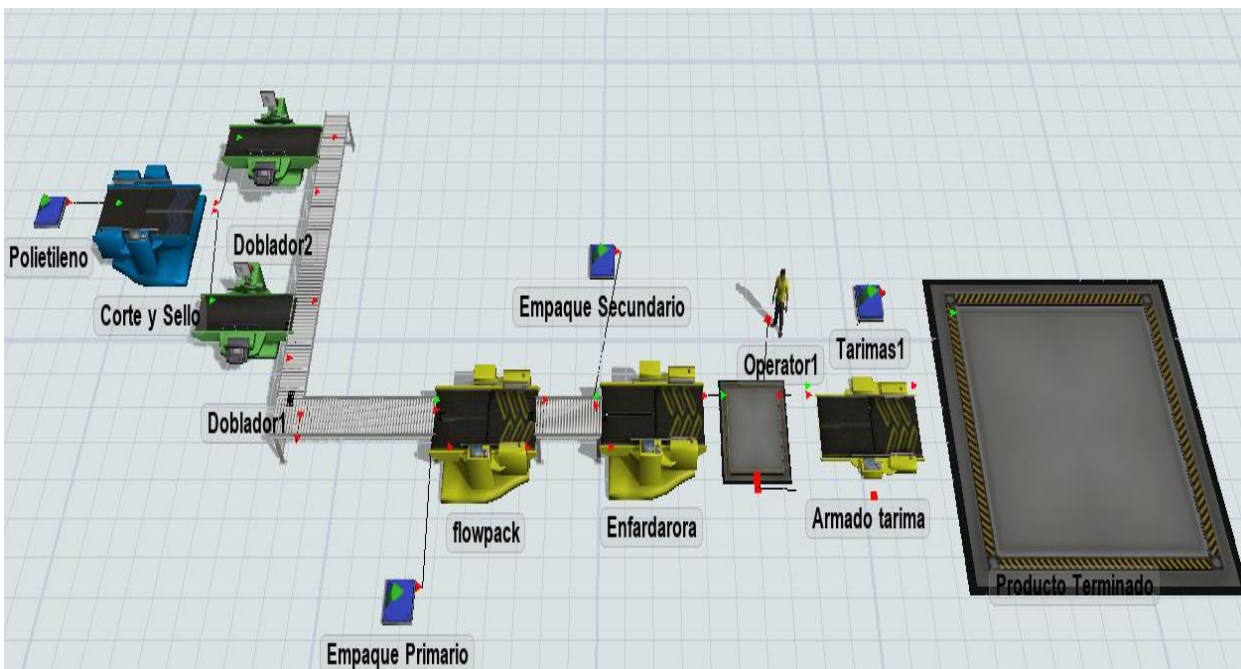
Ayudante de embalaje de producto. Finalmente, un ayudante se dispone a colocar los fardos en una tarima de acuerdo con un embalaje previamente definido, para terminar el proceso con el embalado y entrega de la tarima a bodega.

El modelo actual de producción, junto con todas las ideas generadas mediante las diferentes herramientas utilizadas en la investigación, permite desarrollar una propuesta para el diseño *agile* automatizado, el cual posibilite a la línea y empresa lograr sus objetivos planteados.

Diseño propuesto de automatización *agile* en flexsim. Al tomar en consideración el análisis de situación actual, lluvia de ideas, multivotación, diagrama de Ishikawa, estudios de tiempos, observaciones y entrevistas junto con un equipo multidisciplinario, se presenta la siguiente propuesta de diseño automatizado *agile* para cada una de las cinco líneas de conversión bolsa para basura.

Figura 44

Diseño propuesto para automatización agile



Nota. La figura muestra el diseño propuesto para la automatización.

En la figura 44 se observa el diseño propuesto, el cual será detallado a continuación. Se explicará cada uno de los elementos que la componen y su función dentro de las líneas automáticas de empaque. Se define el siguiente alcance:

- Recepción de pack de bolsa para basura.
- Ingreso al empaque primario y sellado.
- Ingreso al empaque secundario y sellado.

Bandas transportadoras. Para la propuesta de diseño automatizado serán necesarias cinco bandas para cada una de las 5 líneas de conversión. La banda transportadora recibirá el producto de los dos dobladores A y B de las máquinas, para, posteriormente, colocarlos en la banda transportadora de la máquina *flow pack*; ambas se unirán con un ángulo de 90°, ya que el producto no puede perder su orientación. A continuación, se detallan las características.

Tabla 15*Tabla de especificaciones de bandas*

Numero de banda	Sección	Dimensiones		Total, de bandas para 5 convertidoras	Observaciones
		Ancho (cm)	Largo (cm)		
1	Recepción de dobladores hacia banda número dos en ángulo de 90°	37,5	207	2	Material antideslizante.
		37,5	183	3	Soportes ajustables para altura hasta 120cm en tubo cuadrado de 1 1/2". Bandas motorizadas.

Nota. La tabla muestra las características de las bandas para el diseño automatizado.

Empacadora automática *flow pack*. Para el empaque primario se utilizarán cinco máquinas tipo *flow pack*, las cuales en su diseño incluirán una banda que alimentará los packs de bolsas para basura hasta la entrada del equipo. Estas son comúnmente utilizadas en la industria del empaque de productos de forma automatizada.

Dichas empacadoras consisten en introducir el producto en una lámina de material flexible que se forma y sella alrededor. Se escogen tales máquinas como opción, ya que Polymer es fabricante de láminas flexibles de polietileno y cuenta con la experiencia en la fabricación de este tipo de películas para otras industrias; por consiguiente, los empaques primarios serán diseñados internamente por el departamento de ingeniería de empaque de la compañía de acuerdo con los requerimientos técnicos del fabricante de los equipos.

Figura 45*Máquina flow pack*

Nota. Adaptado de Ulma Sienna (s.f).

Empacadora automática tipo enfardadora. Como opción para el empaque secundario se elige una maquina tipo enfardadora automática, la cual tomará los empaques primarios mediante una banda incorporada y los alimentará hasta la enfardadora. Como característica, esta utiliza bobinas plásticas de polietileno de baja densidad para envolver y asegurar los productos al crear un bulto compacto y resistente que envuelve el empaque primario para ser luego entarimado.

Debido a que dicho tipo de empaque permite asegurar el producto durante toda su cadena de abastecimiento hasta los puntos de venta, esta es una opción viable para la propuesta de diseño automatizado. A su vez, también Polymer cuenta con la experiencia para la fabricación, por lo cual el departamento de ingeniería de empaques desarrollaría el empaque secundario de acuerdo con los requerimientos técnicos y necesarios.

Figura 46

Máquina enfardadora










Nota. Enfardadora automática, Tecnotok. (2023).

Ayudante de proceso de final de línea. Al final de la maquina enfardadora se ubicará un ayudante de proceso, el cual tomará los fardos y se dispondrá a colocarlos en la tarima para formar el embalaje final del producto; adicional, este dará soporte en cuanto a la operación de las dos máquinas de empaque automático tipo *flow pack* y enfardadora.

Diseño de empaque primario

Definido el flujo de la operación, mediante un sistema *agile* automatizado, es importante establecer de qué manera se lograría empaclar los packs de bolsas para basura; como tal, se toma en cuenta las siete diferentes presentaciones que actualmente se producen, además del diseño de máquinas propuesto.

Figura 47*Diseño de empaque primario tipo flow pack*

	Producto	Descripción producto	Dimensiones producto (mm) Largo-Ancho- Alto	Unidades por pack (promedio)
1		Bolsa basura kanguro oxo (pequeño) 1	140 x 127 x 60	9
2		Bolsa basura (mediano) 3	173 x 160 x 97	9
3		Bolsa basura (jumbo) 3	357 x 245 x 122	6
4		Bolsa basura (jardín) 1	272 x 222 x 83	5
5		Bolsa basura (grande) 3	210 x 169 x 107	9
6		Bolsa basura (gigante) 2	272 x 222 x 73	6
7		Bolsa basura (extra-grande) 2	237 x 210 x 73	9








Nota. La tabla muestra las características del empaque primario *flow pack*.

Como se indicó anteriormente, para el empaque primario se utilizará una maquina tipo *flow pack*; con esta se logrará un diseño de empaque innovador, eficiente, y seguro, el cual cumplirá con los objetivos de la compañía; además, puede ser creado por Polymer.

Diseño de empaque secundario

Para el empaque secundario se utiliza una maquina enfardadora, razón por la cual es fundamental conocer las características de empaque con base en las bolsas tipo *Flow pack* que se obtendrían. Seguidamente se detalla el diseño propuesto.

Figura 48*Diseño de empaque secundario*

Dimensiones del fardo										
Presentación	Paquetes por fardo (1m)	Peso por paquete (g)	Peso fardo (1m) kg	Ancho (mm)	Largo (mm)	Alto (mm)	Paquetes por tarima	Fardos por tarima	# de camas	Ilustración
Pequeña	17	70,0	1,2	127	1000	140	1500	90	10	
Mediana	10	105,0	1,1	160,0	1000	173,0	577	56,0	8,0	
Jumbo	8	1100,0	9,0	245,0	1000	357,0	131	16,0	4,0	
Jardín	12	328,0	4,0	222,0	1000	272,0	301	25,0	5,0	
Grande	9	287,0	2,7	169,0	1000	210,0	458	49,0	7,0	
Gigante	14	732,0	10,0	222,0	1000	272,0	342	25,0	5,0	
Extra-grande	14	315,0	4,3	210,0	1000	237,0	411	30,0	6,0	

Nota. La tabla muestra las características del empaque secundario mediante enfardado.

El diseño de producto está definido con un largo de fardo de un metro, medida estándar de una tarima. De acuerdo con las características del empaque primario (*flow pack*) establecido para la automatización, se presenta un diseño de embalaje final, el cual cumple con los

requerimientos para empaacar las siete diferentes presentaciones de producto con los que se cuenta.

Estimaciones de producción

Definidas las características de automatización con el modelo *agile*, así como los métodos de empaque automático, tipo *flow pack* y enfardado, se obtienen diferentes beneficios en las líneas de empaque de bolsa para basura que ayudarían en el aumento del OEE del proceso. Estos se nombran a continuación:

- 1. Incremento de velocidad de producción.** Al automatizar el proceso se alcanzan velocidades más altas y constantes en comparación con uno manual; esto contribuye en la reducción del tiempo de ciclo y aumenta la cantidad de unidades producidas.
- 2. Disminución de tiempos muertos.** El automatizar las líneas de empaque minimiza un número significativo de tiempos improductivos, lo cual permitirá al proceso un mejor aprovechamiento de este.
- 3. Calidad de producto.** Con la automatización se mejora la consistencia y precisión del empaque al minimizar o erradicar tareas realizadas por mano de obra directa de forma manual, esto a su vez ayudará a obtener menos defectuosos que podrían estar consumiendo tiempo en reprocesos o desecho de unidades producidas.
- 4. Disponibilidad de equipo.** Al lograr automatizar las líneas de empaque se obtiene una marcha más continua del equipo, ya que se cuenta con menos posibles paros por falta de personal o tiempos muertos no planificados. Se dará, por consiguiente, mejores rendimientos de las líneas de conversión.

Con base en lo anterior se puede proyectar posibles aumentos en el OEE del proceso, claramente hay distintos factores que varían las estimaciones, por lo cual serán indicadas bajo supuestos. Es importante considerar que la automatización dependerá de distintas aristas que deberán atacarse de la mejor manera para alcanzar el éxito y cumplir las estimaciones. Un posible escenario que se presentaría de acuerdo con los datos suministrados por los proveedores de los equipos sería la disminución de un 30 % del tiempo con respecto a las operaciones manuales de recolección del pack de bolsas y sellado, operación que asumiría la máquina de *Flow pack* de forma automática.

En cuanto al enfardado, se estima que el tiempo de sellado disminuya un 50 %, por lo que pasaría de dos segundos a uno. Adicional, el tiempo de ciclo total de embalaje del empaque

secundario se reduce, ya que los primarios tipo *flow pack* llegarían más rápido a las maquinas. A continuación, en la figura 49, se observa un escenario de tiempos y productividad con la propuesta de modelo *agile*.

Figura 49

Estimación de tiempos y productividad modelo agile

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	SÍMBOLOS PROCESOS					GIGANTE	GRANDE	JARDIN	JUMBO	MEDIANA	PEQUEÑA	EXTRA GRANDE
	●	→	■	◐	▼							
Unidades por paquete	●					6,0	9,0	5,0	6,0	9,0	9,0	9,0
Acumulado de pack de bolsas (Maquina)				●		11,1	15,0	12,7	4,9	16,5	22,9	10,4
Empaque flow pack			●			2,8	4,2	2,1	2,8	4,2	4,2	4,2
Total tiempo de ciclo (s)						13,9	19,2	14,8	7,7	20,7	27,1	14,6
pq/min						4,3	3,1	4,0	7,7	2,9	2,2	4,1
pq/h						259,9	187,2	242,9	464,6	173,8	132,6	246,1
Cantidad de paquetes por fardo						14	9	12	8	10	17	14
	●	→	■	◐	▼							
Enfardado Automatico			●			190,7	180,7	179,6	64,5	214,5	453,5	201,4
Traslado hacia la tarima del fardo		●				12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Total tiempo de ciclo (s)						202,7	192,7	191,6	76,5	226,5	465,5	213,4
fardos/min						0,3	0,3	0,3	0,8	0,3	0,1	0,3
fardos/h						17,8	18,7	18,8	47,1	15,9	7,7	16,9
Cantidad de fardos por tarima						25	49	25	16	56	90	30
Armado total de la tarima (s)						5068,4	9444,2	4789,7	1224,2	12685,1	41892,8	6401,1
Tarimas/h						0,7	0,4	0,8	2,9	0,3	0,1	0,6
Tarimas/día						17,0	9,1	18,0	70,6	6,8	2,1	13,5
OEE Proyectado: 85%						14,5	7,8	15,3	60,0	5,8	1,8	11,5
OEE Actual: 76% (Manual)						10,6	5,8	11,5	39,6	4,4	1,4	8,2
Diferencia						3,9	1,9	3,8	20,4	1,4	0,4	3,3
Total tiempo de ciclo total (s) Manual						216,6	212,0	206,4	84,3	247,2	492,6	228,0
Total tiempo de ciclo total (s) Automático						264,6	252,3	245,3	114,7	291,2	560,8	284,9
Diferencia						48,0	40,3	38,8	30,4	44,0	68,1	56,9

Nota. La figura muestra las proyecciones de tiempos y productividad con la automatización.

La tabla 16 muestra una comparativa entre los tiempos manuales versus el proyectado con el modelo de automatización *agile*. Se logra una disminución del tiempo de ciclo para la operación de empaque primario desde un 12 % hasta un 29 % en los diferentes tipos de productos manufacturados.

Tabla 16*Tiempos de ciclo de empaque primario manual versus automatizados*

Variable	Gigante	Grande	Jardín	Jumbo	Mediana	Pequeña	Extra-Grande
Tiempo de ciclo (s) manual	17,1	23,0	17,7	10,9	24,5	30,9	18,4
Tiempo de ciclo (s) automático	13,9	19,2	14,8	7,7	20,7	27,1	14,6
Diferencia	-3,2	-3,8	-2,9	-3,2	-3,8	-3,8	-3,8
Diferencia %	19 %	16 %	16 %	29 %	16 %	12 %	21 %

Nota. La tabla muestra los tiempos de ciclo manual versus automatizado para el empaque primario.

En cuanto al empaque secundario mediante la automatización *agile* y el uso de una maquina enfardadora, se observan ahorros de tiempo de ciclo desde el 12 % hasta un 26 %; esto se ve traducido en una ganancia significativa de productividad de las líneas.

Tabla 17*Tiempos de ciclo de empaque secundario manual versus automatizados.*

Variable	Gigante	Grande	Jardín	Jumbo	Mediana	Pequeña	Extra-Grande
Tiempo de ciclo (s) manual	247,6	229,3	227,5	103,7	266,7	529,8	266,4
Tiempo de ciclo (s) automático	202,7	192,7	191,6	76,5	226,5	465,5	213,4
Diferencia	-44,8	-36,5	-35,9	-27,2	-40,2	-64,3	-53,1
Diferencia %	18%	16%	16%	26%	15%	12%	20%

Nota. La tabla muestra los tiempos de ciclo manual versus automatizado para el empaque secundario.

Los números anteriores presentan el beneficio en productividad que concede la automatización, ya que los tiempos de ciclo se ven mejorados al contar con dichos equipos en las líneas de producción y embalaje. En la tabla 18 se observa un cuadro comparativo de los tiempos de ciclo total, donde se visualizan disminuciones desde el 19 % hasta el 25 % en las diferentes presentaciones de producto.

Tabla 18*Tiempos de ciclo totales operación manual versus automatizado*

Variable	Gigante	Grande	Jardín	Jumbo	Mediana	Pequeña	Extra-Grande
Tiempo de ciclo total (s) manual	264,6	252,3	245,3	114,7	291,2	560,8	284,9
Tiempo de ciclo total (s) automático	216,6	212,0	206,4	84,3	247,2	492,6	228,0
Diferencia	48,0	40,3	38,8	30,4	44,0	68,1	56,9
Diferencia %	18 %	16 %	16 %	27 %	15 %	12 %	20 %

Nota. La tabla muestra los tiempos de ciclo totales de la operación manual versus automatizados para el empaque secundario.

Por su parte, el disminuir los tiempos de ciclo se traduce en ganancias de productividad, razón por la cual el OEE de las líneas se verá beneficiado. Bajo los supuestos la compañía estima alcanzar un OEE del 85 % para cada una de las líneas de embalaje de bolsa para basura, valor que los equipos automáticos son capaces de alcanzar.

Tabla 19*Tabla de productividad manual versus automatizado*

Variable	Gigante	Grande	Jardín	Jumbo	Mediana	Pequeña	Extra-Grande
Tarimas/h	0,7	0,4	0,8	2,9	0,3	0,1	0,6
Tarimas/día	17,0	9,1	18,0	70,6	6,8	2,1	13,5
OEE Proyectado: 85 % (Automatizado)	14,5	7,8	15,3	60,0	5,8	1,8	11,5
OEE Actual: 76 % (Manual)	10,6	5,8	11,5	39,6	4,4	1,4	8,2
Diferencia	3,9	1,9	3,8	20,4	1,4	0,4	3,3
Diferencia %	27 %	25 %	25 %	34 %	24 %	21 %	28 %

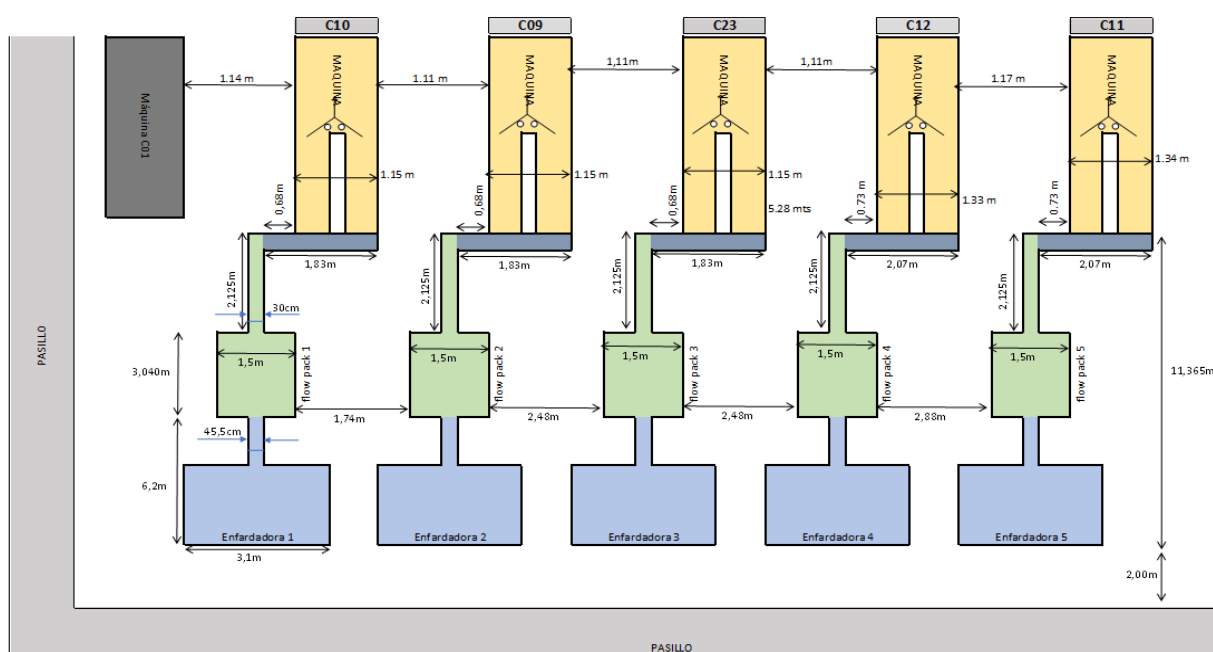
Nota. La tabla muestra la producción de tarimas que se pueden alcanzar con los diferentes modelos de producción. Se observan los aumentos desde el 21 % hasta el 34 % en las diferentes presentaciones de producto, las cuales son atractivas para viabilidad del proyecto.

Propuesta de layout

Para la optimización de los espacios disponibles se presenta la propuesta de *layout*, la cual está fundamentada en las características de los equipos elegidos para la automatización *agile* de las líneas de conversión bolsa para basura. Es importante definir un diseño eficiente y planificado que tenga un impacto positivo en la eficiencia de las líneas, así como en la seguridad y bienestar del personal que realizará diferentes tareas dentro del proceso.

Figura 50

Layout automatización agile



Nota. La imagen muestra el *layout* definido para la propuesta de automatización *agile* en el proceso de conversión de bolsa para basura.

En el *layout* se observan cinco convertidoras, las cuales están identificadas como máquinas, C10-C09-C23-C12-C11, cada una de ellas convierte las láminas de polietileno en una bolsa plástica mediante temperatura para confección de sellos, así como distintos dobladores a lo largo del equipo. Al final de estas se encuentran dos estaciones de salida por las que salen los *packs* de bolsas formadas de acuerdo con la cantidad requerida por presentación.

A su salida tendremos una banda de color azul oscuro que trasladará el producto hasta la máquina de empaque primario tipo *flow pack*, de color verde; los *packs* de bolsas serán

alimentados para entrar en el equipo y formar el empaque primario. Una vez formado, subirán por medio de una banda hasta una máquina de enfardado, de color celeste, la cual confeccionará un fardo en “columna” que posteriormente será entarimado y paletizado de acuerdo con un estándar de embalaje.

El área de conversión de bolsa para basura actualmente posee el espacio disponible para cumplir con este *layout*, el cual responde a las características de los equipos cotizados para el proyecto.

Evaluación económica del proyecto

Para determinar si el proyecto es rentable, se tomará en cuenta un número de costos relacionados con la planeación y realización; además se considerarán los beneficios económicos que se obtendrán con la implementación.

Inversión en maquinaria

En la siguiente tabla se mencionan los costos de inversión en maquinaria en los cuales incurriría la empresa para la implementación de la automatización de las cinco líneas de conversión bolsa para basura.

Tabla 20

Costos de equipos

Equipo	Cantidad	USD - Unidad	USD - Total
Máquina Ulma Sienna PE BI	5	\$92 029,91	\$460 149,55
Máquina Enfardadora MGT30000	5	\$58 000,00	\$290 000,00
Bandas 183cm	3	\$2 433,05	\$7 299,15
Bandas 207cm	2	\$2 493,91	\$4 987,82
			\$762 436,52

Nota. La tabla muestra los costos de inversión en máquina.

Instalación y puesta en marcha con capacitación

Los costos de la instalación, así como la puesta en marcha de los equipos, se solicitó cargar a la cotización, de manera que la empresa no tenga que incurrir en un gasto adicional por dichos conceptos.

Costo de materiales para puesta en marcha

Para la puesta en marcha serán necesarios distintos materiales, tales como insumos para empaque primario, empaque secundario y material de polietileno de baja densidad para la formación de las bolsas de basura; ello tendrá un costo que deberá ser asumido por la compañía. Estos se detallan a continuación: empaque primario para maquina tipo *flow pack* \$3.15 por kg, empaque secundario para maquina enfardadora \$2.57 por kg, polietileno de baja densidad para bolsa de basura \$1.82 por kg.

Tabla 21

Costo de materiales

Línea de producción	kg empaque primario	\$ empaque primario (\$3,15/kg)	Kg empaque secundario	\$ Empaque secundario (\$2,57/kg)	kg de polietileno bolsa de basura	\$ Polietileno bolsa para basura (\$1,82/kg)
C09	175kg	\$551,25	70kg	\$179,90	210kg	\$382,20
C10	175kg	\$551,25	70kg	\$179,90	210kg	\$382,20
C11	175kg	\$551,25	70kg	\$179,90	210kg	\$382,20
C12	175kg	\$551,25	70kg	\$179,90	210kg	\$382,20
C23	175kg	\$551,25	70kg	\$179,90	210kg	\$382,20
	875kg	\$2 756,25	350kg	\$899,50	1050kg	\$1 911,00

Nota. La tabla muestra los costos de materiales necesarios para las pruebas de puesta en marcha del equipo.

En total serán necesarios 2.275kg de material, equivalente a \$5 566,75, los cuales serán necesarios para la puesta en marcha de los equipos.

Mantenimiento de equipo

Es importante indicar que estos equipos, al ser nuevos, requerirán de un mantenimiento básico, razón por la cual se estima un costo anual de \$1500 dólares. Adicional, y como parte de la compra de los equipos, los proveedores Ulma packaging y Tecnotok ofrecen un paquete de repuestos para mantenimientos preventivos y piezas de cambio rápido.

Costo energético

El consumo energético que tendrán las maquinas se debe contemplar dentro de la propuesta, ya que se estaría consumiendo un adicional que en la actualidad la empresa no tiene

catalogado como gasto. Para el cálculo de este se toma en cuenta el consumo energético reportado en la ficha técnica de los equipos cotizados.

Tabla 22

Consumo energético de nuevos equipos

Máquina	kW/día	\$ - Total Anual
Ulma Sienna	88,32	2 894,71
Enfardadora	136,8	4 483,66
Bandas	67,14	2 200,53

Nota. La tabla muestra el costo total energético anual por la operación de los nuevos equipos, para el cálculo se toma un promedio de \$0,0897953 por kW, dato basado en el consumo energético versus la facturación del periodo 2022-2023, Polymer S.A.

Depreciación

Los equipos estarán sujetos a una depreciación, esta será calculada bajo el método de depreciación línea recta a un plazo de cinco años.

Tabla 23

Cálculo de depreciación

Costo/Equipo	USD - Total	Depreciación 5 años
Máquina Ulma Sienna PE BI	\$460 149,55	\$92 029,91
Máquina Enfardadora MGT30000	\$290 000,00	\$58 000,00
Bandas 183cm	\$7 299,15	\$1 459,83
Bandas 207cm	\$4 987,82	\$997,56
	\$762 436,52	

Nota. La tabla muestra el cálculo de depreciación mediante el método línea a 5 años.

Ingresos por salarios

Como parte de la automatización, la empresa obtendrá un ahorro en la mano de obra, razón por la cual se proyecta dejar de contar con un total de 45 personas, las cuales actualmente están distribuidas en tres turnos de producción y cinco líneas de conversión bolsa para basura.

Tabla 24*Salarios de mano de obra directa*

Maquinas	Ayudante por máquina	Turnos de trabajo	Total, de ayudantes	Cargas sociables anuales por persona	Salario base + productividad anual por persona	Subtotal anual por persona	Total anual 45 ayudantes
C09	3	3	9	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$103 808,47
C10	3	3	9	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$103 808,47
C11	3	3	9	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$103 808,47
C12	3	3	9	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$103 808,47
C23	3	3	9	\$4 352,27	\$7 182,00	\$11 534,27	\$103 808,47
Σ	15		45			Σ	\$519 042,37

Nota. La tabla muestra el cálculo de ahorro en salarios por automatización.

Como se logra observar, el ahorro para la empresa sería de \$519 042.37 anuales, monto significativo para la compañía y atractivo para la rentabilidad del proyecto.

Impuesto sobre la renta

Según lo mencionado en la Ley de Impuesto sobre la Renta de Costa Rica, la tasa de impuesto para cifras mayores a ¢122.145.000.000 es del 30%, por lo cual se deberá aplicar este porcentaje en los flujos de efectivo para el cálculo.

Costo de capital, rentabilidad agregada, periodo de recuperación

La empresa tiene un costo de capital del 11%, asimismo, la rentabilidad agregada es de un mínimo del 25% y no se invierte en proyectos cuyo periodo de recuperación supere los cuatro años.

Flujos de efectivo proyectados

Se analizará la viabilidad económica con la finalidad de que el proyecto de automatización *agile* incremente las utilidades y cumpla con los objetivos planteados en esta investigación, para ello se analizarán los indicadores de VAN, TIR, periodo de recuperación.

Tabla 25*Flujos de efectivo*

	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Ahorro Mano Obra		\$519 042,37	\$519 042,37	\$519 042,37	\$519 042,37	\$519 042,37
Gastos						
Consumo energético <i>flow pack</i>		\$2 894,71	\$2 894,71	\$2 894,71	\$2 894,71	\$2 894,71
Consumo energético enfardadora		\$4 483,66	\$4 483,66	\$4 483,66	\$4 483,66	\$4 483,66
Consumo energético bandas		\$2 200,53	\$2 200,53	\$2 200,53	\$2 200,53	\$2 200,53
Costo de materia Prima (puesta en marcha)		\$5 566,75	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Mantenimiento preventivo		\$1 500,00	\$1 500,00	\$1 500,00	\$1 500,00	\$1 500,00
Depreciación <i>flow pack</i> (5unidades)		\$92 029,91	\$92 029,91	\$92 029,91	\$92 029,91	\$92 029,91
Depreciación enfardadora (5unidades)		\$58 000,00	\$58 000,00	\$58 000,00	\$58 000,00	\$58 000,00
Depreciación bandas (5 unidades)		\$2 457,39	\$2 457,39	\$2 457,39	\$2 457,39	\$2 457,39
Total, de gastos		\$169 132,96	\$163 566,21	\$163 566,21	\$163 566,21	\$163 566,21
Utilidad antes de Imp.		\$349 909,41	\$355 476,16	\$355 476,16	\$355 476,16	\$355 476,16
Imp. Sobre Renta (30%)		\$104 972,82	\$106 642,85	\$106 642,85	\$106 642,85	\$106 642,85
Utilidad neta		\$244 936,59	\$248 833,31	\$248 833,31	\$248 833,31	\$248 833,31
Depreciación total		\$152 487,30	\$152 487,30	\$152 487,30	\$152 487,30	\$152 487,30
Flujo Neto Efectivo	-\$762 436,52	\$397 423,89	\$401 320,61	\$401 320,61	\$401 320,61	\$401 320,61

Nota. La tabla muestra los flujos de efectivo a cinco años para la propuesta de implementación y de automatización *agile* para conversión de bolsa para basura.

Valor actual neto (VAN)

A continuación, se calculará el valor actual neto del proyecto basado en el flujo de efectivo anterior, esto con el fin de determinar el valor obtenido. Para el cálculo se utilizará una tasa de descuento del 11% definida por la empresa.

$$\begin{aligned}
 VAN = & -\$762\,436,52 + \frac{\$397\,423,89}{(1 + 0.11)^1} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + 0.11)^2} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + 0.11)^3} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + 0.11)^4} \\
 & + \frac{\$401\,320,61}{(1 + 0.11)^5}, \quad VAN = \$717\,292,58
 \end{aligned}$$

Con el resultado de \$ 717 292,58 se concluye que la inversión generará beneficios, razón por la cual el proyecto en principio es viable.

Tasa interna de retorno (TIR)

Se calculará la tasa interna de retorno, con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto.

$$0 = -\$762\,436,52 + \frac{\$397\,423,89}{(1 + TIR)^1} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + TIR)^2} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + TIR)^3} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + TIR)^4} + \frac{\$401\,320,61}{(1 + TIR)^5}, \quad TIR = 44\%$$

El resultado de 44% indica que el proyecto es viable, ya que este valor es superior a la tasa de descuento del 11%, es decir, si se cumple con lo establecido se generará una rentabilidad.

Periodo de recuperación (PR)

El indicador dará el resultado de años y días en los cuales el proyecto recuperará la inversión inicial, dato que se analizará para determinar si se cumple con las políticas establecidas por la empresa. Como primer paso, se revisa el estado de resultados para ver los flujos de efectivo obtenidos para cada uno de los años, estos se muestran a continuación.

Tabla 26

Flujo de resultados

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto Efectivo	-\$762 436,52	\$397 423,89	\$401 320,61	\$401 320,61	\$401 320,61	\$401 320,61

Nota. La tabla muestra los flujos de efectivo a cinco años.

Es necesario realizar una suma por inspección en los flujos de resultados, en donde se toma la inversión -\$762 436,52 y se determina en qué periodo de tiempo se recupera. Para ello se suman los flujos desde el año uno hasta el año cinco sin que esta sobrepase el monto de la inversión; se obtiene \$397 423,89, monto equivalente al año uno. Seguidamente, y para determinar la cantidad restante del tiempo, se toma \$762 436,52 – \$397 423,89 lo cual da un resultado de \$365 012,63.

Se realiza la siguiente operación $\frac{\$401\,320,61}{\$365\,012,63} * 365$, lo cual da como resultado 331.9, monto equivalente a los días. Con ello se obtiene el periodo de recuperación para el proyecto de 1 año y 331.9 días. El resultado es inferior 4 años, periodo que la empresa establece como mínimo para la viabilidad de un proyecto, razón por la cual se considera viable la propuesta de implementación de la automatización en las líneas de conversión bolsa para basura.

Conclusiones y recomendaciones

A continuación, se expondrán las conclusiones y recomendaciones inferidas del análisis realizado durante los diferentes capítulos de la investigación, los cuales se derivan del uso de herramientas en el estudio de viabilidad de la automatización *agile* del empaque en las líneas de conversión bolsa para basura.

Conclusiones

Mediante los diferentes estudios se determinó la problemática existente en cuanto al alto índice de rotación con el que cuenta el proceso, donde se ven afectados los indicadores de producción como lo es el OEE, actualmente es de 76 % en promedio para las líneas. Esto implica una oportunidad de mejora, en donde con la automatización se proyecta un aumento del 9 %.

Se señala que actualmente el costo de 60 ayudantes de proceso para las cinco líneas de producción tiene un costo anual de \$692 056,49, con la automatización se espera reducir la cantidad de ayudantes a 15, lo que implica una disminución del 75 %. Esto genera un ingreso de \$519 042,37 para la empresa, lo cual contribuirá con los costos de implementación para la automatización.

Ante el escenario de automatizar se espera dejar un ayudante por cada máquina, 15 en total distribuidos en los tres turnos de trabajo, los cuales tendrán las tareas de dar soporte en la operación y en los nuevos equipos. Con esto la implementación tendrá una mejor adaptación por parte del personal.

Se determinan las actuales siete presentaciones de producto trabajadas en las cinco diferentes líneas de conversión bolsa para basura. Con esto se establece el diseño para la maquinaria de manera que sea posible una automatización *agile* que cumpla con todas las características requeridas. Por su parte, se definen las especificaciones de empaque primario y secundario con la ventaja de que la empresa puede producirlos, ya que cuenta con la capacidad instalada y experiencia.

Mediante el análisis de viabilidad económica se determinó, en primer lugar, que el VAN es equivalente a \$ 717 292,58, por lo tanto, es un proyecto que generaría beneficios económicos para la empresa. En segundo lugar, se obtiene un 44 % de TIR, ello implica que existe viabilidad, ya que el valor es superior a la tasa de descuento del 11 %, es decir, hay rentabilidad. Finalmente, el PR del proyecto es de 1 año y 331.9 días, lo cual se encuentra dentro de los parámetros aceptables de inversión y viabilidad de la compañía.

Recomendaciones

Independientemente de la puesta en marcha o no del proyecto de automatización *agile*, la empresa Polymer S, A tiene el reto de atacar los altos índices de rotación de personal y costos de operación, ya que el impacto a nivel de productividad es significativo. Es decir, actualmente se cuenta con una oportunidad de mejora que debe ejecutarse.

Se recomienda a la empresa a expandir sus mercados para alcanzar el máximo provecho de la automatización, ya que la productividad se verá aumentada y por ende es posible que la capacidad sobrepase las ventas actuales de producto. De igual manera, es importante explorar nuevas presentaciones, lo cual es viable con las nuevas máquinas.

Si bien la automatización planteada no incluye el final de línea, entarimado y paletizado automático, es recomendable analizarlo como segunda etapa, ya que existe una oportunidad que puede ser explotada. Asimismo, se sugiere aprovechar la sección de automatización para rediseñar, ya que se podrían elaborar nuevos empaques primarios y secundarios para las máquinas, lo cual implica un beneficio en cuanto al proyecto y a las ventas al tener una novedosa imagen ante el consumidor final.

Se insta a la compañía a expandir estos proyectos a otras áreas de la empresa con empaques similares, ya que es fundamental en la actualidad automatizar y buscar procesos más eficientes, los cuales permitan mantenerse en un mercado competitivo y cambiante en donde los costos de operación son fundamentales.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, S. (28 de julio de 2011). *Estructura Organizativa, Habilidades Directivas, Mejora Continua*. [Archivo PDF]
https://www.academia.edu/40403374/El_28_julio_2011_en_Estructura_Organizativa_Ha
- Alpizar, J. (11 de noviembre 2016). *Representacion general de un diagrama causa-efecto* [png].ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Figura-14-Diagrama-causa-efecto-Empresa-de-frutales_fig4_325651765
- Álvarez, G. (2009). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Editorial Paidós.
- Arcoya, E. (26 de octubre de 2021). *VAN y TIR*. EconomíaFinanzas.
https://www.economiafinanzas.com/que-son-van-tir/#Cual_es_la_formula_VAN
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: ESPÍTEME.
- Blanco, M. (29 de setiembre de 2017). *KPI's ¿Qué son, para qué sirven y por qué y cómo utilizarlos?* Logicalis Group. <https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos>
- Casal, J., & Mateu , E. (2003). *Tipos de Muestreo*. Editorial Síntesis.
- De la Vara Salazar, R., & Gutiérrez Pulido, H. (2004). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. Mexico D.F: Mc Graw hill.
- Fernández Miranda, D., Jiménez Solano, M., & Morera Salazar, H. (2020). *Diseño del proceso de alimentación de materias primas menores de la planta de producción de Cobesa* [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industria, Universidad de Costa Rica]. SIBDI.
- Fernández, C., Hernández, R., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Flexim. (1993-2023). *Software de Modelado y Análisis de Simulación 3D*. Flexsim.
<https://www.flexsim.com/es/>
- Gándara, F. (2014). Herramientas de Calidad y el Trabajo en Equipo para Disminuir la Reprobación Escolar. *Conciencia tecnológica*, (48), 17-24.

- García, C. (2021). *Fundamentos de automatización*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de organización industrial.
- Hernández Vásquez, M. G. (2008). *Medición de eficiencia de maquinaria en una planta industrial* [Tesis de Ingeniería en Automatización, Universidad Don Bosco].
- Joyanes Aguilar, L. (2017). *Industria 4.0 La cuarta revolución industrial*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Organización internacional del Trabajo.
- Maranto Rivera, M., & González Fernández, M. E. (2015). *Fuentes de información*. Mc.Graw-Hill.
- Méndez, D. (13 de febrero de 2020). *Definición de Tamaño de muestra*. Economiasimple.net: <https://www.economiasimple.net/glosario/tamano-de-muestra>
- Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et ratio*, 7, 67-85.
- Ortiz, Z., Esandi, M., & Andina, E. (2011). *El Análisis de la Cuasa Raíz*. UNICEF.
- Pérez, M. (agosto de 2018). *Multivoto*. prezi: https://prezi.com/3_sg5e8g8zhh/multivoto/
- Polymer, S. (22 de julio de 2019). Código de Ética Corporativo. *CTH-DD01*. Costa Rica.
- Polymer, S. (13 de diciembre de 2019). Objetivos de Calidad y Medio Ambiente. *MG-01-ROI*. Costa Rica.
- Polymer, S. (20 de febrero de 2022). Manual del Sistema de Gestión Integrado de Calidad y Ambiente. *MG-01*. Costa Rica.
- Raffino, M. E. (25 de setiembre de 2020). *Entrevista*. Concepto. <https://concepto.de/entrevista/>
- Ramírez-Espinoza, W. (2016). *Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica*

Ltda [Tesis de licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica].

Saldarriaga, L. (22 de julio de 2021). *Manual de procedimientos: qué es y cómo hacer uno (con ejemplos)*. Hubspot. <https://blog.hubspot.es/sales/manual-de-procedimientos-empresa>

Sevilla, A. (15 de julio de 2014). *Tasa interna de retorno (TIR)*. Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

Tinoco, E. (22 de marzo de 2009). *Pseudocódigo y diagrama de flujo*. Elenatinoco: <http://elenatinoco11b2009.blogspot.com/2009/03/pseudocodigo-y-diagrama-de-flujo.html>

Torres, I. (2020). *15 Ejemplos de procesos de una empresa*. Iveconsultores. <https://iveconsultores.com/ejemplos-de-procesos-de-una-empresa/#:~:text=Los%20procesos%20de%20una%20empresa%20representan%20un%2>

Anexos

Anexo 1. Motivos generales de salida de empleados, periodo 2022

Tabla 27

Anexo 1 motivos generales de salida de empleados, 2022

Motivos de salidas	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Año 2022													general
Abandono de trabajo	10	7	5	11	12	28	10	10	9	12	7	9	130
Despido con responsabilidad patronal			1						2				3
Despido dentro del periodo de prueba	2	1	4	3	2	4	3	4	2	5	2	2	34
Despido sin responsabilidad patronal	1	1	2				1	1				1	7
Pensionado por invalidez					1								1
Problemas con la jefatura												1	1
Renuncia asuntos familiares												1	1
Renuncia mejor oferta laboral	2	1	1	1		2	1	2	2	3	1	3	19
Renuncia motivos de salud		1				1		2					4
Renuncia motivos personales	11	13	15	14	13	21	12	13	10	11	21	22	176
Renuncia motivos profesionales								1					1
Renuncia negociada			1										1
Renuncia otros motivos											1		1
Renuncia por estudio	1	1		1		2		2		1	1	2	11
Renuncia por horario											2	1	3
Total, general	27	25	29	30	28	58	27	35	25	32	35	42	393


Nota. Esta tabla muestra los motivos de salida generales para la compañía durante el año 2022.

Anexo 2. Formato para encuesta

Figura 51

Anexo 2 formato para encuesta

FORMULARIO DE ENTREVISTA

NOMBRE			REALIZADO POR:	Ing. Andrey Mora Ch.
FECHA ENTREVISTA			DEPARTAMENTO:	Conversión Bolsa para Basura
PUESTO DE TRABAJO:				
OBJETIVO DE LA ENTREVISTA				
Que aspectos considera que se deben tomar en cuenta para el diseño de una automatización agile del proceso de empaque de bolsa para basura.				
¿Cuáles son las restricciones actuales que considera limitan la automatización?	Complejidad del empaque ()	Variabilidad de los productos ()	Costo de implementación ()	
¿Considera importante que se cuente con un proceso de capacitación extenso en el uso de las maquinas o robots de empaque automático?	Muy importante ()	Moderadamente importante ()	Poco importante ()	
¿Qué puntos de la línea de embalaje debería abarcar la automatización de la línea?	Recepción de pack de bolsa para basura ()	Ingreso al empaque primario y sellado del mismo ()	Ingreso al empaque secundario y sellado del mismo ()	Entarimado y paletizado de la tarima ()
¿Existen problemas relacionados con la producción manual que se hace actualmente?	Sí ()	No ()		
¿Existe actualmente una etapa del proceso que atrasa la línea causando trabajo en proceso por empacar?	Sí ()	No ()		
¿Considera que la automatización beneficiaría a la línea al no contar con ausencias o falta de personal?	Sí ()	No ()		
PUNTOS QUE CONSIDERA AFECTAN DIRECTAMENTE LA AUTOMATIZACIÓN (MARQUE UNICAMENTE DOS OPCIONES)				
Mano de Obra	<input type="checkbox"/>			
Maquinaria	<input type="checkbox"/>			
Material	<input type="checkbox"/>			
Métodos de trabajo	<input type="checkbox"/>			

Nota. La figura representa el formato utilizado para la entrevista.

Anexo 3. Formato multivoto realizado

Figura 52

Anexo 3 formato multivoto realizado

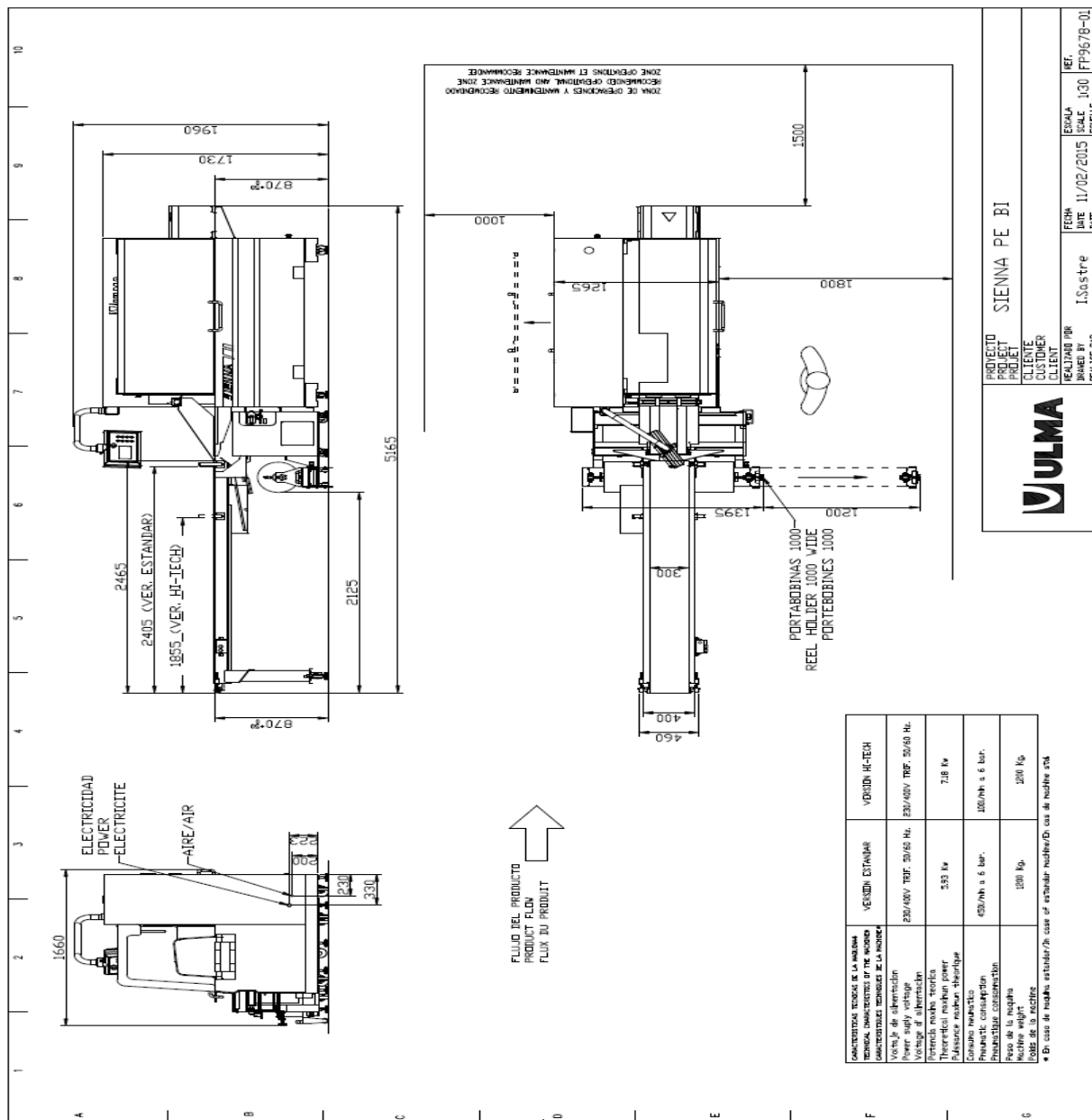
Clasificación de las variables según su peso de importancia	
Objetivo: Seleccionar las variables y factores relacionados con el diseño de la automatización agile	
Seleccione solamente 8 de las siguientes opciones, las que considere de mayor importancia e influencia para el diseño de automatización agile de la línea.	
<input type="checkbox"/>	Mejorar dobladores.
<input type="checkbox"/>	Mejorar fórmula de la bolsa.
<input type="checkbox"/>	La bolsa debe ser no deslizante.
<input type="checkbox"/>	Automatizar recepción de pack de bolsas.
<input type="checkbox"/>	Imprenta para trazabilidad.
<input type="checkbox"/>	Bandas no deslizantes.
<input type="checkbox"/>	Alertas ante fallos.
<input type="checkbox"/>	Faciles de operar.
<input type="checkbox"/>	Equipo para cada línea.
<input type="checkbox"/>	Nueva imagen de producto.
<input type="checkbox"/>	Caida de pack en banda.
<input type="checkbox"/>	Sellado de empaque primario.
<input type="checkbox"/>	Cargado de empaque primario a secundario y sellado

Nota. La figura representa el formato utilizado para el multivoto.

Anexo 4. Layout Ulma Sienna PE BI

Figura 53

Layout Ulma Sienna

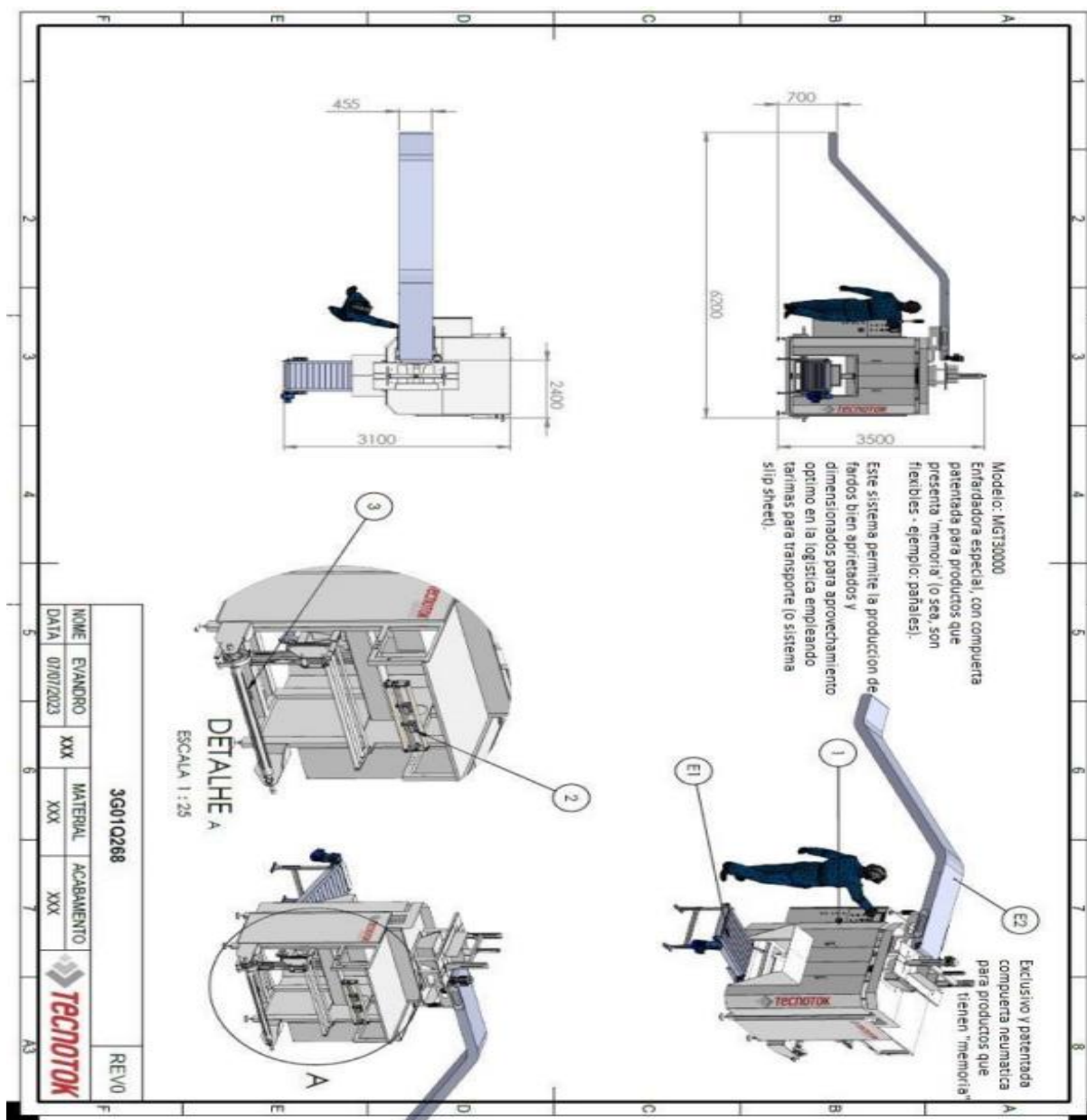


Nota. Adaptado de grupo Constenla, 30 junio 2023.

Anexo 5. Layout MGT30000 Enfardadora

Figura 54

Layout MGT30000



Nota. Adaptado de oferta Nr: 094-23 (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), 08 Julio 2023.

Glosario

Conversión bolsa para basura: Nombre del proceso de producción por el cual se forma una bolsa de polietileno de baja o alta densidad.

Ayudante de proceso: Persona que ejecuta labores de embalaje dentro de las líneas de conversión de bolsa de basura; además, da soporte al operador de producción.

Muda del proceso: Desperdicios de tiempo, transporte, material, mano de obra, entre otros que se generan en el proceso de conversión para bolsa de basura.

Rollos extruidos: Plástico en forma de una película plana que funciona como materia prima para la elaboración de la bolsa para basura.

Espesor: Altura del polietileno o grosor de la bolsa fabricada, generalmente medidor en milésimas de pulgada.

Extrusión: Proceso de fabricación mediante pellets de polietileno de baja o alta densidad, a través de temperatura y aire se logra formar una película plana con un espesor y ancho conocido.

Doblador: Aditamento de la máquina de conversión, este permite hacer dobles a la película de polietileno para lograr una bolsa con una medida conocida para el empaque final.

Contador: Aditamento de la máquina de conversión el cual por medio de un sensor capta la cantidad de bolsas que deben ser agrupadas.

Montaje Mecánico: Proceso en donde el operador de producción ajusta los valores de la máquina para lograr ancho, espesor, sello y otras cualidades que requiere la bolsa para basura.

Embalaje: Paso del proceso de producción el cual consiste en agrupar fardos formados con paquetes de bolsas para basura, los cuales serán colocados en una tarima para ser despachados a bodega.

know-how: conocimiento práctico, habilidad o destreza, es decir, la capacidad de aplicar la teoría para obtener resultados concretos. Se refiere al conocimiento técnico sobre la forma de llevar a cabo una tarea específica.

Empaque Primario: Empaque o insumo que contiene una impresión, cuyo fin es proteger el producto durante su transporte, almacenamiento y comercialización; además, sirve como mercadeo para la venta y contiene información regulatoria y de uso.

Empaque Secundario: Empaque de polietileno que sirve para almacenar “n” cantidad de empaques primarios con el fin de protegerlos en el almacenamiento y transporte.

Cama: Cantidad determinada de empaques secundarios apilados o colocados en una tarima bajo un patrón previamente establecido.

Dobladores: Aditamento de la convertidora de bolsa de basura, este realiza el doblez necesario para que la bolsa de basura pueda ingresar al empaque primario.

Espesor: Unidad de medida utilizada para cuantificar el grosor del plástico, en Polymer actualmente se emplea las milésimas de pulgada (mils) para dicha medición.

Pack: Número específico de bolsas de basura formadas para ser empacadas en un empaque primario.

Fardo: Cantidad de paquetes contenidos en un empaque secundario para ser entarimado.

Flow pack: Embalaje utilizado en el empaque primario de bolsas para basura por medio de una máquina automática.