



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SUELAS
PARA CALZADO EN LA EMPRESA PREPLAST**

Trabajo de Integración Curricular Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Producción y operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Jaime Iván Yumbulema Yumbulema

TUTOR: Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

Ambato - Ecuador

marzo – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular con el tema: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SUELAS PARA CALZADO EN LA EMPRESA PREPLAST, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Jaime Iván Yumbulema Yumbulema, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y sus reformas y el numeral 7.4 del respectivo instructivo del reglamento.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de Integración Curricular titulado: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SUELAS PARA CALZADO EN LA EMPRESA PREPLAST es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023.

Jaime Iván Yumbulema Yumbulema

C.C.0250127941

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Integración Curricular como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Integración Curricular en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023.

Jaime Iván Yumbulema Yumbulema

C.C.0250127941

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Integración Curricular presentado por el señor Jaime Iván Yumbulema Yumbulema, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SUELAS PARA CALZADO EN LA EMPRESA PREPLAST, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 de las segundas reformas Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y sus reformas y al numeral 7.6 del respectivo instructivo del reglamento. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Cesar Rosero, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Franklin Salazar, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien ha estado conmigo en todo momento y me ha permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia, quienes han sido y serán la base de todos mis éxitos, siempre apoyando de manera espiritual, emocional, intelectual y económicamente, quienes han estado presentes en momentos de dificultad y de triunfo.

¡Ustedes son los seres a quien dedico y dedicaré cada logro alcanzado en esta vida!

Ivan Yumbulema

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud inmensa es a DIOS, quien me ha otorgado la sabiduría para hoy encontrarme donde estoy, sabiendo que sin su ayuda no hubiera sido posible llegar a mi meta.

A mis padres, hermanos y amigos quienes me han acompañado durante todo mi proceso, apoyándome arduamente día tras día a culminar lo iniciado y sobre todo por enseñar a disfrutar de cada tiempo compartido.

A mi tutor de tesis, Ing. Daysi Ortiz, por sus conocimientos, experiencia y valores impartidos a lo largo de mi carrera universitaria y por todo el apoyo brindada durante la elaboración de este proyecto.

A la empresa PREPLAST por abrir las puertas a su prestigiosa institución y brindarme toda la información necesaria para poder hacer realidad el presente proyecto.

Finalmente, a la familia FISEI, por darme la oportunidad de conocer personas extraordinarias, excelentes amigos y docentes en el transcurso de todos estos años como estudiante.

A todos les expreso mis más sinceros agradecimientos y les deseo éxitos en toda su vida y que Dios los bendiga siempre.

Ivan Yumbulema

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	3
1.1 Tema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2 Antecedentes investigativos	5
1.3 Fundamentación teórica	9
Ingeniería de métodos.....	9
Estudio del trabajo	9
Técnicas del estudio de trabajo.....	9
Procedimiento básico para el estudio de trabajo.....	10
El lenguaje y los símbolos en ingeniería de métodos	12
Diagrama de proceso	12
Diagrama de recorrido	13

Diagrama sinóptico	14
Diagrama analítico	15
Diagrama hombre-máquina	17
Estudio de tiempos y movimientos	18
Estudio de tiempos.....	18
Etapas del estudio de tiempos	18
Tamaño de la muestra	19
Número de observaciones	20
Valorar el ritmo de trabajo.....	20
Tiempo normal.....	21
Tiempo suplementario	22
Tiempo estándar.....	22
Estudio de tiempos con cronómetros	23
Estudio de movimientos.....	24
Proceso productivo	25
Productividad.....	25
Factores que determinan la productividad	26
Productividad Parcial.....	26
Metodología SMED.....	26
Etapas de la metodología SMED	27
1.4 Objetivos	27
1.4.1. Objetivo general	27
1.4.2. Objetivos específicos	27
CAPITULO II.- METODOLOGÍA	28
2.1 Materiales	28
2.2 Métodos	29
2.2.1 Modalidad de investigación	29

2.2.2	Población y muestra	34
2.2.3	Recolección de la información.....	34
2.2.4	Procesamiento y análisis de datos	36
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		37
3.1	Análisis y discusión de los resultados	37
	Ubicación de la empresa PREPLAST	37
	Datos informativos de la empresa.....	37
	Catálogo de productos fabricados en la empresa.....	39
	Análisis de los productos fabricados por la empresa.....	44
	Selección del producto de mayor demanda	44
	Layout de la empresa PREPLAST.....	47
	Proceso de producción de suelas	49
	Pasos para el estudio de tiempos.....	51
	Diagramas de flujo del proceso de fabricación de suelas Lily Expenso Chocolate 37 de la empresa PREPLAST.....	53
	Detalle del proceso de molido, inyección, empaque y almacenamiento actual del modelo Lily Expanso Chocolate 37.....	54
	Tiempos actuales del proceso productivo de la empresa.....	61
	Diagrama de recorrido	64
	Diagrama sinóptico	67
	Diagrama analítico.....	69
	Estudio de tiempos del proceso de fabricación de suelas para calzado	71
	Tamaño de la muestra	71
	Ritmo de trabajo.....	72
	Suplementos.....	72
	Diagrama hombre máquina.....	74
	Cálculo de la capacidad de producción diaria por áreas	80

Propuesta de mejora.....	83
Redistribución de la planta	83
Redistribución de instalaciones con el software WinQSB	87
Análisis de resultados de la redistribución en WinQSD.....	92
Diagrama de recorrido propuesto para el área de molino.....	93
Diagrama analítico para el área de molino con la propuesta de distribución.	95
Estudio de tiempo propuesto.....	96
Análisis de resultados del método actual vs método propuesto.....	98
Análisis de la capacidad de producción del método propuesto.	99
Análisis de costos de la redistribución y periodo de recuperación.....	100
Metodología SMED para minimizar el tiempo de cambio moldes.	102
Aplicación del SMED.....	102
Análisis del incremento de la capacidad de producción en el proceso de inyección.....	109
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
4.1 Conclusiones	112
4.2 Recomendaciones	113
MATERIALES DE REFERENCIA	115
Referencias Bibliográficas.....	115
ANEXOS 120	
Anexo 1: Entrevista	120
Anexo 2: Manual de procedimiento para el proceso de molido	123
Anexo 3: Manual de procedimiento para el proceso de preparación de la inyectora.....	128
Anexo 4: Descripción de la máquina inyectora rotativa BENLONG.....	131
Anexo 5: Taladro inalámbrico para ajuste de moldes.....	132
Anexo 6: Historial de ventas de la empresa PRELAST	133

Anexo 7: Tabla PRISMA.....	134
Anexo 8: Plano propuesto para la empresa PREPLAST	142
Anexo 9: Tiempos para la preparación de la inyectora	143
Anexo 10: Suplementos para la preparación de la inyectora.....	144
Anexo 11: Informe de verificación de la cinta métrica	145
Anexo 12: Instrumentos utilizados en la medición de tiempo y distancias.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Etapas básicas para el estudio de trabajo.	10
Tabla 2.	Símbolos para representar un trabajo según ASME.	12
Tabla 3.	Tipos de elementos.	19
Tabla 4.	Numero recomendado de ciclos de observación según General Electric.	20
Tabla 5.	Escala de valoración del ritmo de trabajo.	21
Tabla 6.	Suplementos por descanso según la OIT.	22
Tabla 7.	Movimientos eficientes e ineficientes según Gilbreth.	25
Tabla 8.	Fases de la metodología SMED.	27
Tabla 9.	Recursos empleados en el desarrollo del proyecto.	28
Tabla 10.	Preguntas de investigación.	30
Tabla 11.	Criterios de inclusión y exclusión.	31
Tabla 12.	Base de datos de investigaciones realizadas.	31
Tabla 13.	Número de trabajadores en la línea de producción.	34
Tabla 14.	Datos informativos de la empresa PREPLAST.	38
Tabla 15.	Catálogo de suelas para calzado de niños y niñas.	40
Tabla 16.	Catálogo de suelas para calzado deportivo.	41
Tabla 17.	Catálogo de suelas para calzado escolar.	42
Tabla 18.	Catálogo de suelas para calzado de damas.	42
Tabla 19.	Catálogo de suelas para calzado de caballeros.	43
Tabla 20.	Historial de ventas PREPLAST 2022.	44
Tabla 21.	Análisis de participación de los productos.	45
Tabla 22.	Materiales de inyección.	50
Tabla 23.	Detalle del proceso de triturado de material.	54
Tabla 24.	Detalle del proceso de inyección, empaque y almacenado de suelas.	57
Tabla 25.	Tiempos preliminares para los procesos productivos	61

Tabla 26.	Tiempo actual en el área de molido.	62
Tabla 27.	Tiempo actual en el área de inyección y empaque.	63
Tabla 28.	Diagrama sinóptico del proceso de molido.....	67
Tabla 29.	Diagrama sinóptico del proceso de inyección.	68
Tabla 30.	Diagrama analítico del proceso de molido.	69
Tabla 31.	Diagrama analítico del proceso de inyección y empaque.....	70
Tabla 32.	Tiempos de ciclos preliminares.	71
Tabla 33.	Suplementos para el área de molino.	73
Tabla 34.	Descripción de actividades del proceso de molido.....	73
Tabla 35.	Cálculo de tiempo estándar para el proceso de molido.	74
Tabla 36.	Suplementos para el área de inyección.	76
Tabla 37.	Suplementos para el área de empaque.	76
Tabla 38.	Descripción de las actividades del proceso de inyección y empaque.....	77
Tabla 39.	Cálculo de tiempo estándar para el proceso de inyección y empaque.....	77
Tabla 40.	Tiempo estándar para las actividades realizadas por el operario.....	78
Tabla 41.	Descripción de las actividades del proceso de inyección, actividades casuales.....	78
Tabla 42.	Tiempo estándar para el proceso de inyección, actividades casuales.....	79
Tabla 43.	Resumen del análisis de la situación actual de la empresa PREPLAST.	83
Tabla 44.	Estimación del sueldo percibido por el trabajador.....	84
Tabla 45.	Tiempos de transportar el material entre áreas.	85
Tabla 46.	Matriz de costos por transportes de material.	87
Tabla 47.	Codificación de las áreas de la empresa.	89
Tabla 48.	Diagrama analítico propuesto para el proceso de molido.....	96
Tabla 49.	Cálculo de tiempo estándar para el proceso de molido.	97
Tabla 50.	Estudio de tiempo propuesto para el área de molino.	97
Tabla 51.	Resumen de las distancias recorridas.....	98

Tabla 52.	Resumen de tiempo estándar actual y propuesto.	99
Tabla 53.	Capacidad de producción actual vs propuesto.	100
Tabla 54.	Costos de inversión para la distribución propuesto.	100
Tabla 55.	Variación de la capacidad de producción en el proceso de inyección... ..	102
Tabla 56.	Actividades de la preparación de la inyectora.	103
Tabla 57.	Fase uno del SMED para la preparación de la inyectora.	104
Tabla 58.	Fase dos del SMED para la preparación de la inyectora.	105
Tabla 59.	Fase tres del SMED para la preparación de la inyectora.	106
Tabla 60.	Tiempo propuesto para el cambio de moldes de la inyectora.....	107
Tabla 61.	Resumen de la aplicación de la metodología SMED.....	108
Tabla 62.	Resumen del incremento de la productividad.....	110
Tabla 63.	Resumen del incremento de la productividad.....	111
Tabla 64.	Ficha técnica para el proceso de molido.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Estudio del trabajo .	10
Fig. 2.	Herramientas para el análisis de métodos de trabajo.	11
Fig. 3.	Ejemplo de diagrama de procesos.	13
Fig. 4.	Ejemplo de diagrama de recorrido.	14
Fig. 5.	Ejemplo de diagrama de Sinóptico.	15
Fig. 6.	Ejemplo de cursograma analítico del material.	16
Fig. 7.	Ejemplo de diagrama hombre-máquina.	17
Fig. 8.	Tiempo estándar o tipo.	23
Fig. 9.	Etapas del proceso productivo.	25
Fig. 10.	Factores que afectan la productividad.	26
Fig. 11.	Diagrama de flujo PRISMA.	32
Fig. 12.	Ubicación geográfica de la empresa PREPLAST.	37
Fig. 13.	Gráfico de porcentajes de ventas.	46
Fig. 14.	Suela de mayor demanda.	46
Fig. 15.	Layout de la empresa PREPLAST.	48
Fig. 16.	Proceso de molido de materia prima.	49
Fig. 17.	Zona del proceso de inyección.	49
Fig. 18.	Zona de refilado de suelas.	50
Fig. 19.	Empaque de suelas.	51
Fig. 20.	Diagrama de flujo del proceso de suelas para calzado.	53
Fig. 21.	Diagrama de recorrido proceso de molido.	65
Fig. 22.	Diagrama de recorrido proceso de inyección y empaque.	66
Fig. 23.	Herramientas del software WinQSB.	87
Fig. 24.	Malla de la distribución actual de las instalaciones.	88
Fig. 25.	Facility Location and Layout.	88

Fig. 26.	Datos ingresados en el software.....	89
Fig. 27.	Ingreso del flujo del material, costos y coordenadas.	90
Fig. 28.	Solver de WinQSB.....	90
Fig. 29.	Cuadro de dialogo con opciones de solución.....	90
Fig. 30.	Layout inicial en WinQSB.....	91
Fig. 31.	Iteración 1.	91
Fig. 32.	Iteración 2.	91
Fig. 33.	Iteración 3.	92
Fig. 34.	Iteración 4.	92
Fig. 35.	Resumen de costos y movimientos en WinQSB.	92
Fig. 36.	Malla de la distribución propuesta de las instalaciones.	93
Fig. 37.	Diagrama de recorrido propuesto para el proceso de molido	94
Fig. 38.	Distancia recorrida por el material actual vs propuesto.....	98
Fig. 39.	Reducción de tiempos en la preparación de la inyectora.....	108
Fig. 40.	Diagrama de flujo del proceso de molido.	127
Fig. 41.	Instructivo para el cambio de molde de la inyectora.	130

RESUMEN EJECUTIVO

Los tiempos improductivos, tiempos no estandarizados y movimientos innecesario en el área de producción de la empresa ha generado una baja productividad e incumplimiento de entrega a los clientes, por lo que, el presente proyecto de investigación trata de un estudio de tiempos y movimientos en el proceso de inyección de suelas para calzado en la empresa PREPLAST para incrementar los niveles de producción.

La investigación parte desde la identificación de la situación actual en la que se encuentra el proceso productivo de la empresa, recopilando información de todos sus procesos e instalaciones mediante la observación directa y entrevista con la administradora y el jefe de producción. Así mismo, se ha realizado un análisis de los históricos de ventas del último año proporcionado por el área administrativa, logrando identificar que la suela Lili expanso chocolate 37 es el producto de mayor demanda, por ende, este modelo de suela fue el objeto de estudio en la presente investigación.

Mediante la medición de tiempos por cronometraje, desarrollo de diagrama de flujo, diagrama analítico, diagrama sinóptico, diagrama hombre-máquina, diagrama de recorrido, redistribución de planta y aplicación de la metodología SMED se logra establecer mejoras en el proceso productivo de la empresa.

Como resultados de la presente investigación se ha logrado establecer el tiempo estándar para cada área que conforma el proceso productivo de suelas de mayor demanda, y a partir de los tiempos y distancias recorridas se ha planteado una redistribución de planta con la finalidad de minimizar los costos de transportes efectuados. Así mismo, se ha reducido el tiempo de preparación de la inyectora mediante la aplicación de la metodología SMED logrando aumentar el número de suelas producidos en una jornada laboral.

Palabras clave: Estandarización, Inyección, Suelas, Estudio de tiempos, redistribución de planta, SMED.

ABSTRACT

The unproductive times, non-standardized times, and unnecessary movements in the production area of the company has generated a low productivity and non-delivery to customers, so, this research project deals with a study of times and movements in the process of injection of shoe soles in the company PREPLAST to increase production levels.

The research starts from the identification of the current situation in which the productive process of the company is located, collecting information on all its processes and facilities through direct observation and interview with the administrator and the production manager. Likewise, an analysis has been carried out with the sales histories of the last year provided by the administrative area, managing to identify that the Lili expanso chocolate 37 sole is the most demanded product, therefore, this model of sole was the object of study in the present research.

Through the measurement of times by timing, development of flowchart, analytical diagram, synoptic diagram, man-machine diagram, route diagram, plant redistribution and application of the SMED methodology, it is possible to establish improvements in the productive process of the company.

As a result of the present research, it has been possible to establish the standard time for each area that makes up the production process of the most demanded soles, and from the times and distances traveled, a redistribution of plant has been proposed in order to minimize the transportation costs carried out. Likewise, the preparation time of the injector has been reduced by applying the SMED methodology, increasing the number of soles produced in a working day.

Keywords: Standardization, Injection, Soles, Timing study, plant redistribution, SMED.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas grandes y pequeñas de todo el mundo están enfocadas en ser líderes e innovadoras en el desarrollo de sus actividades, y buscan constantemente formas y métodos eficientes para producir sin incurrir en costos y tiempos adicionales mediante la reducción de las demoras y operaciones que no agregan valor al producto, ya que el objetivo de las organizaciones es producir más y esto ha incurrido a que las empresas descuiden el uso de herramientas como el estudio de tiempos y movimientos, las metodologías 5s y el Lean Manufacturing para mejorar su productividad[1]. Por tal motivo, hoy en día las empresas que quieren mantenerse en la cúspide del éxito y ser líderes a nivel nacional e internacional deben centrarse los esfuerzos en reducir al máximo el tiempo de producción.

Por otro lado, es de suma importancia para la empresa PREPLAST determinar el tiempo estándar en el proceso productivo de inyección de suelas para calzado empleando el estudio de tiempos y movimientos, con la finalidad de optimizar los recursos, analizar las operaciones que no agregan valor y mejorar la eficiencia en los procesos productivos.

La empresa en su trayecto se ha enfrentado con la problemática de los tiempos improductivos en los procesos debido a una mala distribución de los puestos de trabajo, métodos de trabajo ineficientes y tiempos no estandarizados, estos tiempos improductivos ha provocado que la producción de la empresa disminuya, y para cubrir la demanda la empresa trabaja horas extras generando un coste adicional para poder cumplir la producción planificada. Por otro lado, una mala distribución de los puestos de trabajo ha provocado que el personal realice desplazamientos adicionales, provocando que su ciclo de trabajo sea mucho mayor.

Los tiempos improductivos que afecta la productividad de la empresa pueden ser reducidas a través del análisis del entorno del trabajo en el que se describirá las actividades que involucran el proceso productivo de la empresa mediante métodos adecuados que faciliten el estudio y la estimación del tiempo que toma ejecutar dicha actividad. Una vez conocida la situación actual de la empresa, se procede al análisis y la estandarización de los procesos a través de la eliminación de las actividades innecesarias que no agregan valor al proceso.

El estudio de tiempos y movimientos parte desde la identificación de la situación inicial de la empresa, las actividades que integran el proceso productivo, la estimación y la medición del tiempo que lleva ejecutar dichas tareas, y basado en dicha información se procede a estandarizar y la eliminación de las actividades improductivas.

La presente investigación se desarrolla en cuatro capítulos, en el primer capítulo menciona el tema de investigación, planteamiento del problema, la fundamentación teórica y los objetivos que serán desarrollados en la investigación, el segundo capítulo se detalla la metodología con la que se realiza la investigación, así mismo se describe la modalidad, materiales y los métodos empleados, en el tercer capítulo se expone los resultados obtenidos en la investigación en conjunto con su análisis y discusión, y finalmente el capítulo cuatro, se plantea las respectivas conclusiones en base a los objetivos planteados y las respectivas recomendaciones con referencia al tema en cuestión.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SUELAS PARA CALZADO EN LA EMPRESA PREPLAST

1.1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad a nivel mundial, las empresas grandes y pequeñas buscan ser líderes e innovadoras en el desarrollo de sus actividades, siempre buscando la forma y el método más óptimo de producir sin generar costos y tiempos adicionales, reduciendo las demoras y las operaciones que no agregan valor al producto, ya que las empresas se centran mayores esfuerzos en producir más dejando atrás el uso de herramientas como estudio de tiempos y movimientos, metodologías 5s, Lean Manufacturing que permiten mejorar su productividad [1].

Los principales problemas en pequeñas, medianas y grandes empresas se dan en los procesos de producción que causan productos no conformes, clientes y en la economía de la organización. Estos problemas son: los tiempos improductivos generado por los transportes y movimientos en exceso debido a una incorrecta asignación de los puestos de trabajo, las demoras o tiempos perdidos ocasionados por falta de planificación y organización en los procesos, retrasos en la producción por falta de estandarización de tiempos en las actividades, desperdicios de recursos por exceso de procesamiento, etc. por lo que el empleo de técnicas y herramientas busca reducir estos factores y aumentar la productividad, sin añadir inversiones adicionales[2].

En el Ecuador la Industria del calzado ha presentado un notable crecimiento en su producción los cuales han abastecido mercados nacionales e internacionales con productos de calidad, sin embargo, la mayoría de estas industrias de calzado son familiares y por lo tanto muchas de estas empresas no cuentan con tiempos

estandarizados de ejecución para cada proceso productivo, generando una baja productividad en la organización [3].

Según datos de la Cámara de calzado de Tungurahua (CALTU), en Ecuador se encuentra aproximadamente 4500 productores de calzado de los cuales el 50% se encuentra en la Provincia de Tungurahua [4]. A si mismo existe muchas empresas se dedican a fabricar las suelas para todo tipo de calzado para cubrir la demanda del mercado. Estas empresas muy pocos cuentan con un control de tiempos estandarizados lo cual es uno de los problemas que incide directamente en la productividad de las organizaciones, los principales problemas que se dan son los tiempos improductivos y tiempos muertos generados por el trabajador [5].

La presente investigación se realizó en la empresa “PREPLAST”, ubicado en la provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Santa Rosa. Esta es una empresa líder e innovadora dedicada a la producción y comercialización de suelas para calzado de damas, niños y caballeros, satisfaciendo las expectativas de los clientes con productos de calidad a mercados locales y nacionales.

La empresa en su trayecto se ha enfrentado con la problemática de los tiempos improductivos en los procesos debido a una mala distribución de los puestos de trabajo, métodos de trabajo ineficientes y tiempos no estandarizados, estos tiempos improductivos ha provocado que la producción de la empresa disminuya, y para cubrir la demanda la empresa trabaja horas extras generando un coste adicional para poder cumplir la producción planificada.

En una entrevista a la Administradora de la empresa “REPLAST” mencionó que no se había hecho un estudio de tiempos y movimientos previos en la organización, por lo que esta investigación será de gran ayuda en la mejora de la producción, redistribución de la planta y estandarización de los tiempos en cada uno de los procesos, siendo la empresa capaz de cubrir la demanda sin la necesidad de trabajo extra y costos adicionales.

1.2 Antecedentes investigativos

Para el presente proyecto investigativo se ha realizado una revisión bibliográfica referente al tema de estudio de tiempos y movimientos como base para el desarrollo del proyecto, en la que se ha recopilado información más importante de artículos científicos y tesis tomada del repositorio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y de otras universidades. A continuación, se muestra los siguientes trabajos investigativos referentes al tema.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta muy versátil que se puede aplicar a una gran variedad de empresa. Este estudio arroja resultados positivos en la productividad de las organizaciones de distintos rubros, puede ser textil, calzado, alimenticio, maderera, automotriz, construcción y más, en este sentido las empresas buscan incrementar el índice de productividad [6]. El método más usado para el estudio de tiempos es mediante la utilización del cronómetro, y esto se puede confirmar por las investigaciones mencionadas las cuales se utilizaron un cronómetro para tomar los tiempos. Sin embargo, con el avance de la tecnología ha aparecido nuevos métodos para la toma de información, software como GSD, OPTIPROT o NEOS SOLVER, que permiten poseer una base de datos de tiempos y recursos, y además el control del proceso de producción para evitar toda clase de desperdicios [7].

La mejora en la productividad y su adecuada gestión es fundamental para cualquier organización por lo que la aplicación de las técnicas y procedimientos que optimicen los procesos de producción han sido una excelente oportunidad para ofrecer resultados tangibles de mejora [8][9]. Investigaciones relacionados al estudio de tiempos y movimientos desarrolladas en la industria de calzado para incrementar la eficiencia de la empresa, empleando técnicas y métodos adecuados se determinaron las causas por las cuales se da la baja productividad en las empresas, encontrando como causas que las áreas de trabajo no estaban distribuidas equitativamente. Además, se comprobó que en cada una de las áreas el tiempo estándar era diferente, y basándose en la problemática el correctivo que tomo fue equilibrar el trabajo de los operarios en diferentes áreas, reasignación de tareas de una estación a otra y estandarización de los tiempos alcanzando un incremento de la productividad en 5,49% [10].

De la misma manera se analiza un artículo científico referente a estudio de tiempos y movimientos realizado en una planta de producción de calzado en Imbabura, mediante su trabajo se establece procedimientos más óptimos que permitan producir de una manera eficiente y eficaz, para este caso se utilizó el estudio de métodos, diagrama de operaciones, diagrama bimanual, etc. Tras su investigación y análisis se llegó al resultado de que el trabajo no se encuentra distribuido de manera correcta, por lo que se desarrolló una nueva combinación de operaciones para balancear la línea incidiendo en la mejora de producción de 48 pares diarios a 48 pares diarios, es decir tuvo un incremento del 20% en su producción [11].

Un Estudio en la Empresa de Calzado LIWI, en su investigación basada en estudio de tiempos y movimientos, se determinó que la empresa tuvo la necesidad de determinar el tiempo estándar para el producto de mayor demanda, análisis de movimientos y estimar el número de operarios. Como resultado de la investigación se definió un tiempo estándar en cada área de producción, una distribución de planta adecuada y el número de trabajadores necesarios, por ende, tuvo un incremento de 10,72% de producción [12].

Asimismo, en un estudio investigativo referente al estudio de tiempos y movimientos aplicado en la empresa IMPATEX, mediante su estudio se ha logrado determinar que, dentro de la organización, en el área especificada no contaba con diagrama de recorrido, tiempo estándar en cada proceso, por lo que fácilmente se generaba cuello de botella y retrasaba la producción. Como resultado de su investigación logro determinar los tiempos estándar para cada proceso productivo y la reducción de transporte innecesarios que se realizaban, logrando así aumentar un 10,37% de la producción en la empresa [13].

Por otro lado, el trabajo realizado en la empresa Textil CM ORIGINAL con el objetivo de mejorar la productividad, se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos, cuya propuesta es de mejorar el método de trabajo actual mediante la estandarización los tiempos en los procesos productivos de los productos de mayor demanda y procedimientos de trabajos estandarizado. Tras su investigación se logró estandarizar los tiempos del proceso productivo para 5 modelos de pantuflas y la realización de un Manual de procedimiento e instructivos para el área de aparato [14].

De la misma forma, una investigación hecha en una industria de manufactura refresquera presenta una optimización de tiempos en el proceso de desestibadora y en llenado a partir de la identificación de los problemas más frecuentes que afectaba el proceso y el planteamiento las respectivas soluciones. Para dar solución a la problemática se ha utilizado la metodología MTM (Methods Time Measurement) y análisis de tiempos MOST (Maynard Operation Sequence Technique) a fin de determinar las fallas con mayor impacto las que genera más tiempo improductivo y lograr optimizar el tiempo en la línea de producción. Por consiguiente, redujeron el tiempo tanto en el proceso de llenado de 1 min a 0,22 min y en el proceso de desestiba de 1,15 min a 0,45 min [15].

Asimismo, con el estudio de tiempos y movimientos, diagrama de flujo, de Pareto y de Ishikawa se han identificados los diferentes problemas que afectan el proceso productivo de Litobarnizado, por lo que el trabajo realizado está enfocado en la reducción de tiempos de paradas por alimentación de bulto, el tiempo de lavado y por cambio de rodillo que presentan en sus líneas de producción. La metodología aplicada en esta investigación empieza desde la recopilación de la información, selección de la línea de producción, el análisis de la línea seleccionada y finalmente propuesta e implementación de sus respectivas mejoras. Como resultado de esta investigación se reduce tiempos de paradas de un 11,76% para la alimentación de bulto, un 13% para el tiempo de lavado y un 10% de tiempo por cambio de rodillos [16].

Un caso de estudio aplicado a las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) de la provincia de Tungurahua al sector de calzado se ha realizado un sistema de costos contables a partir del estudio de tiempos y movimientos en el que se utilizaron métodos como el diagrama de flujo, diagrama de recorridos y los diagramas bimanuales integrados al proceso llegando a un resultado de la planta se encuentra distribuidas de forma correcta y que los movimientos improductivos encontrados son mínimas [17].

De igual forma en un artículo desarrollado en una industria textil Hermosillo Sonora, a partir del estudio de tiempos y movimientos se ha estandarizado cada uno de los procesos productivos que lo conforma la línea, a fin de equilibrar los trabajos de los operarios y ajustar los costos de producción. Para lo cual, se aplicó la metodología (MOST), logrando así la redistribución de la planta y reducción del personal, por consiguiente, un óptimo flujo de trabajo [18].

Una de las empresas ecuatorianas dedicadas a la producción de suelas para calzado es MILPLAST, ofreciendo al mercado suelas para diferentes tipos de zapato a Ambato, Cuenca, Guayaquil y Quito. Además, existe muchas más empresas nacionales dedicadas a estas actividades y abastecen a diferentes mercados. Las empresas de calzado ambateña ofrecen un calzado con una variedad de suelas como en caucho y PVC, estas suelas son fabricadas por empresas como: PLASTICAUCHO, INPROSUELAS, FABRISUELAS MRG, PREPLAST entre otros [19].

De igual importancia, el estudio de tiempos y movimientos no solo es aplicables en las industrias manufactureras, sino que también en empresas de servicios y esto se evidencia en la investigación realizada en un restaurante en donde se ha identificado la insatisfacción de los clientes en cuanto al tiempo de elaboración de los platos, por lo que el estudio aborda métodos de optimización de recursos, simplificación del trabajo redundante y estandarización de los procesos. Las técnicas que se utilizaron para el estudio fueron la encuesta, entrevista y observación, con un enfoque cuantitativo y cualitativo a fin de identificar la problemática y presentar una propuesta de solución. De acuerdo con el estudio se propone mejorar distribución de la cocina, ordenar y clasificar los alimentos, etiquetar los condimentos y adquirir nuevos utensilios para la cocina [20].

Una investigación internacional realizado en Colombia presenta un estudio acerca de la simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas para calzado en el que se detalla las actividades y las etapas del proceso de producción de suelas termoplásticas, teniendo como resultado las siguientes etapas: llegada de materia prima, inspección, inyección, almacenaje de suelas, pulido, pintura, cepillado, revisión, almacenaje y empaque. Además, se realizó un estudio de tiempos que lleva realizar cada uno de los procesos productivos y la cantidad promedio de los operarios necesarios para cada actividad [21].

Por otra parte, un artículo científico desarrollado en la industria de calzado “Falcasa” se ha realizado el estudio con el objetivo de mejorar la productividad mediante la estandarización de tiempos. Para lo cual se realizó un estudio de tiempos a cronómetro y del trabajo en cada uno de los procesos, y mediante la ayuda de la estandarización de tiempos se ha logrado incrementar un 30,6 % de la productividad en la empresa [5].

Finalmente, en un estudio de métodos y tiempos aplicados a la empresa de Calzados Kristell, menciona que en su investigación se empleó técnicas y herramientas como entrevistas, diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto, de recorrido, diagrama de procesos, diagrama analítico, metodología 5S y balance de líneas para incrementar la productividad en la empresa. Como resultado de la investigación se obtuvo un incremento del 5,71% de la productividad tras reducir un 6,52% de los tiempos actuales e implementar la metodología 5S [22].

1.3 Fundamentación teórica

Ingeniería de métodos

La ingeniería de métodos hace referencia a una de las técnicas aplicables para aumentar la producción por unidad de tiempo o para reducir el costo por unidad de producción, es decir técnicas para mejorar la productividad mediante diseño, creación y selección de los métodos óptimos de fabricación, procesos herramientas, equipos y habilidades empleados en la manufactura del producto dentro de una organización [23].

Estudio del trabajo

Un estudio de trabajo es un análisis sistemático de los métodos y procedimientos para ejecutar las actividades, cuya finalidad es lograr el uso de recursos de manera eficiente y establecer estándares de desempeño para cada actividad realizada. Este es uno de los instrumentos que principalmente las empresas utilizan para la mejora de la productividad [24].

Técnicas del estudio de trabajo

El estudio de trabajo abarca especialmente dos técnicas más aplicadas en las industrias, estas son el estudio de métodos y la medición del trabajo como se muestra en la figura 1, el estudio de métodos corresponde a la manera más óptima de realizar un trabajo, mientras que la medición de trabajo establece el tiempo que un operario necesita para ejecutar una tarea [24].

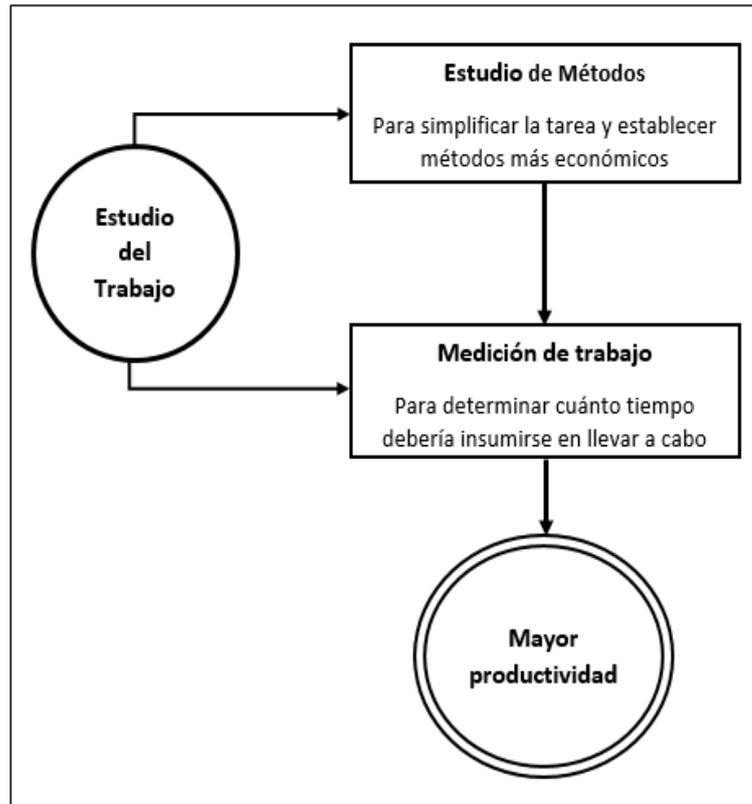


Fig. 1. Estudio del trabajo [24].

Procedimiento básico para el estudio de trabajo

Para el estudio de trabajo y poder determinar el tiempo que a un trabajador lleva en realizar las tareas correspondientes dentro del proceso productivo se cuenta con ocho etapas fundamentales que se debe seguir como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Etapas básicas para el estudio de trabajo [24].

N.º	Etapas	Descripción
1	Seleccionar	El proceso o trabajo para estudiar.
2	Registrar	Recoger datos necesarios de la tarea o proceso aplicando técnicas más apropiadas de recolección para posterior analizarlo.
3	Examinar	Realizar un análisis crítico, preguntándose si se justifica las actividades, el lugar, el orden, quien y los medios empleados en su ejecución.
4	Establecer	El método más óptimo y económico que adapte a las circunstancias basándose en las diversas técnicas de gestión, así como también los aportes proporcionados por los dirigentes, trabajadores, supervisores y demás especialistas, cuyos enfoques tienden a ser analizados.

Tabla 1. Etapas básicas para el estudio de trabajo (continuación) [24].

5	Evaluar	Los resultados alcanzados con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo estándar.
6	Definir	El método nuevo y el tiempo correspondiente, cuyos datos serán presentados a todos los pertinentes ya sea en forma verbal o escrito basando en demostraciones.
7	Implantar	El nuevo método y entrenar a las partes interesadas como practica general aceptada con el tiempo fijada.
8	Controlar	Los resultados obtenidos del nuevo método y comparar con los objetivos trazados.

Para el análisis de los métodos de trabajo se ayudan de diferentes herramientas y técnicas para resolver problemas dentro de los procesos productivos, cada herramienta que se menciona a continuación tiene aplicaciones específicas como se muestra en la figura 2.

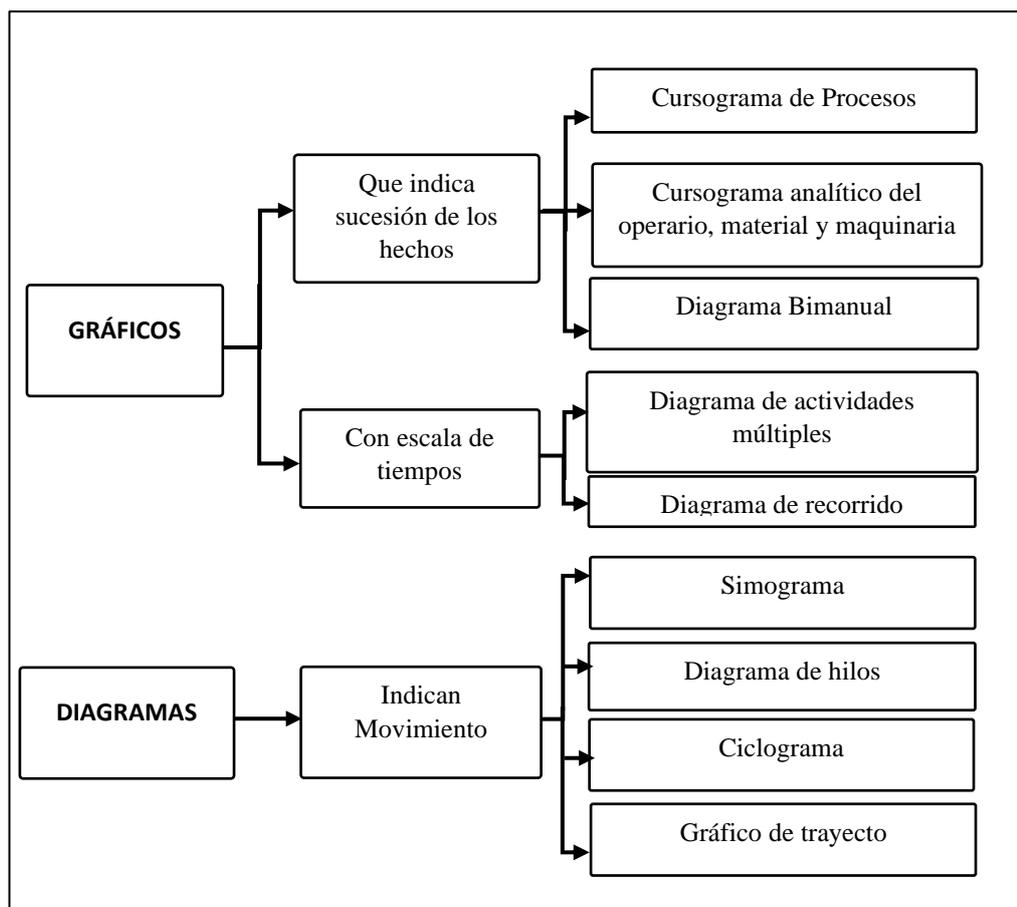


Fig. 2. Herramientas para el análisis de métodos de trabajo [24].

El lenguaje y los símbolos en ingeniería de métodos

Para facilitar el estudio de los procesos productivos en las industrias, se apoyan de gráficos simplificados que utilizan un lenguaje y unos símbolos que incluyen varios conjuntos de estándares de elementos, en base a esto es posible describir efectivamente la secuencia de una actividad productiva. Este lenguaje fue propuesto y publicado por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) en 1947 y hasta la fecha es ampliamente utilizado por la facilidad de comprensión [25].

Según ASME, los símbolos más utilizados para representar un trabajo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Símbolos para representar un trabajo según ASME [25].

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	RESULTADO PREDOMINANTE
Operación		Se realiza una actividad.
Transporte		Se mueve.
Inspección		Se verifica la calidad y/o cantidad del producto.
Demora		Interferencia o se retrasa el paso siguiente.
Almacenaje		Guarda el producto y/o los materiales.
Actividad combinada		Operación que se combina con una inspección.

Diagrama de proceso

Este diagrama muestra el proceso de ejecución que incluye todas las operaciones, inspecciones, retrasos y almacenamiento, desde el punto de inicio hasta el punto final, es decir desde la entrada de la materia prima hasta el producto final obtenido. Para la construcción del diagrama se utiliza símbolos convencionales para describir los procesos, así mismo es necesario incluir el tiempo que lleva realizar cada actividad de tal forma que sea fácil su entendimiento [23].

En la figura 3 se muestra un ejemplo del diagrama de procesos.

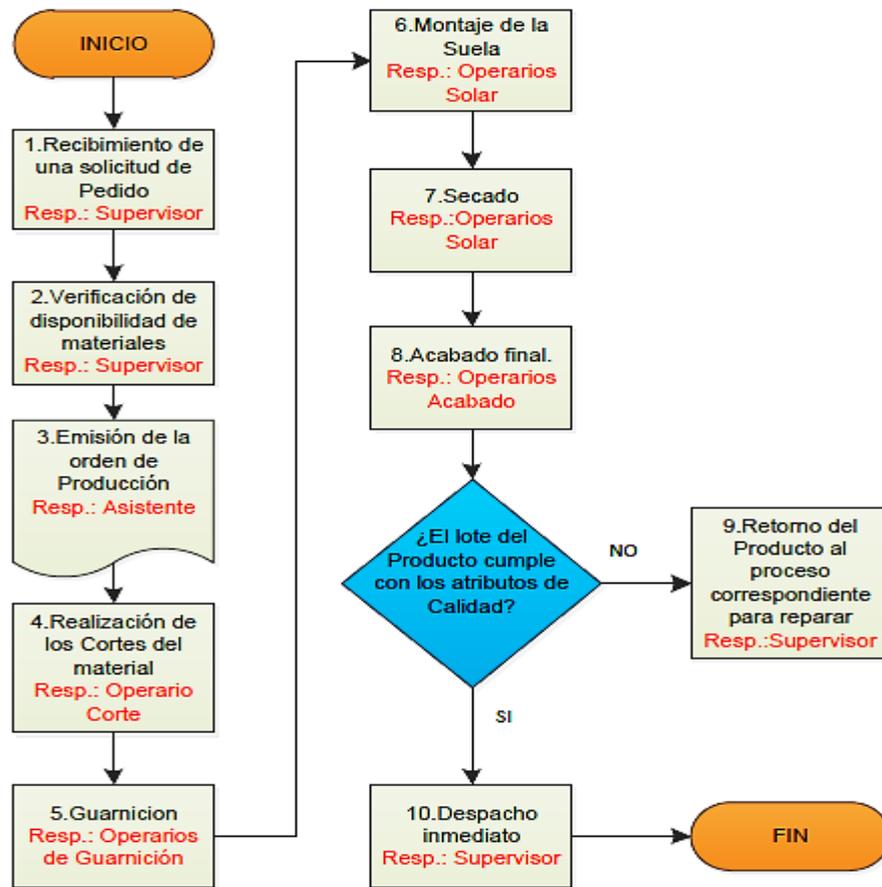


Fig. 3. Ejemplo de diagrama de procesos [18].

Diagrama de recorrido

Es una representación gráfica de la distribución de la planta en el que se muestra la ubicación de todas las actividades que involucran el proceso productivo y la trayectoria que sigue los operadores, materiales o equipos desde el punto de entrada hasta los depósitos como se muestra en la figura 4. En el trayecto se observa símbolos de las diversas actividades que se llevan, así como una numeración secuencial hasta el proceso final, de tal manera que permita al lector analizar y conocer a detalle todas las operaciones efectuadas [24].

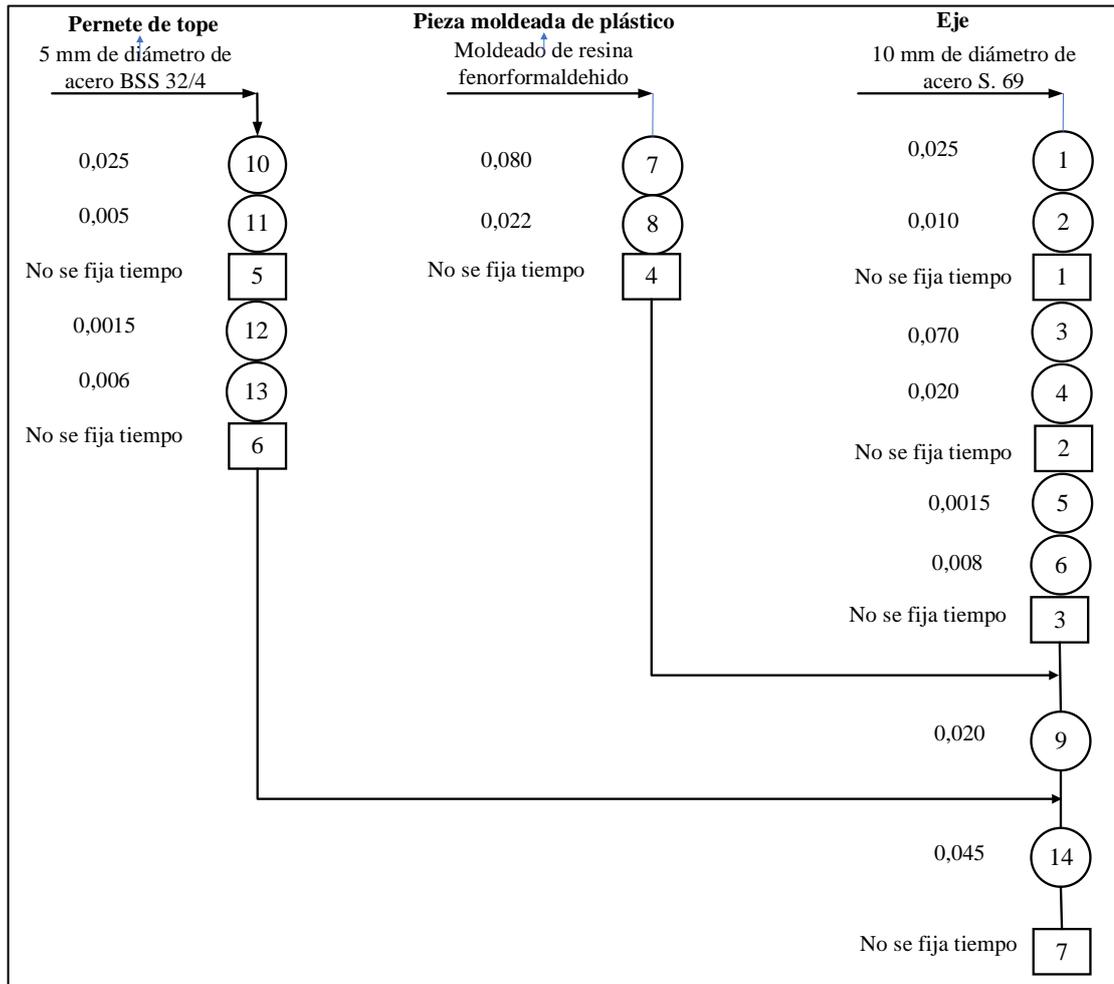


Fig. 5. Ejemplo de diagrama de Sinóptico [16].

Diagrama analítico

Este diagrama muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante su respectivo símbolo. Este cursograma se establece en forma análoga al sinóptico, pero a diferencia del sináptico en esta se utilizan no solo símbolos de operación e inspección, sino también del transporte, espera y el almacenamiento [24].

Existen tres tipos de cursogramas analíticos y estas son:

1. Cursograma del Operario
2. Cursograma del material
3. Cursograma del equipo.

En el cursograma del operario se registra todas las actividades que el operario realiza, en el de material se registra la manera como se manipula o es tratado el material y finalmente en el cursograma del equipo se registra la manera de uso del equipo. Cabe mencionar que en el cursograma del operario su registro será utilizando verbos en la voz activa, mientras que para el cursograma de material y equipos se utiliza la voz pasiva para su registro.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo del cursograma analítico del material.

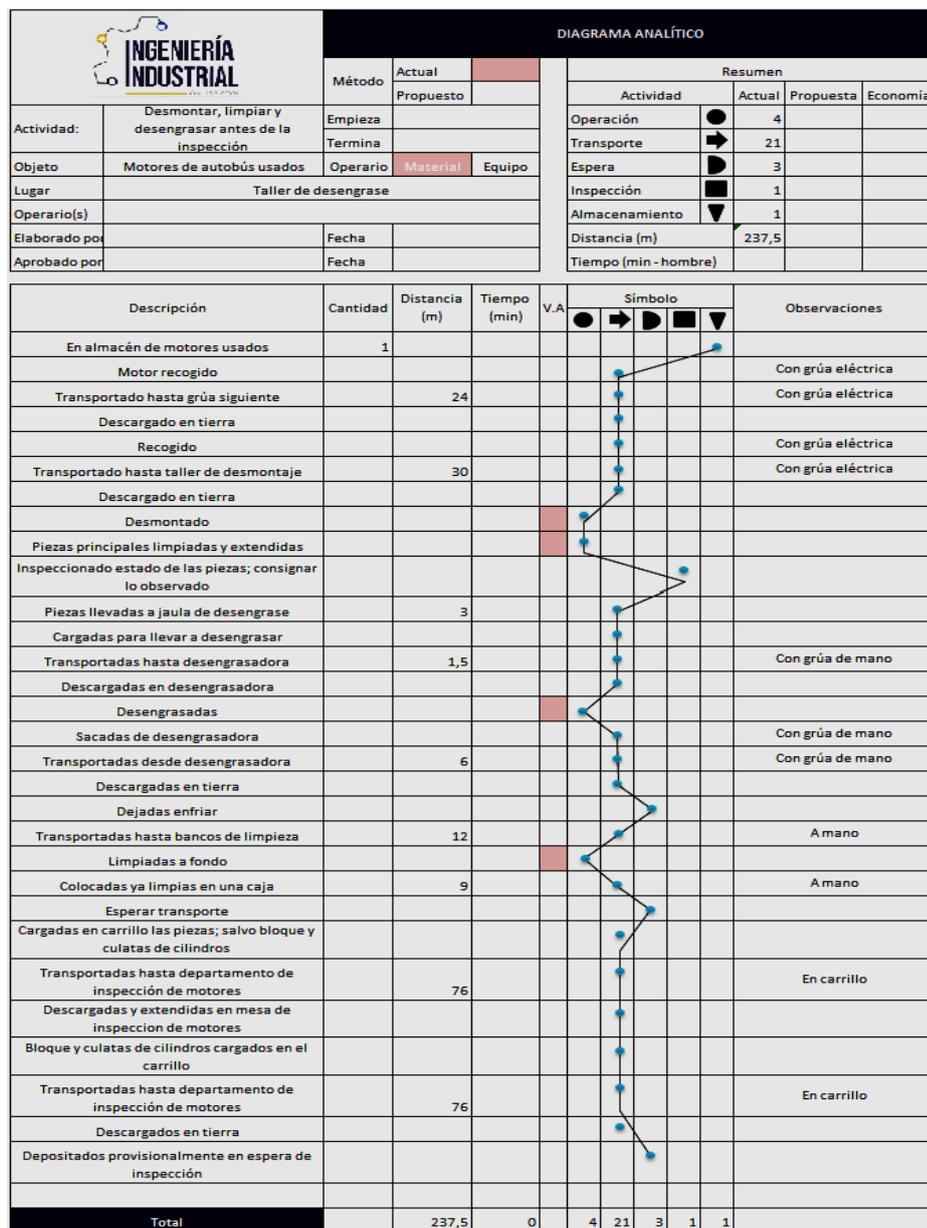


Fig. 6. Ejemplo de cursograma analítico del material [19].

Diagrama hombre-máquina

El diagrama Hombre-Máquina es utilizado para estudiar, analizar y mejorar un puesto de trabajo, es decir, este diagrama muestra la relación entre el tiempo exacto y el ciclo de trabajo de la persona y de la máquina a fin de obtener un balance del ciclo del trabajador. Este estudio por lo general permite determinar claramente las áreas en las que ocurre el tiempo ocioso de las máquinas y el trabajador [23] .

En la figura 7 se muestra un ejemplo del diagrama hombre-máquina.

OPERACIÓN: Impregnación				NOMBRE DE AYUDANTES:	
NOMBRE DEL PRODUCTO: Cuero escolar					
NOMBRE DE LA MÁQUINA: Pigmentadora_Secadora					
NOMBRE DEL OPERARIO:				NÚM. DE MÁQUINA: 4	
MÉTODO ACTUAL <input checked="" type="checkbox"/>		MÉTODO PROPUESTO <input type="checkbox"/>		CUADRO POR: Rolando Bayas	
OPERARIO 1	TIEMPO (seg)	AYUDANTE	TIEMPO (seg)	MÁQUINA	TIEMPO (seg)
Deslizar cuero	5.06	Recibir carga 1	2.703	Impregnar y secar	11.913
Esperar	3.388	Impregnar fallas	3.6		
Coger y colocar	3.465	Espera	5.61		
Deslizar cuero	5.06	Recibir carga 2	2.703	Impregnar y secar	11.913
Esperar	3.388	Impregnar fallas	3.6		
Coger y colocar	3.465	Espera	5.61		
Deslizar cuero	5.06	Recibir carga 3	2.703	Impregnar y secar	11.913
Esperar	3.388	Impregnar fallas	3.6		
Coger y colocar	3.465	Espera	5.61		
Deslizar cuero	5.06	Recibir carga 4	2.703	Impregnar y secar	11.913
Esperar	3.388	Impregnar fallas	3.6		
Coger y colocar	3.465	Espera	5.61		
Deslizar cuero	5.06	Recibir carga 5	2.703	Impregnar y secar	11.913
Esperar	3.388	Impregnar fallas	3.6		
Coger y colocar	3.465	Espera	5.61		
Deslizar cuero	5.06	Recibir carga 6	2.703	Impregnar y secar	11.913
Esperar	3.388	Impregnar fallas	3.6		
Coger y colocar	3.465	Espera	5.61		

Fig. 7. Ejemplo de diagrama hombre-máquina [18].

Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimientos es una de las técnicas más usadas por las empresas para aumentar la productividad, eliminando todas las operaciones que no agregan valor a los procesos y al producto. Además, permite estandarizar los tiempos que necesita para llevar a cabo una tarea a una velocidad o ritmo normal y en las condiciones adecuadas, basándose en un número limitado de observaciones y mediciones de tal manera que permita separar los tiempos y movimientos productivos de los improductivos [26].

Estudio de tiempos

Es el procedimiento utilizado para medir el tiempo que toma a un operador calificado que trabaja a nivel normal realizar una tarea de acuerdo con un método específico. Para llevar a cabo esta medición emplean un conjunto de técnicas como registros tomados en el pasado para crear la tarea, estimaciones de tiempos realizadas, tiempos predeterminados y el método más utilizado para el estudio de tiempos es con el cronómetro [27].

Los equipos necesarios para llevar a cabo el estudio de tiempos son:

- Un cronómetro
- Un tablero de observaciones
- Formularios de estudio de tiempos
- Calculadora
- Equipo de videocinta [24].

Etapas del estudio de tiempos

Luego de haber seleccionado al operario que va a ser analizado se procede a seguir las siguientes etapas.

1. Obtener y registrar toda la información posible cerca de la tarea, operario y las condiciones de trabajo.
2. Registrar la descripción completa del método dividiendo en elementos como se muestra en la tabla 3.

3. Examinar el método que se está utilizando y determinar la muestra.
4. Medir el tiempo con el instrumento apropiado.
5. Determinar la velocidad de trabajo efectiva del operario, esta tiene que ser ritmo tipo.
6. Transformar los tiempos observados a básicos.
7. Establecer los suplementos que se le añadirán al tiempo básico.
8. Determinar el tiempo estándar propio de la operación.

Los elementos se dividen en 8 tipos como se observa a continuación.

Tabla 3. Tipos de elementos [16].

N.º	Elementos	Descripción
1	Repetitivos	Reaparecen en cada ciclo.
2	Casuales	No reaparecen en cada ciclo.
3	Constantes	Tiempo básico de ejecución es siempre igual.
4	Variables	Tiempo básico de ejecución cambia.
5	Manuales	Son los que realiza el operario.
6	Mecánicos	Son los que realiza automáticamente la máquina.
7	Dominantes	Dura más tiempo que los demás.
8	Extraños	No resulta ser una parte necesaria.

Tamaño de la muestra

Es importante determinar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que se deben efectuarse en el estudio asignando un nivel de confianza y un margen de exactitud predeterminados [24].

Con el método estadístico se debe efectuar cierto número de observaciones y luego con un nivel de confianza de 94,45% y un margen de error de 5% aplicar la siguiente ecuación.

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

Siendo:

n = Tamaño de la muestra que deseamos determinar

n' = Número de observaciones del estudio preliminares

Σ = Suma de valores

x = Valores de observaciones.

40 = Constante para un nivel de confianza de 95,45%

Número de observaciones

Para el cálculo del número de observaciones se basa en el método de General Electric Company, el cual nos proporciona una guía aproximada del número del número de ciclos que se deben observar, por lo tanto, es necesario examinar los datos presentados en la tabla 4 [23].

Tabla 4. Numero recomendado de ciclos de observación según General Electric [15].

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Valorar el ritmo de trabajo

Para determinar la velocidad con que el operario ejecuta el trabajo se vale de la tabla del ritmo de trabajo como un factor multiplicativo para obtener el tiempo normal, por medio de estas escalas podemos calcular el desempeño característico de cada uno de los operarios analizados [28].

En tabla 5 se muestra la escala 0 a 150, donde 0 corresponde a un trabajo nula, 100 a un trabajo normal o tipo y 150 un trabajo increíblemente rápido.

Tabla 5. Escala de valoración del ritmo de trabajo [22].

0-100	Descripción del desempeño	Velocidad de marcha [km/h]
0	Actividad nula.	
50	El operario es muy lento, movimientos torpes, inseguros, parece medio dormido y sin interés por el trabajo.	3,2
75	Constante, resuelto, sin prisa, como obrero no pagado, parece lento, no pierde tiempo mientras observe.	4,8
100 (ritmo tipo)	El operario es activo, capaz, calificado medio, logra con facilidad el nivel de calidad o precisión fijado.	6,4
125	Muy rápido, actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, por encima del obrero calificado como medio.	8.0
150	Increíblemente rápido, concentración y esfuerzo intenso sin perdurar largos periodos, virtuoso, trabajador sobresaliente.	9,6

Tiempo normal

Corresponde al tiempo que se le asigna a un trabajador calificado para que realice sus tareas, este tiempo no debe variar ya que si lo hace ocasiona retrasos en la producción.

El tiempo normal es igual a tiempo observado promedio multiplicado por el índice de desempeño, se utiliza la ecuación 2 para realizar el cálculo.

$$TN = TOP * ID \quad (2)$$

Donde:

TN = Tiempo Normal

TOP = Tiempo Observado Promedio

ID = Índice de desempeño

Tiempo suplementario

Es el tiempo que se le asigna al trabajador cuando las condiciones en las que opera varia, es decir cuando las condiciones ambientales son malas y no es posible la mejora y para ejecutar la tarea requiere de un esfuerzo mayor [13]. En la tabla 6 muestra los suplementos por descanso según la OIT.

Tabla 6. Suplementos por descanso según la OIT [10].

<i>Suplementos constantes</i>	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>Suplementos variables</i>	<i>H</i>	<i>M</i>
A. Por necesidades personales	5	7	D. Mala iluminación		
B. Por fatiga	4	4	• Ligeramente por debajo	0.0	0.0
<i>Suplementos variables</i>			• Bastante por debajo	2.0	2.0
A. Por trabajar de pie	2	4	• Absolutamente insuficiente	5.0	5.0
B. Por postura normal			F. Concentración intensa		
• Ligeramente incomodo	0	1	• Trabajado de cierta presión	0.0	0.0
• Inclinado	2	3	• Fatigoso	2.0	2.0
• Echado estirado	7	7	• Muy fatigoso	5.0	5.0
C. Uso de energía o fuerza muscular kg.			G. Ruidos		
2.50	0	1	• Continuo	0.0	0.0
5.00	1	2	• Intermitente y fuerte	2.0	2.0
7.50	2	3	• Intermitente y muy fuerte	5.0	5.0
10.00	3	5	• Estridente y fuerte	7.0	7.0
12.50	4	5	H. Tensión mental		
15.00	5	8	• Proceso bástate complejo	1.0	1.0
17.00	7	10	• Proceso complejo	4.0	4.0
20.00	9	13	• Muy complejo	8.0	8.0
22.50	11	16	I. Monotonía		
25.00	13	20	• Algo monótono	0.0	0.0
30.00	17		• Bastante monótono	1.0	1.0
35.50	22		• Muy monótono	4.0	4.0
E. Condiciones atmosféricas			J. Tedio		
16.00	0	0	• Algo aburrido	0.0	0.0
14.00	0	0	• Aburrido	2.0	1.0
12.00	0	0	• Muy aburrido	4.0	2.0
10.00	0.3	0.3			
8.00	1	1			
6.00	2.1	2.1			
5.00	3.1	3.1			
4.00	4.5	4.5			
3.00	6.4	6.4			
2.00	10	10			

Tiempo estándar

También conocido como tiempo tipo y corresponde al tiempo que requiere un operador calificado llevar a cabo una operación bajo un ritmo y condiciones normales. La fórmula para su respectivo calculo se presenta a continuación, vea la ecuación 3 [29].

$$T_s = T_n * \left(1 + \frac{\sum \text{Suplementos}}{100} \right) \quad (3)$$

Donde:

T_s = Tiempo estándar

T_n = Tiempo Normal

$\sum \text{Suplementos}$ = Sumatoria de los suplementos asignados

La relación que tiene el tiempo estándar con el tiempo básico, tiempo observado, contenido de trabajo y suplementos se muestra en la figura 8.

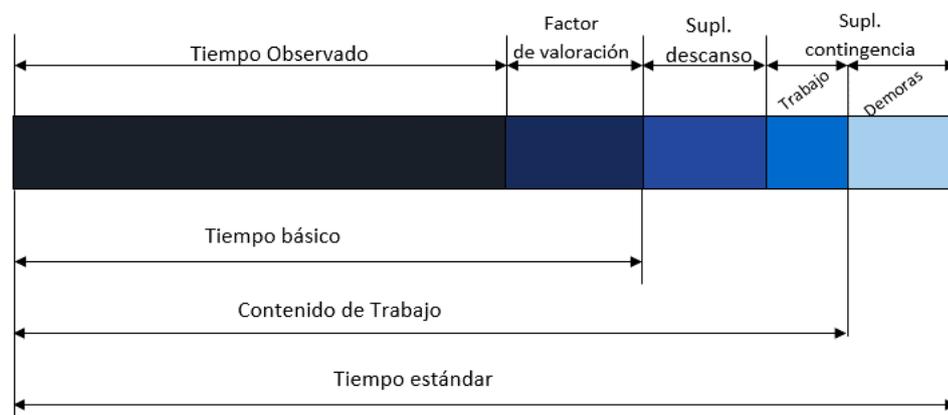


Fig. 8. Tiempo estándar o tipo.

Estudio de tiempos con cronómetros

Es una de las técnicas que más se usa para establecer los estándares de tiempo en el área de manufactura y es una de las técnicas convenciones más antiguas de estudio de tiempos. Las herramientas de estudio de tiempos con cronómetros son:

1. Cronómetros
 - a. Continuos
 - b. Que regresan
 - c. De tres vistas
 - d. Medición de tiempos de métodos
 - e. Digitales
 - f. Computadoras

2. Tablas para sujetar cronómetro y papel
3. Cámaras de video
4. Tacómetros
5. Calculadoras
6. Formularios

Para el estudio se pueden emplear cronómetros mecánicos, digitales y computadoras, pero para tomar datos más precisos lo pueden hacer con cronómetros digitales y aún más precisos medianes las computadoras[30].

Las técnicas básicas de estudio de tiempos son mediante cronómetros continuos y de restablecimiento rápida, siendo los cronómetros continuos las requieren iniciar cuando el operador inicia una actividad y dejarlo andar hasta que el estudio este completo, el encargado del estudio debe leer y registrar los tiempos acumulados al final de cada uno de los elementos. Mientras tanto, los cronómetros de restablecimiento rápido cada vez que termina un elemento, el especialista lee el cronómetro y de inmediato lo restablece a cero para medir el siguiente elemento [30].

Estudio de movimientos

Corresponde al estudio de los movimientos del cuerpo humano al momento de realizar una operación con la finalidad de encontrar los movimientos innecesarios y eliminarlos, simplificar los movimientos que son necesarios y finamente establecer una secuencia optima de movimiento para alcanzar un alto nivel de eficiencia [23].

Los principios fundamentales de la economía de movimientos son 3.

- Uso del cuerpo humano
- Disposición y condición del puesto del trabajo
- Diseño de herramientas y equipos.

Según los principios de la economía de movimientos de Therblings, a los movimientos los divide en 8 efectivos y 9 inefectivos, véase la tabla 7, para los cuales los movimientos efectivos se deben potencializar y los inefectivos se buscan eliminarlo ya que genera tiempos improductivos [31].

Tabla 7. Movimientos eficientes e ineficientes según Gilbreth.

Movimientos Eficientes		Movimientos Ineficientes	
Movimientos	Símbolos	Movimientos	Símbolos
Alcanzar	AL	Buscar	B
Tomar	T	Seleccionar	SE
Mover	M	Inspeccionar	I
Soltar	SL	Demora evitable	DET
Ensamblar	E	Demora inevitable	DI
Desmontar	DE	Colocar en posición	P
Usar	U	Descansar	DES
Preposicionar	PP	Sostener	SO
		Planear	PL

Proceso productivo

El proceso productivo o actividad productiva hace referencia a la transformación de un conjunto de recursos, materias primas, productos semielaborados y servicios, en otros productos o servicios útiles para la sociedad demandante. Es decir, transforma los INPUTS: materiales, tecnología, recursos financieros y humanos, en OUTPUTS: productos o servicios que satisfagan la demanda de los clientes y consumidores [32]. En la figura 10 muestra las etapas del proceso productivo.

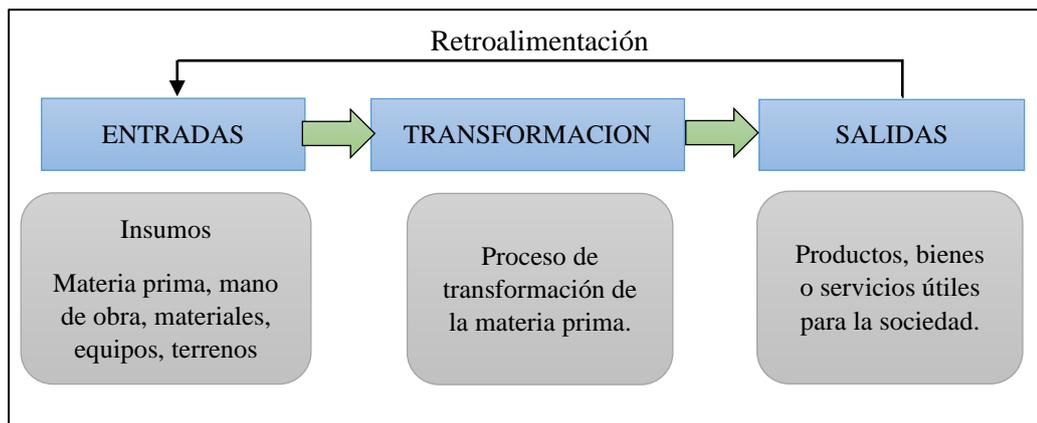


Fig. 9. Etapas del proceso productivo.

Productividad

Es la relación que existe entre el volumen total de producción y todos los recursos empleados para alcanzar ese determinado nivel de producción, es decir la razón entre los OUTPUTS (Salidas) y los INPUTS (Entradas). Es uno de los elementos claves y

estratégicos en las organizaciones, ya que los productos y servicios no pueden ser competitivos si no se fabrica con altos estándares de productividad [33].

Factores que determinan la productividad

En la productividad de la empresa interviene muchos factores, tanto internos como externos y muchos de los factores externos son muy difíciles de controlar en comparación con las internas. En la figura 11 se muestra los factores que afectan la productividad [33].



Fig. 10. Factores que afectan la productividad [33].

Productividad Parcial

Se calcula dividiendo entre la cantidad de producto producida con un solo tipo de insumo, esto puede ser mano de obra, energía, materia prima o capital.

$$Productividad_{parcial} = \frac{Produccion\ total}{Insumos} \quad (4)$$

Metodología SMED

SMED (Single Minute Exchange Die) es una de las herramientas de Lean Manufacturing. El objetivo de esta técnica es reducir el tiempo que se pierde en las máquinas al realizar un cambio de moldes, utillaje o herramientas cuando se pasa de producir un producto a otro, aumentando la flexibilidad en el proceso productivo [34].

Los beneficios de la aplicación de la metodología SMED son:

- Reduce el tiempo Set-up o tiempo de preparación.
- Aumenta el tiempo productivo.

- Flexibilidad en el proceso productivo de la empresa
- Facilita la fabricación de pequeños lotes de productos en un mismo periodo de tiempo, en la misma línea y en la misma máquina.
- Reduce costos.
- Reduce el tamaño de inventario.
- Reduce el tamaño del lote de producción.

Etapas de la metodología SMED

La tabla 8 muestra las fases de implementación de la metodología SMED [34].

Tabla 8. Fases de la metodología SMED.

Fases	Descripción
Fase 1	Análisis profundo de las condiciones actuales de cambio en el proceso productivo.
Fase 2	Clasificar las actividades en internas y externas.
Fase 3	Convertir las actividades internas en externas siempre y cuando sean posibles.
Fase 4	Se perfecciona todas las actividades internas y externas del proceso de preparación.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en el proceso de producción de suelas para calzado en la empresa PREPLAST.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio del método actual en el proceso productivo de suelas para calzado en la empresa PREPLAST.
- Establecer los tiempos estándar de la producción de suelas para calzado en la empresa PREPLAST.
- Proponer una alternativa de mejora para el proceso productivo que permita incrementar la productividad mediante estudios de tiempos y movimientos.

CAPITULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

La tabla 9 muestra los materiales que se utilizó para el desarrollo del proyecto.

Tabla 9. Recursos empleados en el desarrollo del proyecto.

Materiales	Detalle	Imagen
Microsoft Word	Programa de procesamiento de texto, diseñado para crear y guardar toda la información recolectada en el desarrollo del proyecto	
Microsoft Excel	Es una hoja de cálculo que nos permite analizar y manipular datos numéricos y de texto.	
Visio	Es un software que permite diseñar una amplia variedad de diagramas, de flujo, de procesos, planos de construcción y de plantas, etc.	
AutoCAD	Es un software de diseño que permite crear y editar geometrías de 2D y 3d con sólidos, superficies y objetos.	
WinQSB	Es un sistema interactivo que ayuda a la toma de decisiones y se utiliza para encontrar la mejor distribución de las instalaciones de la empresa.	
Computadora	Equipo utilizado para el manejo y procesamiento de la información utilizado en la ejecución del proyecto.	
Celular	Dispositivo electrónico utilizado para la toma de fotografías de los procesos realizados en la empresa.	
Cronómetro	Dispositivo utilizado para medir el tiempo de ejecución de las tareas dentro del proceso productivo de la empresa.	

Tabla 9. Recursos empleados en el desarrollo del proyecto (continuación).

Cinta métrica	Instrumento de medida que sirve para medir longitudes en superficies rectas o curvos.	
Útiles de oficina	Artículos que permite levantar y registrar la información, incluye gran variedad de equipos como lápiz, bolígrafos, hojas de papel, borrador, etc.	

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de investigación

Las modalidades de investigación que se aplicó para el desarrollo de la presente investigación se detallan a continuación:

Investigación bibliográfica – documental

Para la investigación bibliográfica-documental se empleó la metodología PRISMA, con el propósito de recolectar información de fuentes confiables como libros, revistas, artículos científicos, tesis, etc. en los que se recoge la información pertinente en base al tema planteada a fin de que el trabajo investigativo sea más sustentable. A continuación, se detalla la metodología.

Metodología prisma

Se centra en la recolección de la información mediante métodos sistemáticos y sintetiza los hallazgos encontrados en la base de datos como Dialnet, Scopus, Scielo, Redalyc, Revistas, etc. Esta metodología sigue 4 pasos fundamentales mencionadas a continuación.

- **Preguntas de investigación**

En la tabla 10 se muestra 3 preguntas de investigación para abordar el tema del estudio de tiempos y movimientos en las empresas manufactureras. Para cubrir con el objetivo propuesto se han establecido diferentes puntos de vista, (PI.1) aborda la importancia

del estudio, (PI.2) el objetivo del estudio de tiempos y movimientos y (PI.3) identificar si se alcanza una mejora en la productividad a partir del estudio.

Tabla 10. Preguntas de investigación.

Número	Pregunta de Investigación (RQ)	Motivación
PI.1	¿Cómo influye el estudio de tiempos y movimientos en la mejora de la productividad en las empresas?	Analizar las actividades que no agregan valor al producto final.
PI.2	¿Cuál es el objetivo del estudio de tiempos y movimientos?	Analizar el trabajo realizado mediante la medición del tiempo y reducir los desperdicios en tiempo y movimiento.
PI.3	¿Se ha logrado mejorar la productividad mediante el estudio de tiempos y movimientos?	Identificar el porcentaje de incremento de la productividad en las empresas.

- **Búsqueda de Documentación**

Se realizó una indagación bibliográfica de las investigaciones realizadas referente al tema en estudio, considerando el año de publicación que va desde el año 2017 a 2022. Se ha seleccionado este periodo de tiempo debido a que son investigaciones actuales y por ende es fácil entender y evaluar las herramientas, metodologías, enfoques, etc. utilizado para el estudio de tiempos y movimientos.

Para la búsqueda bibliográfica se utilizaron términos específicos para abordar las perspectivas descritas en la sección anterior.

Para PV1 (“Tiempos y movimientos” O “Métodos de trabajo” O “Medición de trabajo” O “Tiempo estándar” O “Importancia”) AND (“Calzado”), para PV2 (“Manufactura” O “Producción” O “Metodología” O “Industrias” O “Objetivos”) AND (“Tiempos y movimientos”). Finalmente, para PV3 (“Tiempos y movimientos” O “Mejora” O “Estandarización” O “Medición de trabajo”) AND (“Mejora” o “Productividad”). Mediante la búsqueda en base a los títulos, palabras claves y resumen se obtuvieron los documentos respectivos.

- **Selección de documentos**

Para este apartado se ha dividido en cuatro partes, en la primera fase se ha considerado criterios de inclusión y exclusión tomando en cuenta aspectos como el lenguaje de los documentos, fecha en la que fueron publicados, el tema entre otros aspectos

adicionales. En la segunda fase se ha ordenado los documentos de acuerdo con su relevancia, perspectiva, título, resumen y palabras claves, logrando una revisión más rápida y sistemática de los documentos. En la tercera fase o etapa se verifica si los documentos encontrados muestran la información encontrada en el apartado de introducción y conclusiones aportan la evidencia necesaria que respondan las preguntas de investigación planteadas. Finalmente se verificaron las referencias a fin de confirmar que cada uno está correctamente colocado, la información está detallada y cubra el contexto de la perspectiva. En la tabla 11 se muestra los criterios de inclusión y exclusión, y la figura 12 se muestra el diagrama de flujo PRISMA.

Tabla 11. Criterios de inclusión y exclusión.

N.º	Inclusión	Exclusión
C1	Artículos relacionados con las investigaciones realizadas en las industrias sobre estudio de trabajo.	Documentos duplicados en diferentes bases de datos.
C2	Artículos publicados de 2027 a 2022	Artículos no relacionados con estudio de tiempos en una empresa.
C3	Artículos relacionados con finalidades de utilizar estudio de tiempos y movimientos en empresas de servicio.	Artículos publicados en otras áreas de conocimiento.
C4	Artículos relacionados con estudio de métodos de trabajo en industrias de calzado	Artículos que todavía no son publicados.

Tabla 12. Base de datos de investigaciones realizadas.

Redalyc	n=4	Scielo	n=5
Dialnet	n=6	Ciencia e Ingeniería	n=1
Revista Sarance	n=4	Ciencia Latina	n=4
Revista Publicando	n=3	Revista de Investigación en ciencias de la Administración	n=1
Repositorios universidades	n=10	CIENCIAMATRIA	n=2
OTROS	n=12		

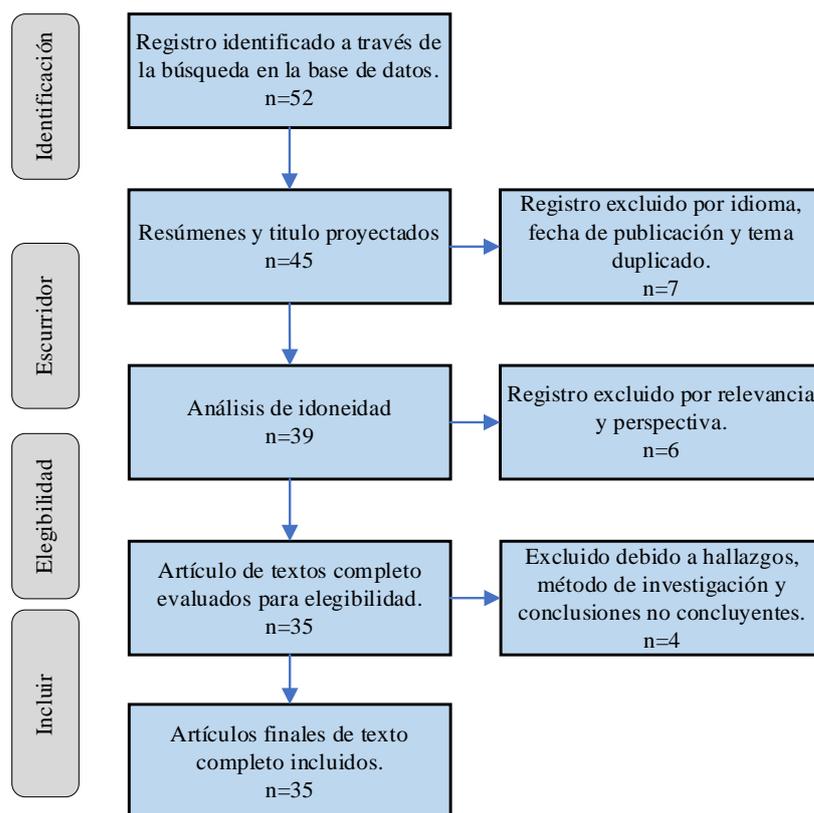


Fig. 11. Diagrama de flujo PRISMA.

- **Extracción de datos**

Los 36 documentos seleccionados, entre artículos, libros y tesis encontrados en diferentes bases de datos fueron revisados para verificar que la información sea relevante y que respondan las preguntas de investigación planteadas. En el Anexo 7 se muestra los documentos más relevantes considerados para la investigación.

Investigación de campo

Se consideró este tipo de investigación ya que el proyecto se realiza en el área de producción de la empresa “PREPLAST”, por lo que para la obtención de la información necesita estar en contacto directo con los procesos y el entorno en el que se desarrolla la actividad productiva, mediante el cual conocer el problema de la empresa a través de técnicas de estudio y finalmente plantear mejoras las mejoras.

En la observación directa se levantó la información respectiva referente a los procesos de inyección y triturado de materia prima mediante fotografías, apuntes y videos.

Investigación aplicada

Esta investigación se desarrolló con la finalidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera universitaria por lo que se utilizó técnicas relacionadas al estudio de tiempos y movimientos que son parte de la ingeniería de métodos y la administración de la producción, facilitando el estudio del proceso productivo de suelas para calzado de la empresa “PREPLAST” y el planteamiento de la propuesta de mejora.

El procedimiento utilizado para levantamiento y procesamiento de la información se distribuye en pasos básicos que se mencionan a continuación.

- **Seleccionar el trabajo que se va a estudiar.** - Se selecciono en base al producto de mayor demanda, ya que cada tipo de suelas es fabricado por inyectoras específicas.
- **Levantamiento de la información sobre el trabajo.** – Una vez seleccionada el trabajo, se reúne toda la información que permita comprender el proceso productivo que estará bajo estudio, aquí se describe las áreas en las que se involucra el proceso productivo.
- **Dividir el trabajo en elementos.** Se divide en elementos cada uno de los procesos, teniendo en cuenta que cada elemento siga una secuencia lógica y sea practico hacer el estudio de tiempos. Se registró todas las actividades repetitivas que forman parte del proceso productivo y se excluye los elementos extraños.
- **Efectuar el estudio de tiempos.** – Una vez identificado todos los elementos, se realiza un formulario respectivo para la toma de tiempos, para este estudio se utilizó el método de cronometraje con vuelta a cero, es decir que una vez medido el tiempo de un elemento inmediatamente se reinicia el cronómetro a cero para poder medir el tiempo del siguiente elemento, cada elemento medido se va registrando en el formulario y así sucesivamente hasta culminar con el proceso.
- **Determinar el número de ciclos por cronometrar.** – Para determinar el número de ciclos que se va a estudiar para llegar a u estándar equitativo se ha tomado 5 muestras preliminares del tiempo de ciclo que toma llevar a cabo el proceso

productivo, y mediante el método estadístico y la tabla de General Electric se ha encontrado el número de muestras que se deben medir en cada elemento.

- **Calificación del desempeño del operario.** - Para determinar el desempeño del operario se ayudó de la tabla escala de valoración del ritmo de trabajo en base a la experiencia, conocimiento y capacidad que el operario tiene frente al trabajo.
- **Adición de suplementos u holguras.** – Se le asignó los suplementos constantes y variables dependiendo de las condiciones en las que opera el trabajador, para ello se considera la tabla de los suplementos por descanso según la OIT.
- **Estandarizar el tiempo.** – Finalmente se calcula el tiempo estándar tomando en cuenta el índice de desempeño, los suplementos y las holguras.

2.2.2 Población y muestra

La empresa PREPLAST cuenta con 11 trabajadores distribuidos en el área de producción, la población para el estudio es reducida por lo que no fue necesario trabajar con una muestra. La tabla 13 muestra el número de trabajadores que intervienen en las actividades operativas de la empresa. Para cálculo el tamaño de la muestra o el número de observaciones que fueron tomados se utilizó el método estadístico (ecuación 1) y el método de General Electric (tabla 4).

Tabla 13. Número de trabajadores en la línea de producción.

AREA	CARGO	PERSONAS QUE INTERVIENEN
PRODUCCIÓN	Inyectores	5
	Operador de Molino	1
	Refiladores	5
	TOTAL	11

2.2.3 Recolección de la información

La recolección de la información para el estudio de tiempos y movimientos se realizó en las instalaciones de la empresa PREPLAST empleando técnicas y herramientas que permitan recoger informaciones cualitativas y cuantitativas.

Técnicas

- La observación directa e inspección visual se realizó en días normales de trabajo sin causar interrupciones en la ejecución de las actividades laborales que el operario realiza con la finalidad de identificar las áreas de trabajo, los equipos y las herramientas que utilizan, así mismo esta técnica se utilizó para medir el tiempo de las actividades.
- Entrevista a la administradora con el fin de explicar de manera rápida el proyecto y como se beneficiaría la empresa, así mismo se obtuvo información de la cantidad de personal que laboran en la empresa, los días laborables y demás datos que ayudaran en la realización del proyecto.
- Registro de las mediciones con el fin de identificar el tiempo que se emplea en cada tarea del proceso productivo de la empresa.
- Análisis de sitio web para obtener la dirección, misión, visión y demás datos relevantes de la empresa PREPLAST.

Herramientas

- Formulario para registrar datos más relevantes incluyendo la entrevista a la administradora que será utilizado para el desarrollo del proyecto
- Diagramas de proceso para conocer a detalle los procesos productivos de la empresa en cada una de las áreas.
- Diagrama analítico a fin de identificar las operaciones, transportes, inspecciones y almacenamiento, así mismo registrar el tiempo y las distancias que toma cada uno de los elementos identificados.
- Diagramas de recorrido con el fin de conocer el recorrido de las suelas y del operario que realiza en la fabricación.
- Diagrama sinóptico empleado para identificar las actividades más importantes del proceso productivo, entre ellos las operaciones e inspecciones y el tiempo que toma ejecutar cada una de ellas.
- Ficha de estudio de tiempos para el registro de los tiempos que son empleados en la ejecución de una determinada tarea.
- Cronómetro para la toma de tiempos de cada tarea que involucra el proceso productivo de inyección de suelas para calzado. Se empleo el método de

cronometraje con vuelta a cero en la medición.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de datos obtenidos en el área de producción de suelas para calzado se lo desarrolló de la siguiente manera.

Entrevista

- Planificación y elaboración de la entrevista.
- Registrar la información durante la entrevista.
- Analizar la información obtenida.
- Resumen de los resultados.

Estudio de tiempos y movimientos

- Se describió el método actual del proceso de producción de la empresa mediante las visitas, entrevistas y observación directa, recolectando la información necesaria en hojas de registro, apuntes, fichas y solicitando el historial de ventas del último año de la empresa para determinar el producto de mayor demanda que fue sujeto de estudio.
- Con los datos recolectados se utilizó para la elaboración de los diferentes diagramas, como diagramas analíticos, sinópticos, de flujo, de recorrido y además se realizó el layout de la empresa.
- Mediante el uso de Microsoft Excel se realizó fichas para la toma de tiempos, cálculos de tiempo normal, tiempo estándar, tiempo de ciclo, sumar las distancias recorridas, el tiempo total para cada área, etc. También, se usó para la selección del producto que mayor beneficio genera a la empresa y que será objeto de estudio.
- Conociendo la situación actual de la empresa se presenta propuestas de mejora para el proceso de producción de la empresa.

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Ubicación de la empresa PREPLAST

La planta de producción de la empresa ecuatoriana PREPLAST, se encuentra localizada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Parroquia Santa Rosa, Barrio San José, Av. Venezuela s/n y Sergio Núñez

La figura 13 muestra una visión clara de la empresa PREPLAST, está ubicado en una zona industrial de Santa Rosa, a sus alrededores se encuentran grandes industrias como Muebles SILVMADE, Ecuatran S.A, INNOVA ESTILO MOBILIARIO, ETC.



Fig. 12. Ubicación geográfica de la empresa PREPLAST.

Datos informativos de la empresa

La tabla 14 muestra los datos informativos de la empresa, incluye aspectos como el RUC, Nombre Comercial, Visión y Misión y demás aspectos importantes.

Tabla 14. Datos informativos de la empresa PREPLAST.

Datos informativos de la empresa PREPLAST	
Logotipo	
Nombre Comercial	PREPLAST
RUC:	1714694179001
Razón Social	Molano Morales Mauricio
Código CIU	C152002
Antecedentes	<p>Hace más de 20 años, Mauricio Molano llegó desde Colombia a Ecuador con la idea de comercializar y distribuir las plantas en PVC para calzado que producían en una fábrica familiar en Colombia y también de otras empresas ecuatorianas. Hasta que en 2010 decide fundar su propia empresa que actualmente se conoce como PREPLAST.</p> <p>PREPLAST es una empresa ecuatoriana dedicada a la producción y comercialización de plantas de EXPANSO, T.R y PVC para calzado. Su pionero fue Mauricio Molano, de nacionalidad colombiana, quien se encargó desde sus inicios a velar por su empresa y sacar a flote.</p>
Visión	<p>La empresa PREPLAST se dedica a la producción y comercialización de suelas en PVC, EXPANSO, T.R. con materia prima de calidad para zapatos de damas, caballeros y niños; nuestro mercado es cubierto por agentes de ventas en las provincias de Tungurahua, Guayas, Azogues, El Oro y Santo Domingo, además contamos con distribuidoras en la provincia de Azuay para satisfacer las expectativas del cliente, con honestidad, ética, solidaridad, responsabilidad social a la comunidad y al estado.</p>

Tabla 14. Datos informativos de la empresa PREPLAST (continuación).

Misión	La empresa PREPLAST será líder a nivel nacional en la producción de plantas para calzado, mediante el desarrollo tecnológico y la mejora continua de sus procesos; apoyando en valores y principios organizacionales que conlleve a ser una empresa proactiva centrada en el ser humano, inclusiva con equidad de género e interactiva con el conocimiento y experiencia de sus operarios que fortalece la identidad empresarial.
Jornada de trabajo	La empresa trabaja de lunes a viernes de 7 am a 3 pm, con 15 minutos destinados para el almuerzo. Cuando la producción este retrasado, también trabajan los sábados.

Catálogo de productos fabricados en la empresa

La empresa PREPLAST se dedica a la fabricación y comercialización de una variedad de suelas para calzado, de niños y niñas, suelas para calzado escolar, suelas para calzado deportivo, para calzado de dama y caballero, en diferente material, talla y colores. La tabla 15, 16, 17, 18, 19 muestran el catálogo de las suelas fabricadas en la empresa.

Tabla 15. Catálogo de suelas para calzado de niños y niñas.

Catálogo de suelas				
Suelas para calzado de niñas y niños				
Modelo	Colores	Material	Serie	Imagen
Infantil	Blanca, negra, crepe, azul, fucsia y tabaco	P.V.C y T.R	17-20 21-26	
Caritas	Blanca, negra, crepe, azul, fucsia y tabaco	P.V.C y T.R	17-20 21-26	
Equi	Blanca, negra, crepe, y tabaco	P.V.C y T.R	17-20 21-26	
Nieve	Blanca, negra, crepe, beige y tabaco	P.V.C y T.R	21-26	
Brisa	Negra, crepe y tabaco	P.V.C. y Expansor	21-26 27-32	
Gaga	Negra, crepe y tabaco	P.V.C. y expansor	21-26 27-32	

Tabla 16. Catálogo de suelas para calzado deportivo.

Suelas para calzado deportivo				
Modelo	Colores	Material	Serie	Imagen
Samara	Negra, beige, nude, blanca, tabaco, vino y verde militar	Expanso	27-32 33-38	
Aventura	Negra, beige, nude, blanca, tabaco, vino y verde militar	Expanso	33-38	
Megan	Negra, beige, nude, blanca, tabaco, vino y verde militar	Expanso	33-38	
Bruno	Negra, beige, blanca y tabaco	Expanso	37-42	
Mulan	Negra, beige, blanca y tabaco	Expanso	37-42	

Tabla 17. Catálogo de suelas para calzado escolar.

Suelas para calzado escolar				
Modelo	Colores	Material	Serie	Imagen
Camila	Negra, crepe y tabaco	Expanso, T.R. y P.V.C.	21-26 27-32 33-39	
Simón	Negra, crepe y blanca	Expanso, T.R. y P.V.C.	21-26 27-32 33-36	
Darla	Negra, crepe y tabaco	Expanso, T.R. y P.V.C.	27-32 33-39	
Magus	Negra, crepe y tabaco	Expanso, T.R. y P.V.C.	21-26 27-32 33-39	

Tabla 18. Catálogo de suelas para calzado de damas.

Suelas para calzado de damas				
Modelo	Colores	Material	Serie	Imagen
Blanquita	Beige, crepe y tabaco	Expanso	33-38	
Sofía	Negra y tabaco	Expanso, T.R. y P.V.C.	33-38	

Tabla 18. Catálogo de suelas para calzado de damas (continuación).

Vanessa	Negra y crepe	P.V.C.	33-38	
Anabell	Negra y tabaco	Expanso, T.R. y P.V.C.	33-38	
Mayte	Negra, beige, nude, blanca, tabaco, vino y verde militar	Expanso	33-38	
Adriana	Negra, Beige, nude, blanca y tabaco	Expanso	33-38	
Lily	Negra, Beige, chocolate	Expanso	27-40	

Tabla 19. Catálogo de suelas para calzado de caballeros.

Suelas para caballeros				
Modelo	Colores	Material	Serie	Imagen
Casual	Negra, blanca y crepe	P.V.C. y T.R.	33-38	

Tabla 19. Catálogo de suelas para calzado de caballeros (continuación).

Martin	Negra, blanca y crepe	P.V.C. y T.R.	33-38	
Mauro	Negra, blanca y crepe	P.V.C. y T.R.	33-38	

Análisis de los productos fabricados por la empresa

El análisis de los productos fabricados se realiza con el fin de identificar el producto de mayor demanda de la empresa PREPLAST, por lo tanto, se consideró el historial de ventas del último año como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Historial de ventas PREPLAST 2022.

Desde:		01/01/2022	Hasta:	21/10/2022
N.º	POSICIÓN DE CODIGO	NOMBRE	CANTIDAD	VENTA
1	TRIA-NG-EVA	TRIANGULOS NEGRA EVA	4346	\$ 1.763,400
2	LIL-EXP-CHO-37	LILY EXPANSO CHOCOLATE 37	3376	\$ 7.933,260
3	LIL-EXP-CHO-36	LILY EXPANSO CHOCOLATE 36	2787	\$ 6.568,075
4	INF-CR-20	INFANTIL CREPE PVC N20	2767	\$ 1.812,997
5	LIL-EXP-CHO-38	LILY EXPANSO CHOCOLATE 38	2763	\$ 6.476,920
6	MAU-NG-38	MAURO NEGRA NUMERO 38	2692	\$ 3.161,147
7	INF-CR-19	INFANTIL CREPE PVC N19	2505	\$ 1.638,837
8	VAM-BL-PVC 40	VAMS BLANCA PVC 40	2386	\$ 4.731,800
9	MAU-NG-39	MAURO NEGRA NUMERO 39	2326	\$ 2.819,237
10	MAU-NG-40	MAURO NEGRA NUMERO 40	2235	\$ 2.796,553
TOTAL:			28183	\$ 39.702,226

Selección del producto de mayor demanda

Para la selección del producto que será la base del presente estudio se consideró el monto de las ventas en unidades monetarias de los 10 modelos más fabricados y comercializados por la empresa PREPLAST.

Para calcular el porcentaje de beneficio que aporta a la empresa cada uno de los productos se procedió a ordenar de mayor a menor las ventas y calculamos el porcentaje de participación para cada uno de ellos aplicando la ecuación 5.

$$\%ventas = \frac{Ventas}{Total\ en\ Ventas} \quad (5)$$

Con los datos obtenidos a partir de la ecuación 5, calculamos el porcentaje de ventas acumuladas para cada uno de los 10 productos en estudio y establecemos los nuevos valores acumulados mediante la ecuación 6.

$$\%ventas\ acumuladas = \%ventas\ acumuladas_{i-1} + \%ventas_i \quad (6)$$

Tabla 21. Análisis de participación de los productos.

Desde:		01/01/2022		Hasta:	21/10/2022
N.º	POSICIÓN DE CODIGO	CANTIDAD	VENTA	%VENTA	%VENTA ACUM.
2	LIL-EXP-CHO-37	3376	\$ 7.933,260	19,98%	19,98%
3	LIL-EXP-CHO-36	2787	\$ 6.568,075	16,54%	36,53%
5	LIL-EXP-CHO-38	2763	\$ 6.476,920	16,31%	52,84%
8	VAM-BL-PVC 40	2386	\$ 4.731,800	11,92%	64,76%
6	MAU-NG-38	2692	\$ 3.161,147	7,96%	72,72%
9	MAU-NG-39	2326	\$ 2.819,237	7,10%	79,82%
10	MAU-NG-40	2235	\$ 2.796,553	7,04%	86,86%
4	INF-CR-20	2767	\$ 1.812,997	4,57%	91,43%
1	TRIA-NG-EVA	4346	\$ 1.763,400	4,44%	95,87%
7	INF-CR-19	2505	\$ 1.638,837	4,13%	100,00%
TOTAL:		28183	\$39.702,226	100,00%	

Considerando la tabla 21, se concluye que, de los 10 productos más fabricados y vendidos, la suela Lily expanso chocolate 37 es el producto de mayor demanda con un porcentaje de aportación del 19,98% en ventas, por lo que, el estudio del presente proyecto se centró en este modelo.

En la figura 13 se muestra la gráfica de los productos más vendidos del año 2022 y sus respectivos porcentajes de ventas que ha tenido durante este periodo.

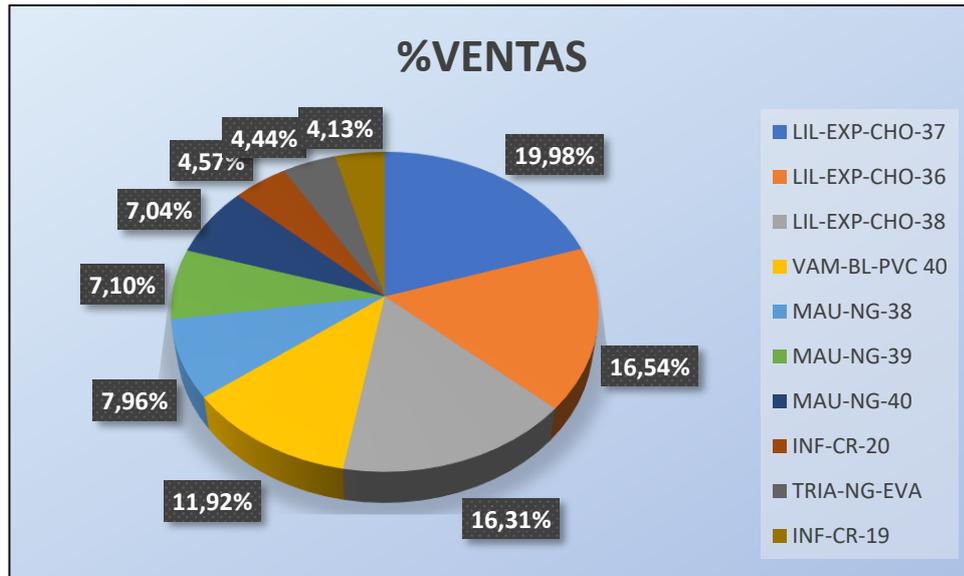


Fig. 13. Gráfico de porcentajes de ventas.

Mediante el análisis se determinó que el producto de mayor demanda de la empresa es LILY EXPANSO CHOCOLATE 37 como se muestra en la figura 14, el cual será objeto de estudio.



Fig. 14. Suela de mayor demanda.

Entrevista

La entrevista es dirigida a la administradora de la empresa PREPLAST, quien dirige la empresa y conoce la situación actual de la empresa, el Anexo 1 muestra las preguntas realizadas a fin de profundizar y conocer los problemas que tiene el área de producción de suelas y recoger la información necesaria para la elaboración del proyecto.

Tras el análisis de la entrevista se logró determinar que en la empresa presentaba algunos inconvenientes, retrasos en la elaboración de las suelas lo que originaba que

se trabajara horas extras para poder cumplir con la demanda. Además, mencionaba que no se había hecho un estudio sobre tiempos y movimientos en el área productiva de la empresa. Partiendo de tales indicios se planteó la propuesta de estandarizar el proceso productivo para ayudar a mejorar la productividad de la empresa.

Layout de la empresa PREPLAST

La figura 15 muestra la disposición de las instalaciones, es decir, muestra las ubicaciones de los distintos departamentos, áreas y equipos que conforma la empresa PREPLAST. El propósito de la elaboración del layout es con la finalidad de tener una visión más clara de las instalaciones de la planta y conocer el recorrido que tiene la elaboración de las suelas.

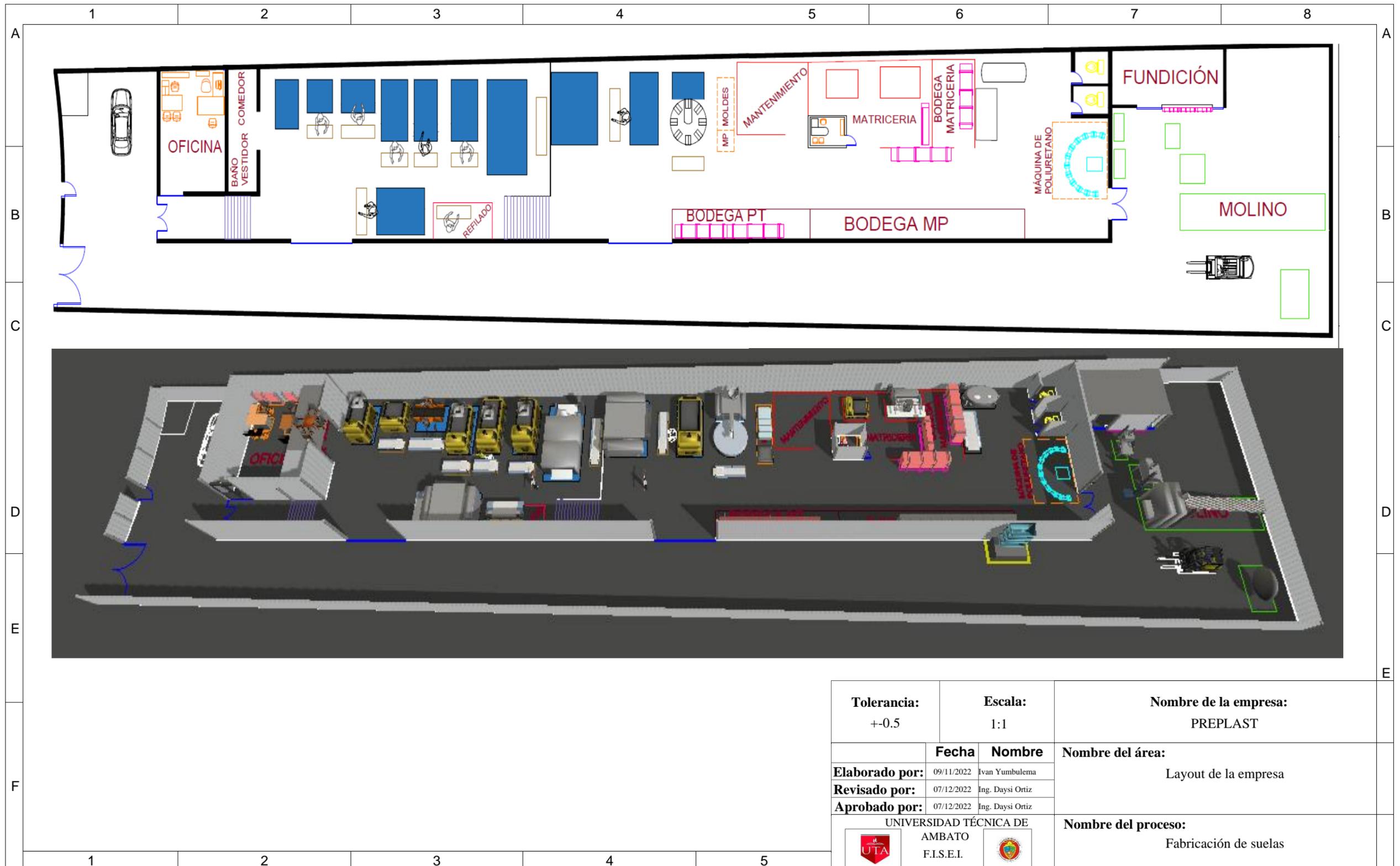


Fig. 15. Layout de la empresa PREPLAST.

Proceso de producción de suelas

Para la producción de suelas para calzado, independientemente de su talla, material y colores, existe 4 áreas de trabajo las cuales se mencionan a continuación:

- **Área de Molino**

Es el espacio donde se prepara la materia prima para la fabricación de suelas para calzado, en esta área se realiza el proceso de trituración de la materia prima como se muestra en la figura 16, que posteriormente será enviado a la respectiva inyectora.



Fig. 16. Proceso de molido de materia prima.

- **Área de Inyección**

En esta zona las suelas son fabricadas mediante la inyección del material que puede ser P.V.C, T.R. o Expanso. Una vez colocado los moldes y la materia prima en la inyectora, se calienta el material y se procede a inyectar las suelas según el modelo, color y el material especificado en la orden de producción, véase la figura 17.



Fig. 17. Zona del proceso de inyección.

En la tabla 22 muestra una descripción de los elementos que utilizan como materia prima la empresa PREPLAST.

Tabla 22. Materiales de inyección.

Material	Descripción
P.V.C	Material que está compuesto por resina de policloruro de vinilo, su característica principal es que las suelas son más pesadas en comparación con otros materiales.
T. R	Es un compuesto termoplástico formado por monómeros de estireno y butadieno, muy utilizado para producir suelas de calzado debido a que toma cualquier forma que se requiera fácilmente.
Expanso	Poliestireno expandido, es un material de plástico espumado que se deriva del poliestireno, formado 2% poliestireno y 98% de aire.

- **Área de refilado**

Una vez retiradas las suelas de la máquina inyectora se envía a la zona de refilado, en donde se retira los excedentes de material de cada suela dejando así un producto final de calidad que cumpla con las expectativas del cliente.



Fig. 18. Zona de refilado de suelas.

- **Área de Empaque**

El producto final es colocado en sus respectivas fundas de acuerdo con su modelo, número, color y la cantidad producida lista para enviar al área de almacenado o bodega y su distribución.



Fig. 19. Empaque de suelas.

Pasos para el estudio de tiempos

Proceso de molido de las rebabas y suelas defectuosas

- OPERACIÓN 1: Revisar la orden de producción
- TRANSPORTE 1: Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora
- OPERACIÓN 2: Preparar el material (suelas defectuosas generadas en la operación de inyección)
- OPERACIÓN 3: Triturar el material
- TRANSPORTE 2: Llevar el material triturado a la máquina mezcladora
- TRANSPORTE 3: Llevar el químico expansel a la mezcladora.
- TRANSPORTE 4: Llevar asodicarbonato a la mezcladora
- OPERACIÓN 4: Mezclar el material triturado con los químicos
- TRANSPORTE 5: Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora.
- OPERACIÓN 5: Mezclar con el material virgen y enfriar el material en la misma mezcladora
- OPERACIÓN 6: Ensacar y apilar la materia prima
- TRANSPORTE 6: Distribuir el material a las respectivas inyectoras

Proceso de inyección.

- OPERACIÓN 1: Revisar la orden de producción.
- OPERACIÓN 2: Montar los moldes en la inyectora
- INSPECCIÓN 1: Verificar la materia prima
- OPERACIÓN 3: Llenar la tolva
- OPERACIÓN 4: Calibrar la inyectora
- OPERACIÓN 5: Inyección de suelas
- OPERACIÓN 6: Enfriar la suela
- OPERACIÓN 7: Extracción de suelas
- OPERACIÓN 8: Retirar rebaba
- INSPECCIÓN 2: Verificar la calidad
- OPERACIÓN 9: Apilar suelas en la mesa de trabajo
- OPERACIÓN 10: Empacar
- ALMACENAMIENTO 1: Almacenar el producto terminado.

Diagramas de flujo del proceso de fabricación de suelas Lily Expenso Chocolate 37 de la empresa PREPLAST

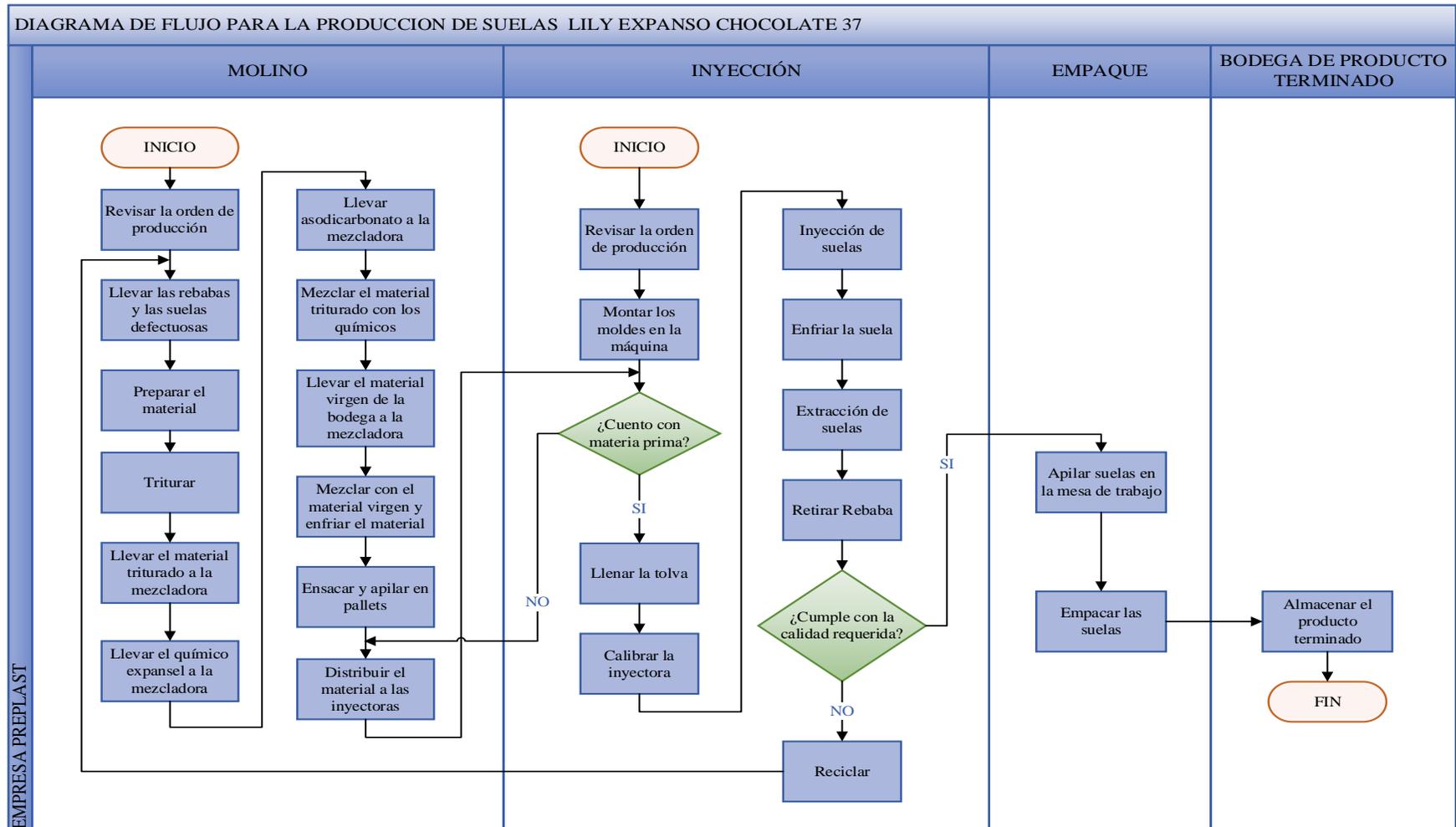


Fig. 20. Diagrama de flujo del proceso de suelas para calzado.

Detalle del proceso de molido, inyección, empaque y almacenamiento actual del modelo Lily Expanso Chocolate 37

En la tabla 23 se muestra un detalle de las actividades que realizan en el proceso productivo de suelas para calzado Lily expanso chocolate 37 para el área de molino.

Tabla 23. Detalle del proceso de triturado de material.

Área	Proceso	Detalle	Imagen
AREA DE MOLIDO	Revisar la orden de producción	El operador del molino recibe una orden de producción en la que se detalla la cantidad de suelas que se va a producir en la inyectora y el operario prepara la materia prima para abastecer.	
	Llevar las rebabas y las suelas defectuosas de la inyectora	El operario una vez revisado la orden de producción se dirige a las respectivas inyectoras, recoge los sacos de rebabas, suelas defectuosas y transporta al área de molino para su reproceso.	
	Preparar el material	El operador prepara las rebabas y las suelas que fueron rechazadas en el proceso de inyección, le pesa la cantidad de materia que necesita triturar y anota en la hoja de registro.	

Tabla 23. Detalle del proceso de triturado de material (continuación).

AREA DE MOLIDO	Triturar	El operario enciende la máquina e inmediatamente procede a colocar manualmente y de manera progresiva las suelas defectuosas y las rebabas en la tolva del molino para triturar. El material triturado es colocado directamente en costales para transportar al proceso de mezclado.	
	Llevar el material triturado a la mezcladora	Una vez triturado, el operario lleva el material a la inyectora para mezclar con el material virgen y los químicos (expansel y asodicarbonato). Además, el operario pesa el saco de material triturado para verificar que cada saco contenga 25 kg.	
	Llevar los químicos a la mezcladora	El operario lleva el asodicarbonato y el expansel a la mezcladora. El operario ejecuta dos transportes, una para el expansel y otra para llevar el asodicarbonato.	
	Mezclar el material triturado con los químicos	El operario agrega todos los químicos a la mezcladora e inicia el proceso de mezclado.	

Tabla 23. Detalle del proceso de triturado de material (continuación).

AREA DE MOLIDO	Llevar el material virgen	En la máquina mezcladora se necesita material virgen para reforzar la materia prima y que las suelas alcancen la calidad deseada. Por lo tanto, el operario procede a llevar el material virgen y añade a la mezcladora. Cabe mencionar que en esto realiza 4 transportes en la preparación de 50 kg de material triturado.	
	Mezclar con el material virgen y enfriar el material	Cuando ya se ha mezclado con los químicos, el operario añade el material virgen a la mezcladora y comienza con el proceso de enfriado, en esta operación la mezcladora permanece encendida, únicamente reduce la temperatura.	
	Ensacar y apilar	Pasado el tiempo de enfriamiento del material, se procede a colocar en saquillos de 25 kg y posteriormente apilar para transportar a la inyectora.	
	Distribuir a las inyectoras	Colocado el material en los sacos de 25 kg, el operario con la ayuda de un carrito de transporte manual lleva el material hacia la inyectora. Todo el proceso de molido se realiza cuando las rebabas y suelas defectuosas está en una cantidad considerable, en caso de no tener material para triturar se trabaja con el material virgen directo de la bodega.	

En la tabla 24 se muestra un detalle de las actividades que realizan en el proceso productivo de suelas para calzado Lily expando chocolate 37 para áreas de inyección, empaque y almacenado.

Tabla 24. Detalle del proceso de inyección, empaque y almacenado de suelas.

Área	Proceso	Detalle	Imagen
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ÁREA DE INYECCIÓN, EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO</p>	<p>Revisar la orden de producción</p>	<p>El operario revisa la orden entregada por el jefe de producción, en la que se detalla la cantidad de suelas a producir, el modelo y el color respectivamente.</p>	
	<p>Montar los moldes en la máquina</p>	<p>Con la información revisada en la orden, el operario procede a montar los moldes en la inyectora, ajusta y sujeta la base de los moldes con pernos a la inyectora.</p>	
	<p>Verificar la materia prima</p>	<p>Una vez colocado los moldes en la inyectora, el operario verifica que, si cuenta con materia y el color correcto. La materia prima es colocada junto a la inyectora por el operario del molino, ya que es el encargado de abastecer a las inyectoras.</p>	

Tabla 24. Detalle del proceso de inyección, empaque y almacenado de suelas (continuación).

ÁREA DE INYECCIÓN, EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	<p>Llenar la tolva</p>	<p>Una vez verificada la materia prima, el operario coloca el material en la tolva del inyector para luego proceder con el proceso de inyección de suelas.</p>	
	<p>Calibrar la inyectora</p>	<p>Una vez colocada el material en la tolva, el operario procede a calibrar la máquina, entre esto calibra los pirómetros de temperatura, volumen de alimentación y soporte de presión.</p>	
	<p>Inyección de suelas</p>	<p>Calibrado los parámetros de la inyectora, el operario procede con el proceso de inyección de suelas, en este proceso la máquina lo realiza automáticamente siguiendo las siguientes actividades: Sube prensa, inyección, baja prensa y gira cabezal, así sucesivamente en ciclo repetitivo.</p>	
	<p>Enfriar la suela</p>	<p>Cuando el cabezal de la inyectora gira, la suela pasa a un tiempo de enfriamiento hasta que el operario procede a extraerlo del molde. Este proceso es realizado por tres sopladores de aire para acelerar el proceso.</p>	

Tabla 24. Detalle del proceso de inyección, empaque y almacenado de suelas (continuación).

ÁREA DE INYECCIÓN, EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Extracción de suelas	Pasado el tiempo de enfriamiento, la suela esta lista para ser extraída de los moldes, por lo que el operario alza la tapa del molde, retira la suela y cierra el molde para que nuevamente se dirija al proceso de inyección.	
	Retirar rebaba	Una vez sacado el par de suelas, el operario retira la rebaba con la ayuda de un cortador. Además, retira una pequeña rebaba que se encuentra por encima del molde y la coloca en el saco de las rebabas.	
	Verificar la calidad	El operario verifica que las suelas no estén defectuosas, que no presenten burbujas de aire. En caso de presentar algún defecto procede a reciclar en un saco para enviar al molino y poder reutilizar el material.	
	Apilar suelas en la mesa de trabajo	Si la calidad de la suela cumple con los parámetros establecidos, el operario de la inyectora apila en la mesa de trabajo que se encuentra junto a la inyectora para el proceso de empaque y almacenado.	

Tabla 24. Detalle del proceso de inyección, empaque y almacenado de suelas (continuación).

ÁREA DE INYECCIÓN, EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO	Empacar	Otro operador que se encuentra junto a la mesa de trabajo procede a tomar el par de suelas y empaclar en fundas. Cada paquete contiene 4 suelas de alto y 5 suelas de ancho, teniendo en total 20 suelas en cada empaque.	
	Almacenar el producto terminado	Una vez empacado, se procede a almacenar en un espacio en el piso, junto a la misma mesa de trabajo. En caso de que el cliente no retira su lote de producción se envía a la bodega de almacenamiento.	

Tiempos actuales del proceso productivo de la empresa.

En la tabla 25 se muestran los tiempos preliminares que fueron tomados para el estudio, tanto para el proceso de molido como para el proceso de inyección y empaque. Los tiempos preliminares se tomaron con 5 muestras.

Tabla 25. Tiempos preliminares para los procesos productivos

	Actividades	Muestras					Prom.
		1	2	3	4	5	
PROCESO DE MOLIDO	Revisar la orden de producción	0,66	0,75	0,58	0,60	0,67	0,65
	Llevar las rebabas y suelas defectuosas	2,58	2,90	2,53	2,63	2,62	2,65
	Preparar el material	2,60	2,63	2,50	2,53	2,75	2,60
	Triturar el material	32,45	37,50	36,40	34,48	32,45	34,66
	Llevar el material triturado a la máquina mezcladora	1,60	1,52	1,85	1,60	1,68	1,65
	Llevar el químico expansel a la mezcladora	0,73	0,70	0,65	0,63	0,67	0,68
	Llevar asodicarbonato a la mezcladora	0,65	0,71	0,66	0,66	0,63	0,66
	Mezclar el material triturado con los químicos	16,62	18,85	20,22	19,52	17,17	18,48
	Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora.	4,13	3,93	4,33	3,92	4,25	4,11
	Mezclar con el material virgen y enfriar el material en la misma mezcladora	15,93	16,02	15,08	14,73	15,22	15,40
	Ensacar y apilar la materia prima	0,83	0,80	0,72	0,77	0,80	0,78
	Distribuir el material a las inyectoras	1,26	1,30	1,38	1,25	1,27	1,29
PROCESO DE INYECCIÓN Y EMPAQUE	Revisar la orden de producción.	0,65	0,70	0,67	0,7	0,65	0,67
	Montar los moldes en la inyectora	13,81	13,80	13,82	13,90	13,81	13,84
	Verificar la materia prima	0,20	0,22	0,20	0,20	0,18	0,20
	Llenar la tolva	0,77	0,85	0,80	0,83	0,83	0,82
	Calibrar la inyectora	4,33	5,20	4,38	4,23	5,25	4,68
	Inyección de suelas	38,55	39,37	38,98	38,57	38,52	38,80
	Enfriar la suela						
	Extracción de suelas	16,52	17,20	15,97	16,12	15,97	16,36
	Retirar rebaba	5,73	5,15	6,18	5,78	5,43	5,65
	Verificar la calidad	10,18	8,77	8,78	7,75	8,60	8,82
	Apilar suelas en la mesa de trabajo	6,77	8,83	5,83	8,81	8,63	7,77
	Empacar	3,00	2,98	2,87	2,72	2,95	2,90
	Almacenar el producto terminado	0,52	0,55	0,47	0,53	0,57	0,53

En la tabla 26 y 27 se muestra los tiempos que emplean los trabajadores al ejecutar cada una de las actividades en el proceso de fabricación de suelas para calzado y en la trituración de las rebabas. Así mismo, se identifica cuáles son las actividades productivas y no productivas.

Tabla 26. Tiempo actual en el área de molido.

		PROCESO DE MOLIDO		Fecha de elaboración:	01-12-2022	
Área		Molino	Hora de comienzo	7:00 am		
Operación		Triturar rebabas	Hora de finalización	3:00 pm		
Estudio N.º		1	Operador:	Israel Ramos		
Pagina N.º		1	Elaborador por:	Ivan Yumbulema		
			Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz		
Tipo de Cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero				
N.º	Actividades	Tiempo (min)	Tipo de actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo	Observaciones
1	Revisar la orden de producción	0,65	No productiva		0,65	
2	Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora	2,65	No productiva		2,65	2 transportes
3	Preparar el material (suelas defectuosas generadas en la operación de inyección)	2,60	Productiva	2,60		
4	Triturar el material	34,66	Productiva	34,66		
5	Llevar el material triturado a la máquina mezcladora	1,65	No productiva		1,65	
6	Llevar el químico expansel a la mezcladora	0,68	No productiva		0,68	
7	Llevar asodicarbonato a la mezcladora	0,66	No productiva		0,66	
8	Mezclar el material triturado con los químicos	18,48	Productiva	18,48		
9	Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora.	4,11	No productiva		4,11	Realiza 4 transportes
10	Mezclar con el material virgen y enfriar el material en la misma mezcladora	15,40	Productiva	15,40		
11	Ensacar y apilar la materia prima	0,78	Productiva	0,78		
12	Distribuir el material a las respectivas inyectoras	1,29	No productiva		1,29	
Tiempo Total		83,61		71,92	11,69	

Para medir el tiempo se ha establecido un estándar de medición, por el cual, el tiempo registrado en la tabla 26 corresponde a la preparación de 50 kg de material triturado, por lo que la estandarización de tiempos en esta investigación se realiza para dicho

lote de producción. Por otro lado, se ha observado actividades productivas con un tiempo estimado de 71,92 minutos y las actividades improductivas de 9 actividades con un tiempo que suman 11,69 minutos.

Tabla 27. Tiempo actual en el área de inyección y empaque.

		PROCESO DE INYECCIÓN		Fecha de elaboración:		01-12-2022
				Hora de comienzo		7:00 am
Área		Inyección		Hora de finalización		3:00 pm
Operación		Inyección de suelas		Operador:		Israel Ramos
Estudio N.º		2		Elaborador por:		Ivan Yumbulema
Página N.º		1		Aprobado por:		Ing. Daysi Ortiz
Tipo de Cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero				
N.º	Actividades	Tiempo	Tipo de actividad	Tiempo productivo	Tiempo no productivo	Observaciones
1	Revisar la orden de producción.	0,67	No productiva		0,67	
2	Montar los moldes en la inyectora	13,84	Productiva	13,84		6 moldes en la inyectora
3	Verificar la materia prima	0,20	Productiva	0,20		
4	Llenar la tolva	0,82	Productiva	0,82		25 kg clocados en la tolva
5	Calibrar la inyectora	4,68	Productiva	4,68		
6	Inyección de suelas	38,80	Productiva	38,80		El tiempo es de 1,65 min y se ejecuta paralelo a la inyección.
7	Enfriar la suela		Productiva			
8	Extracción de suelas		16,36		Productiva	
9	Retirar rebaba		5,65		Productiva	
10	Verificar la calidad		8,82		Productiva	
11	Apilar suelas en la mesa de trabajo	7,77	Productiva			
12	Empacar	2,90	Productiva	2,90		
13	Almacenar el producto terminado	0,53	No productiva		0,53	
TOTAL		62,44		61,24	1,2	

En cuanto al proceso de inyección, el tiempo registrado corresponde a un lote de producción de 70 pares de suela, es decir, la cantidad promedio de suelas que se produce a partir de 25 kg de materia prima, por lo tanto, la presente investigación y estandarización de este proceso se manejara en base al lote de producción mencionado. En este proceso se ha identificado 11 actividades productivas con un tiempo que suman

61,24 minutos, mientras que las actividades improductivas son 2 actividades con un tiempo total menor a los productivos, estos suman 1,2 minutos.

Cabe mencionar que en el proceso de inyección realiza varias actividades en paralelo a la actividad de inyectar suelas, es decir, mientras la máquina inyecta en el molde de una estación, la misma máquina enfría la suela de otras estaciones y así mismo el operario retira las suelas de los moldes de otras estaciones. Esto se da debido a las características de la inyectora rotativa de 6 estaciones.

Diagrama de recorrido

En la figura 21 y 22 muestra el diagrama de recorrido actual, tanto para el proceso de triturado de las rebasas como del proceso de inyección y empaque de suelas, en donde se puede observar el recorrido que se da en cada proceso.

En el layout se representa las operaciones, transportes, inspecciones y almacenamiento de las suelas y materia prima.

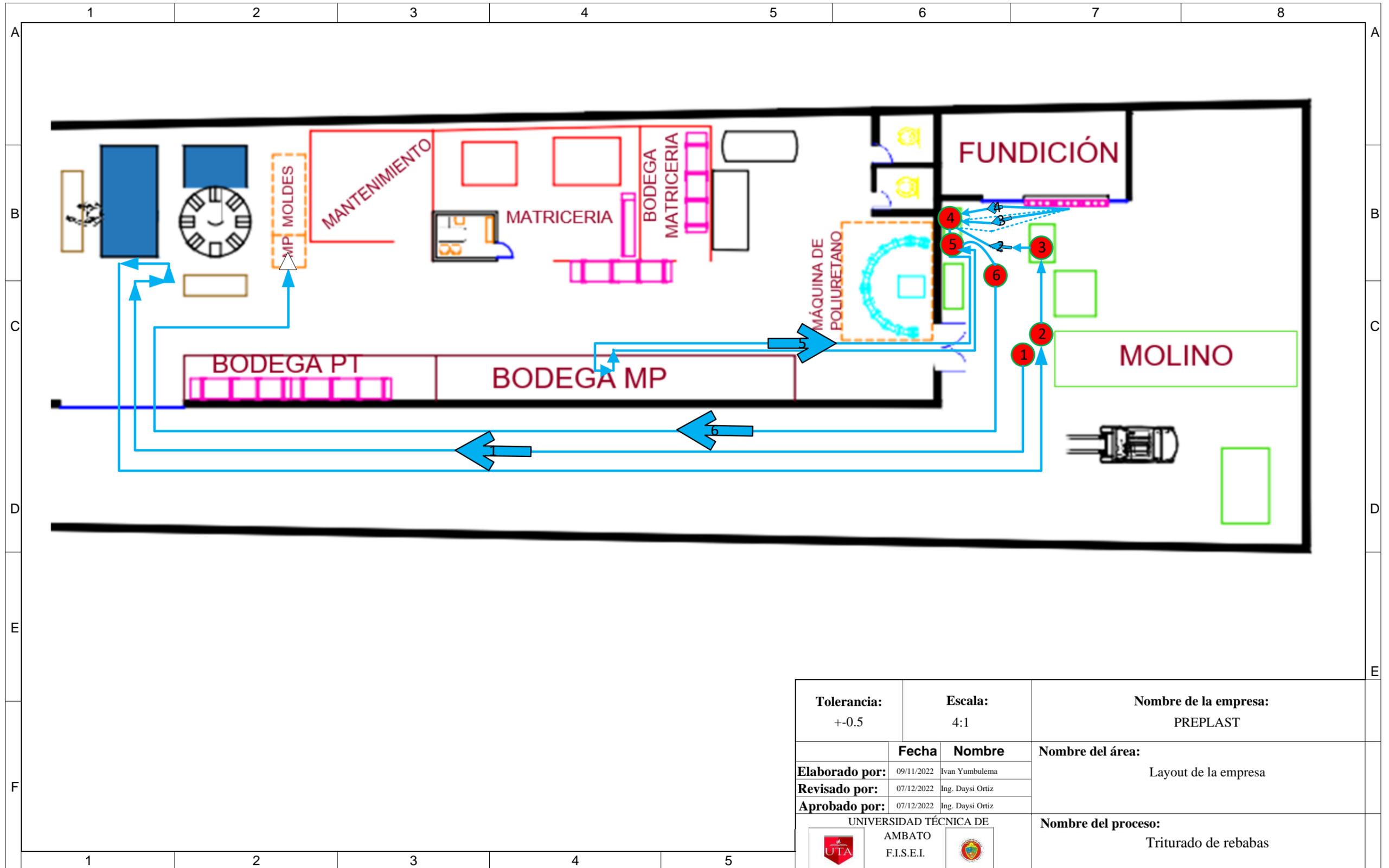


Fig. 21. Diagrama de recorrido proceso de molido.

Tolerancia: +-0.5	Escala: 4:1	Nombre de la empresa: PREPLAST
Elaborado por: 09/11/2022 Ivan Yumbulema	Fecha	Nombre del área: Layout de la empresa
Revisado por: 07/12/2022 Ing. Daysi Ortiz	Nombre	
Aprobado por: 07/12/2022 Ing. Daysi Ortiz		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO F.I.S.E.I.		Nombre del proceso: Triturado de rebabas

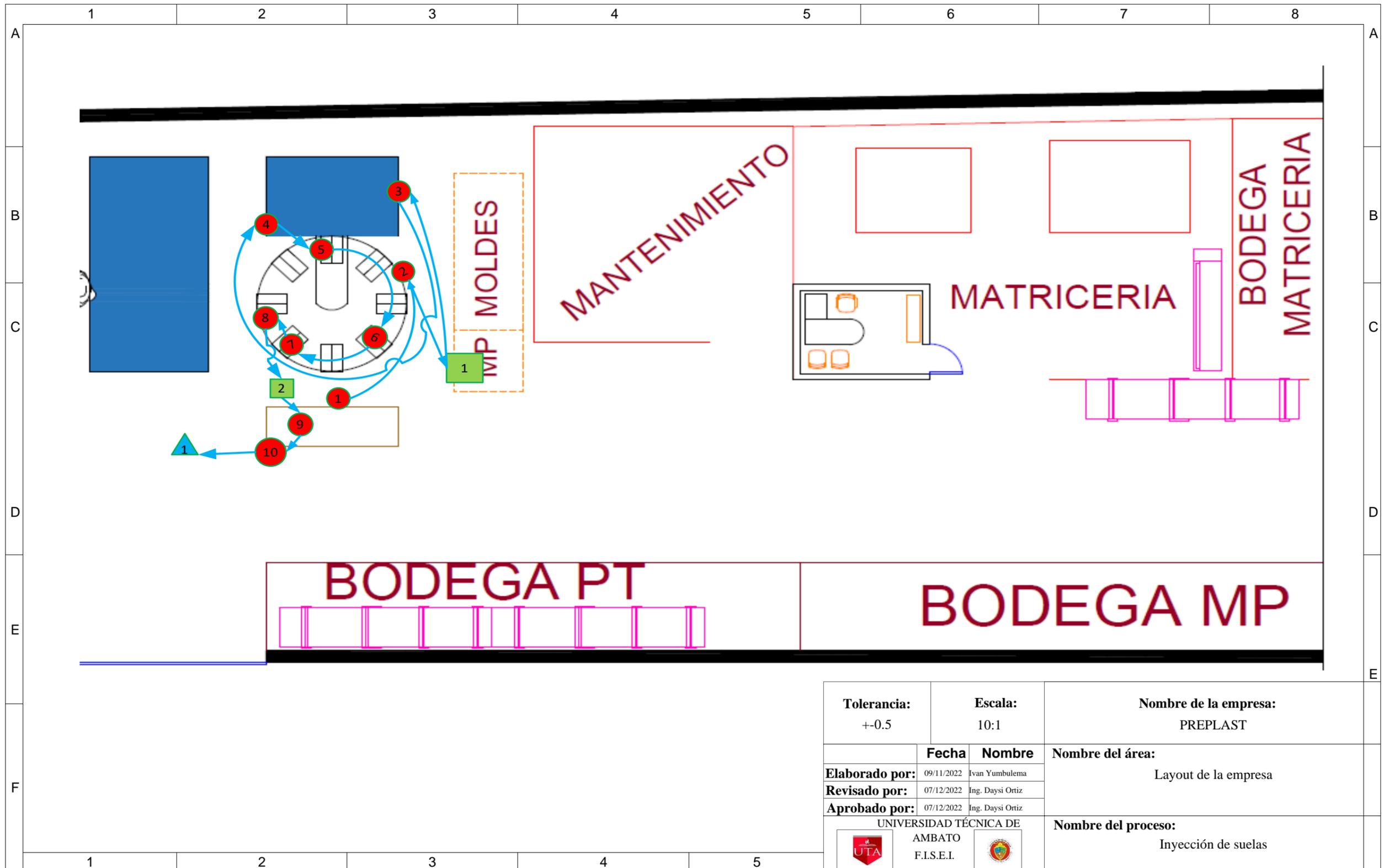


Fig. 22. Diagrama de recorrido proceso de inyección y empaque.

Diagrama sinóptico

A continuación, se presenta los diagramas sinópticos, tanto para el proceso de molido como para el proceso de inyección y empaque.

Diagrama del proceso de molido

Tabla 28. Diagrama sinóptico del proceso de molido.

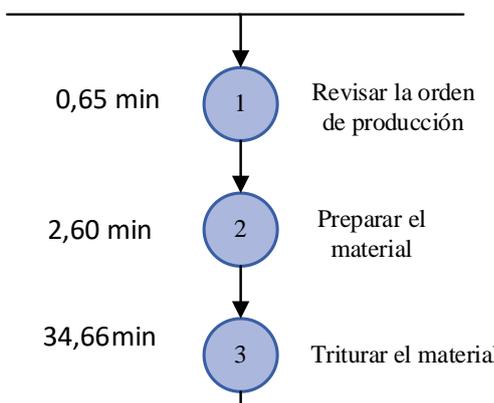
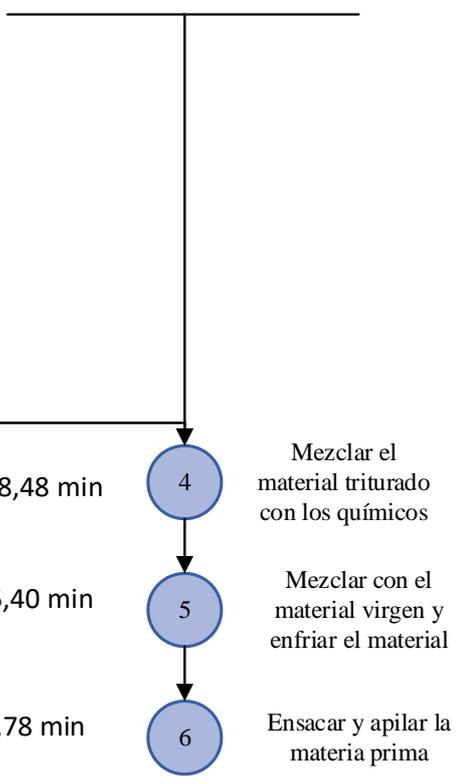
	PROCESO DE MOLIDO	Fecha de elaboración:	11/11/2022	
		Última aprobación:	21/11/2022	
		Elaborado por:	Ivan Yumbulema	
		Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz	
DIAGRAMA SINÓPTICO		Lugar:	Área de molino	
N° DIAGRAMA: 1	HOJA 1 DE 1	MÉTODO:	ACTUAL	PROPUESTO
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Triturado de material</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Mezclado</p>  </div> </div>				
RESUMEN				
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO		
Operaciones	6	72,57 min	1:12,34	
Inspecciones	0		0	
TOTAL	6	72,57 min	1:12,34	

Diagrama del proceso de inyección

Tabla 29. Diagrama sinóptico del proceso de inyección.

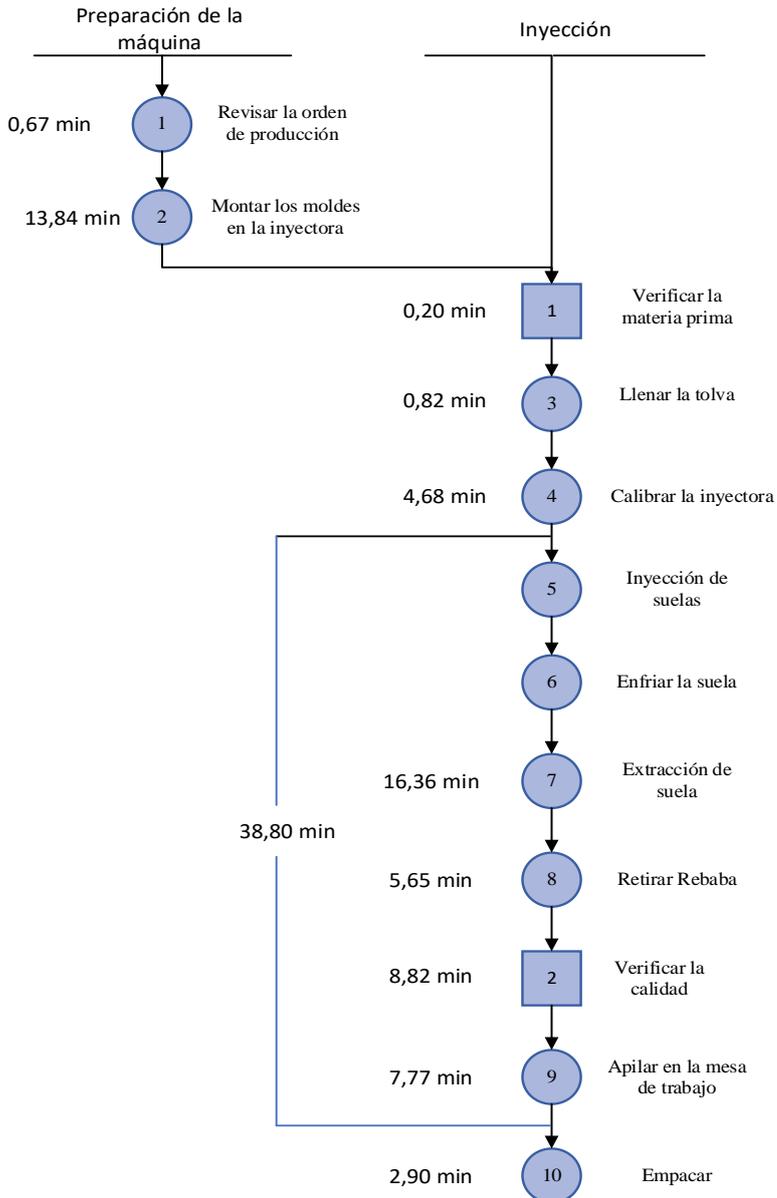
	PROCESO DE INYECCIÓN	Fecha de elaboración: 11/11/2022		
		Última aprobación: 21/11/2022		
		Elaborado por: Ivan Yumbulema		
		Aprobado por: Ing. Daysi Ortiz		
DIAGRAMA SINÓPTICO		Lugar:	Área de inyección	
N° DIAGRAMA: 2	HOJA 1 DE 1	MÉTODO:	ACTUAL	PROPUESTO
 <pre> graph TD subgraph Preparación_de_la_máquina P1((1)) -- 0,67 min --> P2((2)) P2 -- 13,84 min --> I1[1] end subgraph Inyección I1[1] -- 0,20 min --> I3((3)) I3 -- 0,82 min --> I4((4)) I4 -- 4,68 min --> I5((5)) I5 --> I6((6)) I6 --> I7((7)) I7 -- 16,36 min --> I8((8)) I8 -- 5,65 min --> I2[2] I2 -- 8,82 min --> I9((9)) I9 -- 7,77 min --> I10((10)) I9 -- 38,80 min --> I5 end </pre>				
RESUMEN				
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO		
Operaciones	10	52,89 min	01:01,55	
Inspecciones	2	9,02 min	00:09,02	
TOTAL	12	61,91 min	01:01,55	

Diagrama analítico

En la tabla 30 muestra las diversas operaciones que realiza en el proceso de molino, así mismo muestra la cantidad de actividades, el tiempo empleado en minutos y la distancia en metros que hace el trabajador durante la ejecución del proceso.

Tabla 30. Diagrama analítico del proceso de molido.

		DIAGRAMA ANALÍTICO									
		Método		Actual	Resumen						
Actividad	Moler expansión	Empieza	7:00	Operación	●	6					
		Termina	3:00	Transporte	➡	6					
N° de diagrama	1										
Lugar	Área de Molino										
Operario(s)	Israel Ramos										
Elaborado por:	Ivan Yumbulema	Fecha:	14/11/22	Inspección	■	0					
Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz	Fecha:	20/11/22	Almacenamiento	▼	0					
		Distancia (m)		342	Tiempo (min-hombre)		83,6				
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	V.A	SIMBOLOS					Observaciones		
				●	➡	■	▼				
Revisar la orden de producción		0,65		●							
Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora	106,8	2,65		●							
Preparar el material		2,60		●							
Triturar el material		34,66		●							
Llevar el material triturado a la mezcladora	4,3	1,65		●							
Llevar el químico expansel a la mezcladora	11,6	0,68		●							
Llevar asodicarbonato a la mezcladora	11,6	0,66		●							
Mezclar el material triturado con los químicos		18,48		●							
Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora	107,5	4,11		●						Realiza 4 transportes, 1 por cada 25 kg	
Mezclar con el material virgen y enfriar la materia prima		15,40		●						Cuando se agrega el material virgen, la mezcladora entra al proceso de enfriado y mezclado.	
Ensacar y apilar la materia prima		0,78		●							
Distribuir el material a las respectivas inyectoras	100,20	1,29		●						Con el carrito manual lleva 50 kg por viaje	
TOTAL	342	83,61		6	6	0	0	0			

De la misma manera en la tabla 31 se muestra todas las actividades que realiza el operador para llevar a cabo el proceso de inyección de las suelas, el tiempo expresado en minutos y la distancia que recorre el operario.

Tabla 31. Diagrama analítico del proceso de inyección y empaque.

		DIAGRAMA ANALÍTICO							
		Método	Actual	Propuesto	Resumen				
Actividad	Moler expanso	Empieza	7:00	Termina	3:00 <th>Actividad</th> <th>Actual</th> <th>Propuesta</th> <th>Economía</th>	Actividad	Actual	Propuesta	Economía
N° de diagrama	1			Operación	●	10			
Lugar	Área de inyección			Transporte	➔	0			
Operario(s)	Darío Sayavedra -Medina Ruiz			Espera	■	0			
Elaborado por:	Ivan Yumbulema	Fecha:	14/11/22	Inspección	■	2			
Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz	Fecha:	20/11/22	Almacenamiento	▼	1			
				Distancia (m)					
				Tiempo (min-hombre)		212,67			
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	V.A.	SIMBOLOS					Observaciones
Revisar la orden de producción		0,67		●	➔	■	▼		
Montar los moldes en la inyectora		13,84		●					Coloca 6 moldes en la inyectora
Verificar la materia prima		0,20		●					
Llenar la tolva		0,82		●					25 kg de materia prima
Calibrar la inyectora		4,68		●					
Inyección de suelas				●					
Enfriar la suela				●					
Extracción de suelas		16,36		●					
Retirar rebaba		5,65		●					
Verificar la calidad		8,82		●					
Apilar suelas en la mesa de trabajo		7,77		●					
Empacar		2,90		●					
Almacenar el producto terminado		0,53		●					Almacena en un espacio junto a la inyectora hasta despacharlo
TOTAL		62,44		10	0	0	2	1	

Estudio de tiempos del proceso de fabricación de suelas para calzado

Para el estudio de tiempos en el proceso de producción de la empresa PREPLAST se ha utilizado el método de cronometraje con vuelta a cero, es decir, después de medir el tiempo de una actividad, el cronómetro se restablecerá a cero logrando partir la nueva medición desde cero. Este estudio se realizó con la finalidad de definir el tiempo estándar en las áreas de producción.

Tamaño de la muestra

Para determinar el número de muestras a cronometrar se ha considerado el método estadístico y comprobado con el método de General Electric Company, para lo cual se ha tomado 5 muestras preliminares en las áreas del proceso productivo de la empresa PREPLAST. La tabla 32 muestra un promedio de los tiempos preliminares y sus cuadrados.

Tabla 32. Tiempos de ciclos preliminares.

N.º	Proceso de molido		Proceso de inyección	
	Tiempo preliminar (min)	Cuadrado de tiempos preliminares	Tiempo preliminar (min)	Cuadrado de tiempos preliminares
1	79,38	6301,18	43,04	1852,44
2	86,86	7544,66	43,97	1933,36
3	86,32	7451,14	43,32	1876,62
4	82,72	6842,60	42,85	1836,12
5	79,51	6321,84	43,05	1853,30
TOTAL	$\sum X =$ 414,79	$\sum X^2 =$ 34461,42	$\sum X =$ 216,06	$\sum X^2 =$ 9351,85

Aplicando la ecuación 1 se calcula el número de observaciones a realizar en el área de molino y en el área de inyección.

Proceso de molido

La constante para un nivel de confianza del 95,45% es 40.

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$
$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(34461,42) - (414,79)^2}}{414,79} \right)^2$$

$$n = 2,53 \approx 3$$

Proceso de inyección

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(9351,85) - (216,06)^2}}{216,06} \right)^2$$

$$n = 2,65 \approx 3$$

Mediante el método estadístico se calcula que se debe realizar 3 mediciones de tiempo para alcanzar el nivel de confianza del 95,45%. Además, este resultado se confirma con el criterio de General Electric donde menciona que para un ciclo que comprende 40 minutos o más se debe realizar 3 observaciones (ver tabla 4), esto aplica tanto para el proceso de molido, como para el proceso de inyección y empaque.

Ritmo de trabajo

Para las áreas en estudio de la empresa PREPLAST se determinó un índice de desempeño de 100% (ritmo tipo) para cada uno de los operarios involucrados en el proceso, debido a que el operario realiza su trabajo a un ritmo normal sin ningún contratiempo, lo cual se comprobó mediante la observación directa que era un trabajador activo, habilidoso, calificado y con una amplia experiencia.

Suplementos

Mediante la tabla propuesta por la OIT (ver tabla 6), se evalúa los suplementos constantes y variables que se deben incluir, esto varía según el género.

Para el caso del área del molino, el operario quien realiza el proceso es de género masculino, por tanto, en la tabla 33 se muestra los suplementos.

Tabla 33. Suplementos para el área de molino.

SEXO	H	Suplementos							TOTAL (%)
		Constantes		Variables					
		Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajo de pie	Uso de fuerza/energía muscular kg	Ruidos	Monotonía	Tedio	
ACTIVIDADES									
		5	4	2	0	0	0	0	11
		5	4	2	13	0	0	0	24
		5	4	2	13	0	0	0	24
		5	4	2	13	2	1	0	27
		5	4	2	13	0	0	0	24
		5	4	2	0	0	0	0	11
		5	4	2	0	0	0	0	11
		5	4	2	13	0	0	0	24
		5	4	2	13	0	0	0	24
		5	4	2	13	0	0	0	24

En la tabla 35 se calcula el tiempo estándar para el proceso de molido tomando como referencia tres observaciones, el factor de desempeño y los suplementos respectivos.

Tabla 34. Descripción de actividades del proceso de molido.

Descripción de actividades	
PRODUCTO: Materia prima reprocesado MATERIAL: Expanso OPERACIÓN: Triturar rebabas MÁQUINA: Molino	ESTUDIO N.º: 1
A: Revisar la orden de producción B: Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora C: Preparar el material D: Triturar el material E: Llevar el material triturado a la mezcladora F: Llevar el químico expansel a la mezcladora G: Llevar asodicarbonato a la mezcladora H: Mezclar el material triturado con los químicos I: Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora J: Mezclar con el material virgen y enfriar el material K: Ensacar y apilar la materia prima L: Distribuir el material a las respectivas inyectoras.	

Tabla 35. Cálculo de tiempo estándar para el proceso de molido.

		ESTUDIO DE TIEMPOS								
		Fecha de elaboración	01-12-2022							
Área	Molino	Hora de comienzo	7:00 am							
Operación	Triturar rebabas	Hora de finalización	9:00 pm							
Estudio N.º	1	Operario	Israel Ramos							
Página N.º	1	Observado por:	Ivan Yumbulema							
Máquina	Molino	Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz							
Tipo de cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero	Tiempo	Minutos						
N.º	Descripción	Muestra			Resumen					
		1	2	3	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	0,60	0,75	0,58	1,93	0,64	1,00	0,64	0,11	0,71
2	B	2,63	2,9	2,53	8,06	2,69	1,00	2,69	0,24	3,33
3	C	2,53	2,63	2,5	7,66	2,55	1,00	2,55	0,24	3,17
4	D	34,48	37,5	36,4	108,38	36,13	1,00	36,13	0,27	45,88
5	E	1,60	1,52	1,85	4,97	1,66	1,00	1,66	0,24	2,05
6	F	0,63	0,7	0,65	1,98	0,66	1,00	0,66	0,11	0,73
7	G	0,66	0,71	0,66	2,03	0,68	1,00	0,68	0,11	0,75
8	H	19,52	18,85	20,22	58,59	19,53	-----	19,53	-----	19,53
9	I	3,92	3,93	4,33	12,18	4,06	1,00	4,06	0,24	5,03
10	J	14,73	16,02	15,08	45,83	15,28	-----	15,28	-----	15,28
11	K	0,77	0,8	0,72	2,29	0,76	1,00	0,76	0,24	0,95
12	L	1,25	1,3	1,38	3,93	1,31	1,00	1,31	0,24	1,62
TOTAL		83,32	87,6	86,90	257,83	85,94		85,94		99,03
TT=Tiempo total, TOP=Tiempo observado promedio, FD=Factor de desempeño, TN=Tiempo Normal, S=Suplemento, TS=Tiempo estándar										

Diagrama hombre máquina

Este diagrama hombre-máquina se utiliza para poder analizar una estación de trabajo en el que se ve involucrado tanto el hombre como la máquina. A continuación, se observa un diagrama hombre-máquina realizado para el proceso de molido de las rebabas y suelas defectuosas, en ello se estima que el tiempo de ciclo para el molido es de 85,94 min para un lote de 50 kg.

TIEMPO Min	ACTIVIDAD	MOLINO 1		MEZCLADOR 1		MOLINO 2		MEZCLADOR 2		MOLINO 3											
		T.min	ACT.	T.min	ACT.	T.min	ACT.	T.min	ACT.	T.min	ACT.										
0,64	A	5,86	Inactiva	45,11	PREPARACIÓN	85,94	INACTIVA	INACTIVA	INACTIVA	85,94	INACTIVA										
2,69	B																				
2,55	C																				
36,23	D	36,23	TRITURAR																		
1,66	E	INACTIVO						INACTIVA	INACTIVA	85,94	INACTIVA										
0,66	F																				
0,68	G																				
19,53	A																				
	B																				
	C											19,53	MEZCLADO	5,86							
	D													14,29	TRITURAR						
4,06	I													4,06	MEZCLADO Y ENFRIADO	4,06	INACTIVO				
15,28	D													15,28		15,28	TRITURAR				
0,76	K																				
1,31	L				INACTIVO	8,24	INACTIVO														
TOTAL		85,94		85,94		85,94		85,94		85,94											

Mientras se ejecuta el proceso de mezclado y enfriado, el operario ocupa su tiempo para abastecer con materia prima a otras inyectoras o lo utiliza para preparar otro lote de material para otras máquinas, puesto que, el operario no solo debe preparar para una inyectora, sino que tiene que abastecer a todas las inyectoras, ya sea con material virgen o preparado.

En la tabla 36 y 37 se determinan los suplementos constantes y variables para el proceso de inyección y empaque de suelas.

Tabla 36. Suplementos para el área de inyección.

SEXO	H	Suplementos						TOTAL (%)
Actividad	Constantes		Variables					
	Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajo de pie	Uso de fuerza/energía muscular kg	Ruidos	Monotonía	Tedio	
		5	4	2	0	0	0	11
Revisar la orden de producción		5	4	2	0	0	0	11
Verificar la materia prima		5	4	2	13	0	0	24
Llenar la tolva		5	4	2	0	0	0	11
Calibrar inyectora		5	4	2	0	0	1	2
Extracción de suelas		5	4	2	0	0	1	2
Retirar Rebaba		5	4	2	0	0	1	2
Verificar la calidad		5	4	2	0	0	1	2
Apilar suelas en la mesa de trabajo		5	4	2	0	0	1	2

En el área de empaque interviene un operario de sexo femenino, por lo que la tabla 36 muestra los suplementos agregados para dicha actividad.

Tabla 37. Suplementos para el área de empaque.

SEXO	M	Suplementos						TOTAL (%)
Actividad	Constantes		Variables					
	Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajo de pie	Uso de fuerza/energía muscular kg	Ruidos	Monotonía	Tedio	
		7	4	4	0	0	0	15
Empacar las suelas		7	4	4	3	0	0	18
Almacenar el producto terminado								

En la tabla 39 se calcula el tiempo estándar para el proceso de inyección tomando como referencia tres observaciones, el factor de desempeño y los suplementos respectivos.

Tabla 38. Descripción de las actividades del proceso de inyección y empaque.

Descripción de actividades	
PRODUCTO: Suelas Lily Expanso Chocolate 37 MATERIAL: Expanso OPERACIÓN: Inyección y empaque MÁQUINA: Inyectora	ESTUDIO N.º: 2
A: Verificar la materia prima B: Llenar la tolva C: Inyección y enfriado de suelas <ul style="list-style-type: none"> • C.1. Extracción de suelas • C.2. Retirar Rebaba • C.3. Verificar la calidad • C.4. Apilar suelas en la mesa de trabajo D: Empacar las suelas E: Almacenar el producto terminado	

Tabla 39. Cálculo de tiempo estándar para el proceso de inyección y empaque.

		ESTUDIO DE TIEMPOS								
		Fecha de elaboración	01-12-2022							
Área	Inyección-Empaque	Hora de comienzo	8:00 am							
Operación	Inyección de suelas	Hora de finalización	11:00 pm							
Estudio N.º	2	Operario	Darío Sayavedra -Medina Ruiz							
Página N.º	1	Observado por:	Ivan Yumbulema							
Máquina	Inyectora	Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz							
Tipo de cronometraje	Cronometraje con vuelta a cero	Tiempo	Minutos							
N.º	Descripción	Muestra			Resumen					
		1	2	3	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	0,2	0,22	0,18	0,60	0,20	1,00	0,20	0,11	0,22
2	B	0,77	0,85	0,83	2,45	0,82	1,00	0,82	0,24	1,01
3	C	38,55	39,37	38,52	116,44	38,81	----	38,81	-----	44,76
9	D	3,00	2,98	2,95	8,93	2,98	1,00	2,98	0,15	3,42
10	E	0,52	0,55	0,57	1,64	0,55	1,00	0,55	0,18	0,65
TOTAL		43,04	43,97	43,05	130,06	43,36		43,36		50,06
TT=Tiempo total, TOP=Tiempo observado promedio, FD=Factor de desempeño, TN=Tiempo Normal, S=Suplemento, TS=Tiempo estándar										

La tabla 40 muestra un desglose de las actividades que realiza el operario dentro del proceso de inyección de suelas. Estas actividades son realizadas manualmente por el

operador mientras se inyecta y enfría la suela automáticamente por la inyectora, por lo que se agregaron suplemento para el calcular el tiempo estándar.

Tabla 40. Tiempo estándar para las actividades realizadas por el operario.

		ESTUDIO DE TIEMPOS									
		Fecha de elaboración	01-12-2022								
Área	Inyección-Empaque	Hora de comienzo	8:00 am								
Operación	Inyección de suelas	Hora de finalización	11:00 pm								
Estudio N.º	2	Operario	Darío Sayavedra -Medina Ruiz								
Página N.º	1	Observado por:	Ivan Yumbulema								
Máquina	Inyectora	Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz								
Tipo de cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero	Tiempo		Minutos						
N.º	Descripción	Muestra			Resumen						
		1	2	3	TT	TOP	FD	TN	S	TS	
5	C	C.1	16,52	17,20	15,97	49,69	16,56	1,00	16,56	0,14	18,88
6		C.2	5,73	5,15	5,43	16,31	5,44	1,00	5,44	0,14	6,20
7		C.3	10,18	8,77	8,60	27,55	9,18	1,00	9,18	0,14	10,47
8		C.4	6,77	8,83	8,63	24,23	8,08	1,00	8,08	0,14	9,21
TOTAL			39,20	39,95	38,63	117,78	39,26		39,26		44,76
TT=Tiempo total, TOP=Tiempo observado promedio, FD=Factor de desempeño, TN=Tiempo Normal, S=Suplemento, TS=Tiempo estándar											

Las actividades casuales determinadas en el proceso de inyección se muestran en la tabla 41, estas actividades aparecen cuando se empieza a producir un lote de suelas. Este tiempo también influye en la capacidad de producción diaria, puesto que disminuye el tiempo productivo y por ende la cantidad de productos fabricados, por lo que es necesario realizar mejoras para reducir el tiempo.

Tabla 41. Descripción de las actividades del proceso de inyección, actividades casuales.

Descripción de actividades	
PRODUCTO: Suelas Lily Expanso Chocolate 37 MATERIAL: Expanso OPERACIÓN: Inyección y empaque MÁQUINA: Inyectora	ESTUDIO N.º: 3
A: Revisar la orden de producción B: Montar los moldes en la máquina C: Calibrar inyectora	

Tabla 42. Tiempo estándar para el proceso de inyección, actividades casuales.

		ESTUDIO DE TIEMPOS								
		Fecha de elaboración		01-12-2022						
Área	Inyección	Hora de comienzo		7:00 am						
Operación	Inyección de suelas	Hora de finalización		3:00 pm						
Estudio N.º	3	Operario		Darío Sayavedra						
Página N.º	1	Observado por:		Ivan Yumbulema						
Máquina	Inyectora	Aprobado por:		Ing. Daysi Ortiz						
Tipo de cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero		Tiempo						
				Minutos						
N.º	Descripción	Muestra			Resumen					
		1	2	3	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	0,65	0,70	0,65	2,00	0,67	1,00	0,67	0,11	0,74
2	B	13,85	14,15	13,84	41,84	13,95	1,00	13,95	---	15,49
3	C	4,33	5,20	5,25	14,78	4,93	1,00	4,93	0,11	5,47
TOTAL		18,83	20,05	19,74	41,84	13,95		13,95		21,70
TT=Tiempo total, TOP=Tiempo observado promedio, FD=Factor de desempeño, TN=Tiempo Normal, S=Suplemento, TS=Tiempo estándar										

Las actividades casuales aparecen con una frecuencia de 1 vez cada orden de producción, por tanto, para el cálculo de la capacidad productiva se resta el tiempo total de las actividades casuales del total de la jornada laboral. Los suplementos para la actividad **B**, se detalla en el Anexo 10, debido a que se desglosa todas las subelementos de dicha actividad.

Diagrama hombre máquina

A continuación, se presenta el diagrama hombre máquina para el proceso de inyección de suelas, cuyo tiempo de ciclo es de 2,75 minutos por unidad, desde el proceso de inyección hasta el proceso de apilado en la mesa de trabajo.

OPERARIO		INYECTORA				
T.MIN	ACTIVIDAD	T.min	ACTIVIDAD	T.min	ACTIVIDAD	
0,20	A	1,02	Inactiva	1,37	INACTIVA	INACTIVA
0,82	B					
0,55	OCEO	0,55	INYECCION	1,68	ENFRIADO	INACTIVA
1,68		0,55	INYECCION			
		0,55	INYECCION			
		0,55	INYECCION			
0,22	C-1	0,55	INYECCION	1,68	ENFRIADO	ENFRIADO
0,06	C.2					
0,12	C.3					
0,10	C.4					
0,22	C.1	0,55	INYECCION	1,68	ENFRIADO	ENFRIADO
0,06	C.2					
0,12	C.3					
0,10	C.4					
0,22	C.1	0,55	INYECCION	1,68	ENFRIADO	ENFRIADO
0,06	C.2					
0,12	C.3					
0,10	C.4					
0,22	C.1	0,55	INYECCION	1,68	ENFRIADO	ENFRIADO
0,06	C.2					
0,12	C.3					
0,10	C.4					
0,22	C.1	0,55	INYECCION	1,68	ENFRIADO	ENFRIADO
0,06	C.2					
0,12	C.3					
0,10	C.4					
TOTAL		2,75		2,75		

Cálculo de la capacidad de producción diaria por áreas

- **Área de molino**

Para el cálculo de la capacidad de producción diaria en el proceso de molido se considera las siguientes variables:

Producción = Triturar 50 kg de materia prima

Tiempo estándar (Ts/Lote) = 99,03 min

Horas de trabajo = 8 horas = 480 minutos

$$Cpd = \frac{\text{Horas disponibles}}{TS} \quad (6)$$

$$Cpd = \frac{480 \text{ min}}{99,03 \text{ min/lote}}$$

$$Cpd = 4,85 \text{ lote/día}$$

$$Cpd = 4,85 \text{ lote} * 50 \frac{\text{kg}}{\text{lote}} = 242,50 \text{ kg/día}$$

Análisis de la productividad

$$\text{Productividad}_{\text{parcial}} = \frac{242,50 \text{ kg}}{480 \text{ min}}$$

$$\text{Productividad}_{\text{parcial}} = 0,50 \text{ kg/min}$$

- **Área de inyección y empaque**

Caso 1

Cuando el trabajador debe producir un solo modelo de suelas (Lily expanso chocolate 37) durante toda una jornada laboral, el operario realiza por una sola vez la configuración de la inyectora al inicio de la jornada, por lo que, el tiempo productivo será la diferencia entre el tiempo total menos el tiempo de set-up.

Se considera las siguientes variables para el cálculo

Producción = Producir un lote de 70 pares

Tiempo estándar sin la preparación de la inyectora (Ts/Lote) = 50,06 min

Tiempo estándar de preparación de la inyectora (Ts/Lote) = 21,70 min

Horas de trabajo = 8 horas = 480 minutos

$$Cpd = \frac{\text{Horas disponibles}}{TS}$$

$$Cpd = \frac{458,3 \text{ min}}{50,06 \text{ min/lote}}$$

$$Cpd = 9,16 \text{ lotes/día}$$

$$Cpd = 9,16 \text{ lotes} * 70 \frac{\text{pares}}{\text{lote}} = 641,2 \text{ pares/día}$$

Análisis de la productividad

$$\text{Productividad}_{\text{parcial}} = \frac{641,2 \text{ pares}}{480 \text{ min}}$$

$$Productividad_{parcial} = 1,33 \frac{pares}{min}$$

Caso 2.

Cuando los pedidos de los clientes son de diferentes modelos, color y talla, el operario de la inyectora debe producir varios modelos de suelas en una sola jornada laboral, por lo que, el tiempo total para cada lote va a ser igual a la suma del tiempo estándar sin la preparación de la máquina más el tiempo de set-up, puesto que, para cada modelo el operario debe configurar la inyectora a las características del nuevo lote.

Para el cálculo se considera las siguientes variables:

Producción = Producir un lote de 70 pares

Tiempo estándar sin la preparación de la inyectora (Ts/Lote) = 50,06 min

Tiempo estándar de preparación de la inyectora (Ts/Lote) = 21,70 min

Prepara 6 lotes diarios: Tiempo set-up = 6*21,70 → 130,2 min

Horas de trabajo = 8 horas = 480 minutos

$$Cpd = \frac{Horas\ disponibles}{TS/lote}$$

$$Cpd = \frac{349,8\ min}{50,06\ min/lote}$$

$$Cpd = 6,98\ lotes/día$$

$$Cpd = 6,98\ lotes * 70 \frac{pares}{lote} = 488,6\ pares/día$$

Análisis de la productividad

$$Productividad_{parcial} = \frac{488,6\ pares}{480\ min}$$

$$Productividad_{parcial} = 1,01 \frac{pares}{min}$$

Una vez realizado el análisis de la situación actual de la empresa PREPLAST, se ha identificado oportunidades de mejora para el incremento de la producción.

En la tabla |43 se muestra un resumen de la situación inicial de la empresa, en el que se ha observado que en el proceso de molido existe largas distancias de recorrido en la preparación de un lote de 50 kg de material y esto genera tiempos improductivos. Para

el caso del proceso de inyección y empaque se observa que el tiempo de preparación de la inyectora es alto, por lo que, en base a estos problemas se plantean las propuestas de mejora.

Tabla 43. Resumen del análisis de la situación actual de la empresa PREPLAST.

PROCESO	TIEMPO PRODUCTIVO	TIEMPO IMPRODUCTIVO	TIEMPO DE PREPARACIÓN	DISTANCIA RECORRIDA
Molido	84,81	14,22	----	342
Inyección y empaque	48,67	1,39	21,70	----

Propuesta de mejora

Luego del análisis de la situación actual de la empresa PREPLAST, se ha propuesto las siguientes mejoras.

- Plantear una redistribución de la planta para disminuir las distancias recorridas entre el área de molino y el área de inyección por el método de minimización de costo por viajes.
- Reducir el tiempo de preparación y cambio de moldes de la inyectora mediante la aplicación de la metodología SMED.

Redistribución de la planta

En el análisis de la situación actual de la empresa, se observan excesivas distancias que recorre el operario del área de molino hacia el área de inyección para abastecer con material, por tanto, se propone una redistribución de la planta de tal forma que se minimice el costo de manejar los materiales.

Una de las formas de minimizar los costos de cargas o viajes y el tiempo relacionados con la distancia es mediante la distribución orientada al proceso, por tanto, es preciso analizar el costo de manejo de materiales para cada área que conforma el proceso productivo de la empresa PREPLAST. Para calcular el costo de manejo de materiales se tomó en cuenta los sueldos, incluyendo todos los beneficios de la ley ecuatoriana que perciben los operarios, puesto que, son ellos quienes realizan el movimiento.

Los beneficios que perciben los operarios son:

Sueldo básico (SB). – Es el valor que un trabajador recibe mensualmente. Para el año 2022 es de \$425.

Décimo tercer sueldo. – Es un beneficio que reciben los trabajadores en el mes de diciembre y se trata de una remuneración equivalente a la doceava parte de las remuneraciones que hubieren percibido durante el año calendario.

Décimo cuarto sueldo. – Es el valor que los trabajadores reciben mensualmente y esto corresponde a la doceava parte de la remuneración básica mínima unificada.

Fondo de reserva. – Es un beneficio que tiene el trabajador que es afiliado al seguro social y que este haya prestado su servicio por más de un año al mismo empleador. El porcentaje que corresponde es de 8,33% del sueldo percibido.

Aporte al IESS. – El empleador aporta al IESS el 11,15% del salario del trabajador.

Tabla 44. Estimación del sueldo percibido por el trabajador.

Sueldo básico	D. tercer sueldo	D. Cuarto sueldo	Fondo de reserva	Aporte P. IESS	TOTAL
\$425	\$35,42	\$35,42	\$35,40	\$47,39	\$578,63

En base a la tabla 44, un operario percibe \$578,63 mensuales trabajando en la empresa PREPLAST.

Para calcular el costo de cada operario por hora se divide el sueldo percibido para 30 días al mes multiplicado por las 8 horas de la jornada laboral.

$$C. Operario = \frac{578,63 \text{ dólares/mes}}{30 \text{ días} * 8 \text{ horas}}$$

$$C. Operario = 2,41 \frac{\text{dólares}}{\text{hora}} \Rightarrow 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}}$$

A partir del tiempo que toma mover el material entre áreas se estima el respectivo costo, para ello en la tabla 45 se muestra el tiempo que toma moverse al operario a las distintas áreas. No solo se considera las áreas que involucra el proceso productivo de las suelas de mayor demanda, sino también las demás áreas, con la finalidad de encontrar la mejor distribución y muchas más alternativas de mejora.

Tabla 45. Tiempos de transportar el material entre áreas.

Desde	Hasta	Tiempo (min)
Bodega de materia prima	Molino	0,52 min
Molino	Inyección	1,29 min
Inyección	Refilado	0,33 min
Refilado	Bodega de producto terminado	0,44 min
Bodega de materia prima	Inyección	0,66 min
Inyección	Bodega de producto terminado	0,5 min
Mantenimiento	Inyección	0,60 min
Mantenimiento	Refilado	0,54 min
Matricería	Fundición	0,31 min

- **Costo de transportar de la bodega de materia prima hacia molino**

$$Costo = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,52 \text{ min}$$

$$Costo = 0,021 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de molino hacia inyección**

$$Costo = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 1,29 \text{ min}$$

$$Costo = 0,052 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de inyección hacia refilado**

$$Costo = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,33 \text{ min}$$

$$Costo = 0,013 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de refilado hacia la bodega de producto terminado**

$$Costo = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,44 \text{ min}$$

$$Costo = 0,018 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de la bodega de materia prima hacia inyección**

$$\text{Costo} = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,66 \text{ min}$$

$$\text{Costo} = 0,026 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de inyección hacia la bodega de producto terminado**

$$\text{Costo} = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,50 \text{ min}$$

$$\text{Costo} = 0,020 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de mantenimiento hacia inyección**

$$\text{Costo} = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,60 \text{ min}$$

$$\text{Costo} = 0,024 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de mantenimiento hacia refilado**

$$\text{Costo} = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,54 \text{ min}$$

$$\text{Costo} = 0,022 \text{ dólares}$$

- **Costo de transportar de matricería hacia fundición**

$$\text{Costo} = 0,0402 \frac{\text{dólares}}{\text{min}} * 0,31 \text{ min}$$

$$\text{Costo} = 0,012 \text{ dólares}$$

En la tabla 46 se muestra la matriz de los costos de mover el material entre las diferentes áreas de la empresa, considerando el tiempo que recorre y el costo del trabajo del operario por hora.

Tabla 46. Matriz de costos por transportes de material.

HACIA DESDE	Bodega de materia prima	Molino	inyección	Refilado	Bodega de producto terminado	Mantenimiento	Matricería	Fundición
Bodega de materia prima		0,021	0,026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Molino			0,052	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inyección				0,013	0,020	0,00	0,00	0,00
Refilado					0,018	0,00	0,00	0,00
Bodega de producto terminado						0,00	0,00	0,00
Mantenimiento			0,024	0,022			0,00	0,00
Matricería								0,012
Fundición								

Redistribución de instalaciones con el software WinQSB

Luego de calcular los costos de transportar los materiales entre las áreas del proceso productivo, se procede a colocar los datos en el software WinQSB. Este software es un sistema interactivo que ayuda a la toma de decisiones frente a distintos tipos de problemas que se presente en el campo de la investigación debido a sus múltiples herramientas que lo contiene (Ver figura 23).

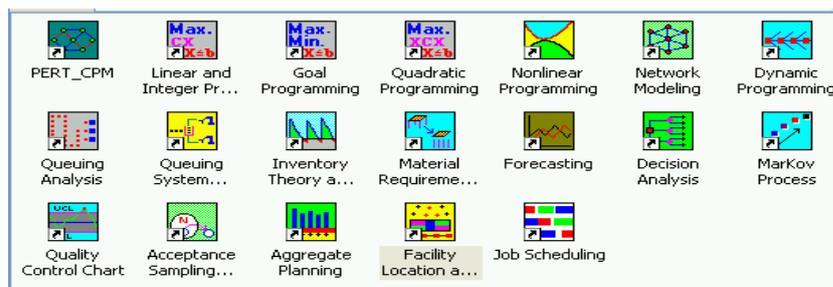


Fig. 23. Herramientas del software WinQSB.

Una de las herramientas que presenta este software es el CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), que pertenece al módulo FLL (Facility Location and Layout). CRAFT, es una técnica de búsqueda que examina sistemáticamente los arreglos óptimos de los departamentos a fin de reducir el costo total por manejo de materiales.

Procedimiento

Antes de comenzar a utilizar el software es necesario realizar una malla que represente la distribución actual de las instalaciones, como se muestra en la figura 24 con la finalidad de determinar el número de filas y columnas que servirá como identificador de las coordenadas de cada una de las áreas para posteriormente introducir los datos en el software.

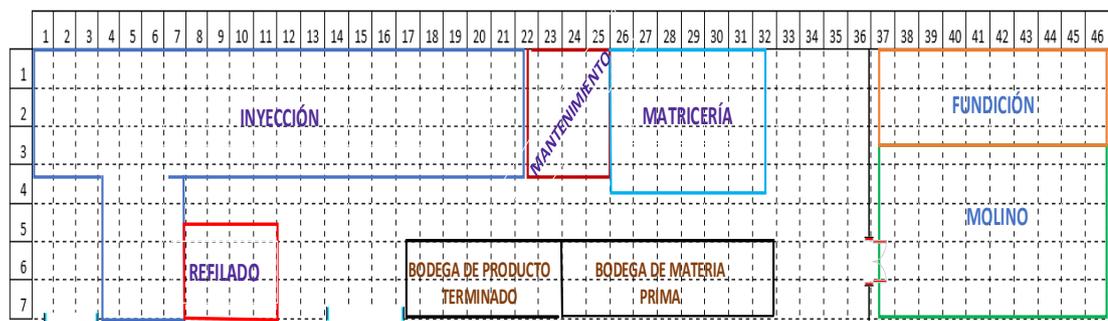


Fig. 24. Malla de la distribución actual de las instalaciones.

En la figura 25 se muestra la pantalla del software WinQSB con la opción Facility Location and Layout, y este es el primer paso para obtener la mejor distribución.

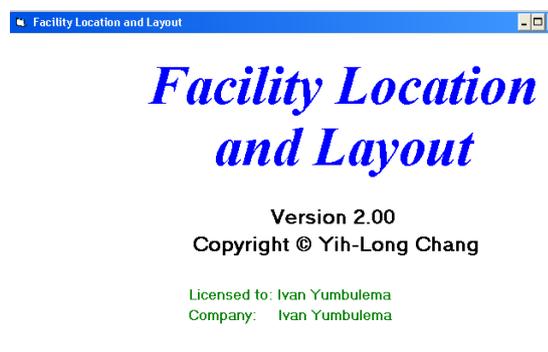


Fig. 25. Facility Location and Layout.

Al crear un nuevo proyecto, aparecerá un menú con varias opciones a elegir como, el tipo de problema a resolver; para este estudio se selecciona la opción Funcional

Layout, como objetivo de este problema escogemos la opción de minimización, debido a que se va a disminuir los costos de mover el material entre los departamentos.

Adicionalmente se le asigna un título al proyecto y el número de áreas, que para este caso son 8. Además, se le asigna el número de filas 7 y el número de columnas 46 como se observa en la figura 26.

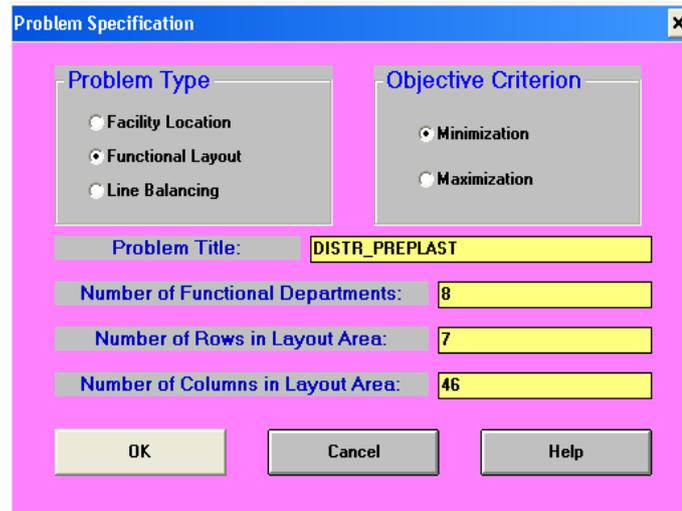


Fig. 26. Datos ingresados en el software.

En la tabla 47 se muestra las codificaciones de cada una de las áreas.

Tabla 47. Codificación de las áreas de la empresa.

N.º	Código	Áreas/Departamentos
1	BMP	Bodega de materia prima
2	M	Molino
3	I	Inyección
4	R	Refilado
5	PT	Bodega de producto terminado
6	A	Mantenimiento
7	D	Matricería
8	F	Fundición

En el caso de que las áreas de las instalaciones sean fijas, se establece un (Yes) en la columna Location Fixed, esto sucede para el área de molino y fundición, las cuales permanecerán inmóviles durante la redistribución como se muestra en la figura 27. Así mismo, se ingresa los costos de mover el material entre las diferentes áreas de la empresa. Además, en la columna Initial Layout in Cell Location se ingresa las

coordenadas de cada una de las áreas, ayudándose de la malla de la distribución actual de las instalaciones de la figura 24.

Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	To Dep. 7 Flow/Unit Cost	To Dep. 8 Flow/Unit Cost	Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3.5), (1.1)]{(2.4)}
1	BMP	No		0,021	0,026						{6.24}{(7.32)}
2	M	Yes			0,052						{3.5,37}{(7.46)}
3	I	No				0,013	0,020				{1.1}{(4.5,22.5)}{(4.5,4)}{(7.7)}
4	R	No					0,018				{5.5,8}{(7.11)}
5	PT	No									{6.17,5}{(7.23)}
6	A	No			0,024	0,022					{1.22,5}{(4.5,25)}
7	D	No							0,012		{1.26}{(4.5,32.5)}
8	F	Yes									{1.37}{(3.5,46)}

Fig. 27. Ingreso del flujo del material, costos y coordenadas.

Una vez ingresado los datos y las coordenadas de las áreas, se procede a resolver dando clic en el botón Solver como se muestra en la figura 28.

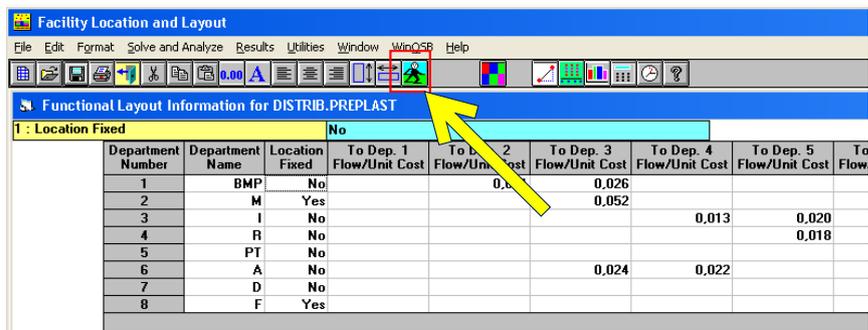


Fig. 28. Solver de WinQSB.

En el cuadro de dialogo que aparece (ver figura 29), seleccionamos la opción Improve by Exchanging 2 then 3 departmer, es decir intercambio de tres maneras. Así mismo, con respecto a la distancia se marca la opción distancia euclidiana para que el software presente la solución más óptima en cuanto a recursos, espacio físico y costos.

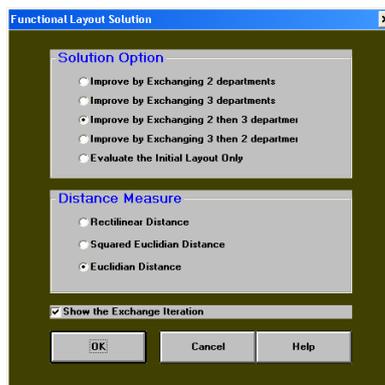


Fig. 29. Cuadro de dialogo con opciones de solución.

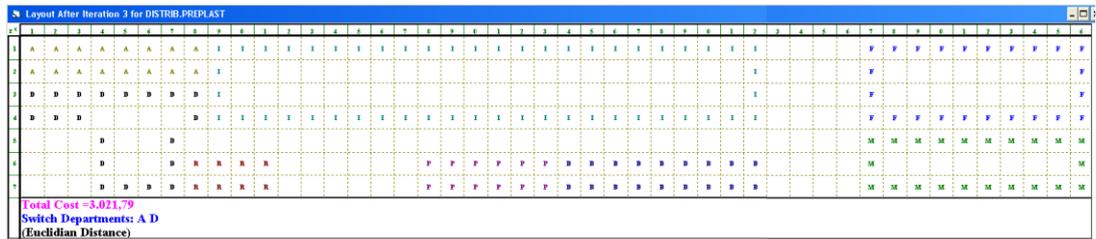


Fig. 33. Iteración 3.

En la figura 34 se observa la última iteración entre el área de producto terminado (PT) con el área de matricería (D) reduciendo el costo de mover el material a \$2935,99.

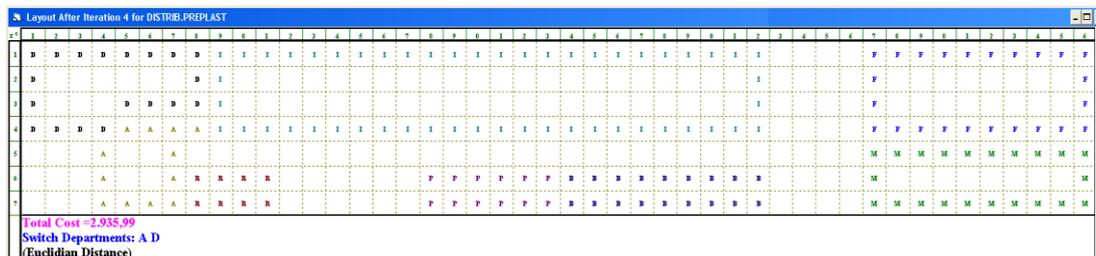


Fig. 34. Iteración 4.

Análisis de resultados de la redistribución en WinQSD

En la figura 35 se muestra un cuadro de resumen de los movimientos y los costos interdepartamentales presentados por el software WinQSB.

01-04-2023 22:43:58	Department Name	Center Row	Center Column	Flow To All Departments	Cost To All Departments	01-04-2023 22:44:38	To BMP	To M	To I	To R	To PT	To A	To D	To F	Sub Total
1	BMP	6,50	28	47	504,69	From BMP	0	13,51	8,50	18,50	7,50	22,27	24,16	14,08	108,52
2	M	6	41,50	52	1.107,06	From M	13,51	0	21,29	32,00	21,01	35,75	37,47	3,50	164,53
3	I	2,50	20,50	33	232,16	From I	8,50	21,29	0	11,70	4	15,05	16,29	21	97,83
4	R	6,50	9,50	18	198	From R	18,50	32,00	11,70	0	11	3,88	6,76	32,25	116,10
5	PT	6,50	20,50	0	0	From PT	7,50	21,01	4	11	0	14,78	16,82	21,38	96,49
6	A	5,50	5,75	46	446,63	From A	22,27	35,75	15,05	3,88	14,78	0	3,56	35,88	131,18
7	D	2,29	4,21	12	447,44	From D	24,16	37,47	16,29	6,76	16,82	3,56	0	37,29	142,34
8	F	2,50	41,50	0	0	From F	14,08	3,50	21	32,25	21,38	35,88	37,29	0	165,37
	Total			208	2.935,99	Sub-Total	108,52	164,53	97,83	116,10	96,49	131,18	142,34	165,37	1.022,37
	Distance		Measure: Euclidian												

Fig. 35. Resumen de costos y movimientos en WinQSB.

Una vez encontrado las iteraciones de mejoras en el software, se verifica haciendo una comparación entre el Layout de la distribución actual con la distribución propuesta y claramente se reduce los costos de movimiento de material mensual.

- Costo actual: \$3630,70
- Costo propuesto: \$2935,99
- Ahorro: \$694,71
- **Porcentaje de ahorro:** $(\$694,71/\$3630,70) * 100\% = 19\%$

En la figura 36 se muestra la malla de la distribución propuesta de las instalaciones proporcionadas por el software WinQSB.



Fig. 36. Malla de la distribución propuesta de las instalaciones.

Diagrama de recorrido propuesto para el área de molino

En la figura 37 se muestra el diagrama de recorrido para el proceso de triturado de las rebabas y preparación de la materia prima, estos recorridos comprenden entre el área de molino e inyección.

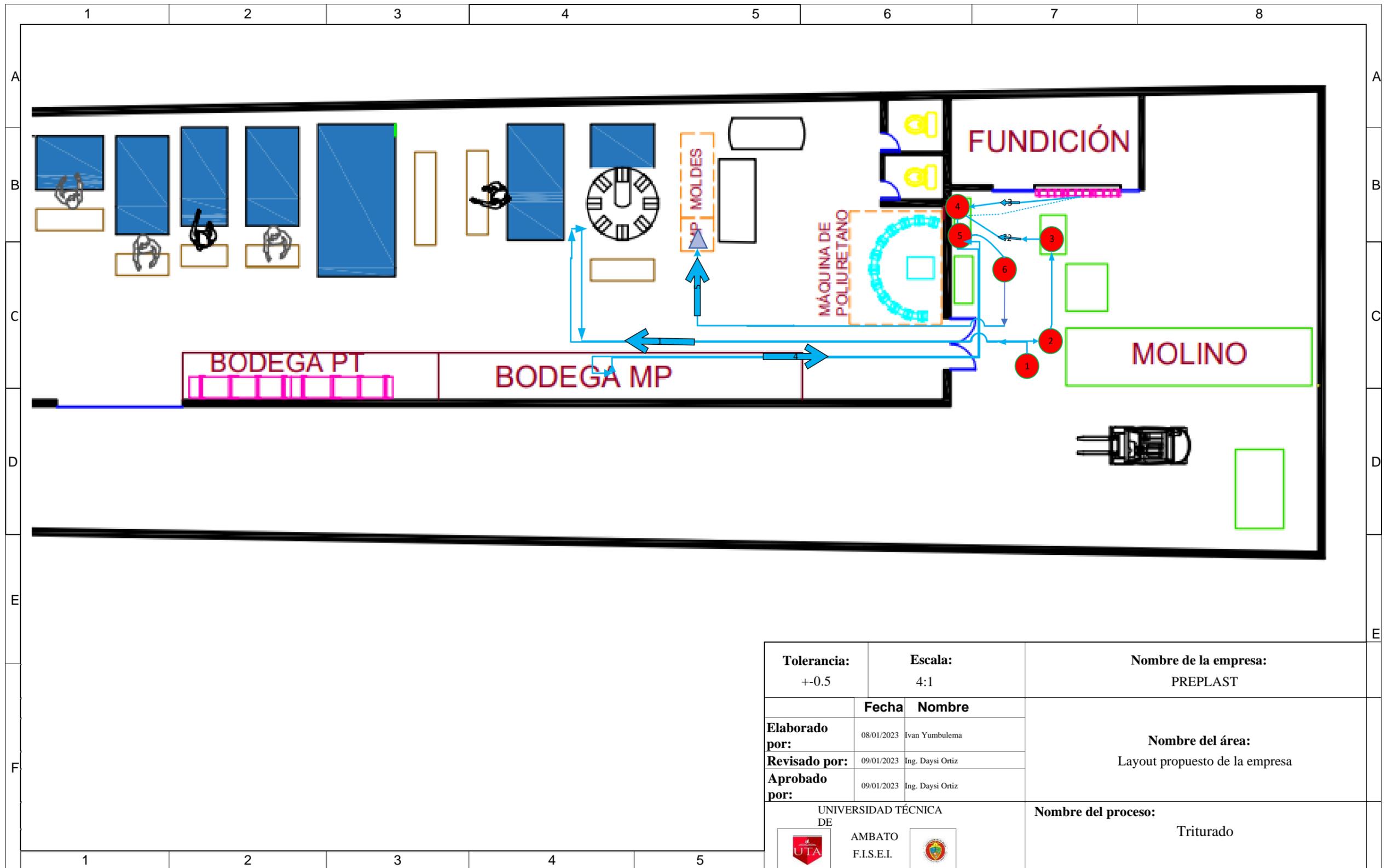


Fig. 37. Diagrama de recorrido propuesto para el proceso de molido

Tolerancia: +0.5	Escala: 4:1	Nombre de la empresa: PREPLAST
Elaborado por:	Fecha	Nombre
	08/01/2023	Ivan Yumbulema
Revisado por:	09/01/2023	Ing. Daysi Ortiz
Aprobado por:	09/01/2023	Ing. Daysi Ortiz
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO F.I.S.E.I.		Nombre del área: Layout propuesto de la empresa
 		Nombre del proceso: Triturado

Diagrama analítico para el área de molino con la propuesta de distribución.

Para realizar el diagrama mejorado según la nueva distribución de la instalación propuesta se procede al cálculo de la velocidad del trabajador con la finalidad de estimar el tiempo que tarda el operario en realizar cada actividad.

Cálculo de la velocidad para el área de molino según la ecuación.

$$Ve = \frac{d}{t} \quad (7)$$

Donde:

Ve = Velocidad del operario en el área de molino (m/min).

D = Distancia recorrida por el operario (m).

T = Tiempo que tarda en recorrer la distancia, expresada en (min).

$$Ve = \frac{106,8}{2,65} \frac{m}{min}$$

$$Ve = 40,30 \frac{m}{min}$$

Diagrama analítico propuesto para el proceso de molido

Tabla 48. Diagrama analítico propuesto para el proceso de molido.

		DIAGRAMA ANALÍTICO									
		Método	Actual			Resumen					
Actividad	Moler expanso	Empieza	Propuesto		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
		N° de diagrama	3				Operación	6	6	--	
Lugar	Área de Molino				Transporte	6	5	1			
Operario(s)	Israel Ramos				Espera	0	0	---			
Elaborado por:	Ivan Yumbulema	Fecha	08/01/23		Inspección	0	0	---			
Aprobado por:	Ing. Daysi Ortiz	Fecha			Almacenamiento	0	0	---			
Descripción		Distancia (m)	Tiempo (min)	V.A.	SIMBOLOS					Observaciones	
Revisar la orden de producción			0,65		●	→	●	■	▼		
Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora		53,9	1,38		●						
Preparar el material			2,60		●						
Triturar el material			34,66		●						
Llevar el material triturado a la mezcladora		4,3	1,65		●						
Llevar el químico expansel y asodicarbonato a la mezcladora		11,6	1,05		●					Transporta los 2 químicos a la mezcladora.	
Mezclar el material triturado con los químicos			18,48		●						
Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora		86,5	2,15		●					Realiza 2 transportes con 50kg de material virgen	
Mezclar con el material virgen y enfriar la materia prima			15,40		●					Cuando se agrega el material virgen, la mezcladora entra al proceso de enfriado y mezclado.	
Ensacar y apilar la materia prima			0,78		●						
Distribuir el material a las respectivas inyectoras		46,8	1,16		●					Con el coche manual lleva 50 kg por viaje	
TOTAL		203,1	80,1		6	5	0	0	0		

Estudio de tiempo propuesto

Al realizar la nueva distribución de las instalaciones se cuantifica que hay reducción en tiempos de transporte, por lo que se procede a calcular el tiempo propuesto como se muestra en la tabla 50.

Tabla 49. Cálculo de tiempo estándar para el proceso de molido.

Descripción de actividades	
PRODUCTO: Materia prima reprocesado	ESTUDIO N.º: 4
MATERIAL: Expanso	
OPERACIÓN: Triturar rebabas	
MÁQUINA: Molino	
A: Revisar la orden de producción B: Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora C: Preparar el material D: Triturar el material E: Llevar el material triturado a la mezcladora F: Llevar el químico expansel y asodicarbonato a la mezcladora G: Mezclar el material triturado con los químicos H: Llevar el material virgen de la bodega a la máquina mezcladora I: Mezclar con el material virgen y enfriar el material J: Ensacar y apilar la materia prima K: Distribuir el material a las respectivas inyectoras.	

Tabla 50. Estudio de tiempo propuesto para el área de molino.

		ESTUDIO DE TIEMPOS								
		Fecha de elaboración			01-12-2022					
Área		Molino			Hora de comienzo		7:00 am			
Operación		Triturar rebabas			Hora de finalización		9:00 pm			
Estudio N.º		4			Operario		Israel Ramos			
Página N.º		1			Observado por:		Ivan Yumbulema			
Máquina		Molino			Aprobado por:		Ing. Daysi Ortiz			
Tipo de cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero				Tiempo		Minutos		
N.º	Descripción	Muestra			Resumen					
		1	2	3	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	0,60	0,75	0,58	1,93	0,64	1,00	0,64	0,11	0,71
2	B	1,38	1,38	1,38	4,14	1,38	1,00	1,38	0,24	1,71
3	C	2,53	2,63	2,5	7,66	2,55	1,00	2,55	0,24	3,17
4	D	34,48	37,5	36,4	108,38	36,13	1,00	36,13	0,27	45,88
5	E	1,60	1,52	1,85	4,97	1,66	1,00	1,66	0,24	2,05
6	F	1,05	1,05	1,05	3,15	1,05	1,00	1,05	0,11	1,17
7	G	19,52	18,85	20,22	58,59	19,53		19,53		19,53
8	H	2,15	2,15	2,15	6,45	2,15	1,00	2,15	0,24	2,67
9	I	14,73	16,02	15,08	45,83	15,28		15,28		15,28
10	J	0,77	0,8	0,72	2,29	0,76	1,00	0,76	0,24	0,95
11	K	1,16	1,16	1,16	3,48	1,16	1,00	1,16	0,24	1,44
TOTAL		83,32	87,6	86,90	257,83	85,94		85,94		94,56
TT=Tiempo total, TOP=Tiempo observado promedio, FD=Factor de desempeño, TN=Tiempo Normal, S=Suplemento, TS=Tiempo estándar										

Análisis de resultados del método actual vs método propuesto

La tabla 51 muestra un resumen de las distancias recorridas para el proceso de triturado, actual vs propuesto.

Tabla 51. Resumen de las distancias recorridas.

Actividades	Código	Distancia recorrida (m)			%Ahorro
		Actual	Propuesto	Ahorro	
Llevar las rebabas de la inyectora	M1	106,8	53,9	52,9	49,53%
Llevar el material triturado a la mezcladora	M1	4,3	4,3	0	0,00%
Llevar el químico expansel a la mezcladora	M3	11,6	11,6	0	0,00%
Llevar asodicarbonato a la mezcladora	M4	11,6	0	11,6	100,00%
Llevar el material virgen de la bodega a la mezcladora	M5	107,5	86,5	21	19,53%
Distribuir el material a las respectivas inyectoras	M6	100,2	46,8	53,4	53,29%
TOTAL		342,00	203,10	138,90	

En la figura 38 se observa la comparación entre las distancias recorridas para la situación actual vs el propuesto.

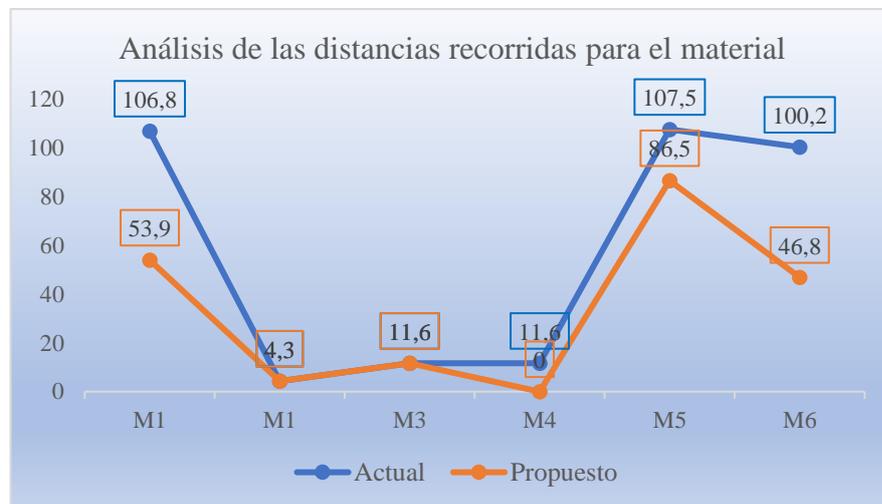


Fig. 38. Distancia recorrida por el material actual vs propuesto.

Análisis: En el método actual la distancia recorrida total es de 342 m, mientras que, en el método propuesto, luego de realizar una redistribución de la planta, la distancia reduce a 203,10 m, es decir, se obtiene un ahorro de 138,90 m. Así mismo, en el método propuesto se elimina uno de los transportes (M4).

Análisis de la capacidad de producción del método propuesto.

La tabla 52 muestra un resumen de los tiempos estándar actual y propuesto.

Tabla 52. Resumen de tiempo estándar actual y propuesto.

Operación	TS: Tiempo estándar (min/lote)		Ahorro (min/lote)
	Método actual	Método propuesto	
A	0,71	0,71	0
B	3,33	1,71	1,62
C	3,17	3,17	0
D	45,88	45,88	0
E	2,05	2,05	0
F	0,73	1,17	0,31
G	0,75		
H	19,53	19,53	0
I	5,03	2,67	2,36
J	15,28	15,28	0
K	0,95	0,95	0
L	1,62	1,44	0,18
TOTAL	99,03	94,56	4,47

- **Área de molino**

Se considera las siguientes variables:

Producción = Triturar 50 kg de materia prima

Tiempo estándar (Ts/Lote) = 94,56 min

Horas de trabajo = 8 horas = 480 minutos

$$Cpd = \frac{\text{Horas disponibles}}{TS}$$

$$Cpd = \frac{480 \text{ min}}{94,56 \text{ min/lote}}$$

$$Cpd = 5,08 \text{ lote/día}$$

$$Cpd = 5,08 \text{ lote} * 50 \frac{\text{kg}}{\text{lote}} = 254 \text{ kg/día}$$

Análisis de la productividad

$$Productividad_{\text{parcial}} = \frac{254 \text{ kg}}{480 \text{ min}}$$

$$Productividad_{\text{parcial}} = 0,53 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

Aplicando el método propuesto se logra incrementar la productividad en un 6% en el proceso de triturado de las rebabas y suelas defectuosas.

Con el método actual el área de molino requiere un total de 99,03 min para procesar 242,5 kg de materia prima, es decir 4,85 lotes diarios, mientras que con el método propuesto con un tiempo de 94,56 min se logra producir 5,08 lotes al día, es decir 254 kg. En la tabla 53 se muestra la capacidad de producción actual y propuesta en diferentes periodos.

Tabla 53. Capacidad de producción actual vs propuesto.

Método	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN				PRODUCTIVIDAD (kg/min)
	Tiempo estándar	Diario (Cpd) lote	Semanal (Cps) lote	Mensual (Cpm) lote	
Actual	99,03	4,85	24,25	97	0,50
Propuesto	94,56	5,08	25,40	101,6	0,53

Análisis de costos de la redistribución y periodo de recuperación

Se realiza una estimación de la inversión total inicial que la empresa PREPLAST debe realizar para implementar la nueva propuesta de distribución de la planta, por ello, en la tabla 54 se muestra los valores aproximados para realizar los cambios propuestos en la empresa, los mismos que fueron cotizados con empresas que ofrecen este servicio.

Tabla 54. Costos de inversión para la distribución propuesto.

Cambios Propuestos	Costos de realizar los cambios	Empresa que ofrecen el servicio
Movimiento de las máquinas	\$1,500.00	 Técnico industrial en automatismos eléctrico, neumático e hidráulica.
Adecuación eléctrica	\$500.00	
Adecuación del aire	\$600.00	
Adecuación del agua	\$500.00	
Honorarios profesionales	\$2,500.00	
Honorarios obreros	\$1,250.00	
Otros	\$1,300.00	
TOTAL	8,150.00	

Mediante especialistas en cada uno de los aspectos económicos que involucra la nueva distribución de la planta, tenemos un gasto total aproximado de inversión de \$8,150.00, misma que será financiado por la empresa si el proyecto es puesto en marcha. Una vez estimado el total de la inversión, se calcula el periodo en el cual la empresa recuperará

la inversión, por ello se aplica la ecuación 8 del punto de equilibrio, en donde se conocerá la cantidad de suelas Lily expando que debe vender para comenzar a percibir ganancias.

$$P. Equilibrio = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \frac{\text{Costos variables}}{\text{Precio de venta}}} \quad (8)$$

Los valores por considerar son los siguientes, los mismos que fueron calculados y recopilados del área administrativa de la empresa.

Costos fijos = \$8,150.00

Costos Variables = \$1.50 par/suelas

Precio de venta = \$2.59 par/suelas

$$P. Equilibrio_{\$} = \frac{\$8,150.00}{1 - \frac{\$1.50}{\$2.59}}$$

$$P. Equilibrio_{\$} = \$ 19.365,60$$

Para conocer el número de pares de suelas que se deben vender, se divide el valor del punto de equilibrio en dólares para el costo unitario de un par de suelas.

$$P. Equilibrio_{unid} = \frac{\$ 19.365,60}{\$2.59 \text{ u/par}} = 7477,07 \text{ pares}$$

$$P. Equilibrio_{unid} = 7477,07 \text{ pares}$$

Para comenzar a percibir ganancias se debe vender \$19.365,80 en unidades monetarias, es decir se debe vender 7477,07 pares para cubrir la inversión realizada. Posteriormente, para estimar el tiempo en el que se puede recuperar la inversión se divide la cantidad de pares requerida para la producción semanal estimada según la demanda.

Tiempo de recuperación = 7477,07 pares / 408,25 unidades/semanales

Tiempo de recuperación = 18,32 semanas \approx 4,58 meses

Metodología SMED para minimizar el tiempo de cambio moldes.

Análisis de la capacidad de producción incluido los tiempos de preparación

Una vez analizado los tiempos de preparación de la inyectora, se procede a calcular la capacidad de producción diaria incluyendo el tiempo que toma al operario revisar la orden de producción, montar los moldes y la calibración de la inyectora. La tabla 55 indica la variación que existe en la capacidad de producción.

Tabla 55. Variación de la capacidad de producción en el proceso de inyección.

Operación	Tiempo sin incluir el de preparación (min/lote)	Tiempo incluido el de preparación. (min/lote)	Cp1 (lote/día)	Cp1' (lote/día)	Δ Cp (lote/día)
Inyección y empaquetado	50,06	71,76	9,59	6,69	2,9

Cp1= Capacidad de producción sin tiempo de preparación - **Cp1'**= Capacidad de producción con tiempo de preparación - **Δ Cp** = Variación de la capacidad de producción.

Aplicación del SMED

Al analizar los tiempos de montaje y calibrado de la inyectora se evidencia diferentes desperdicios que aumentan el tiempo de operación, es por ello que se propone disminuir estos tiempos improductivos aplicando la metodología SMED a fin disminuir el tiempo en la producción del lote de suelas para calzados.

A continuación, en la tabla 56 se identifica todas las actividades existentes en el montaje de moldes y la calibración de la máquina.

Tabla 56. Actividades de la preparación de la inyectora.

Operaciones	Actividades
Revisar la orden de producción	<ul style="list-style-type: none">• El operario revisa la orden proporcionada por el jefe de producción.
Montar los moldes en la máquina	<ul style="list-style-type: none">• Desajusta pernos del molde manualmente• Retira el molde de la inyectora• Gira la base de la inyectora presionando un botón.• Busca los moldes según el modelo y el número.• Coloca los moldes en la inyectora• Ajusta pernos del molde manualmente• Verifica ajuste y si es necesario volver ajustar.• Gira la base de la inyectora presionando un botón
Calibrar inyectora	<ul style="list-style-type: none">• Pirómetro de temperatura• Purga del material• Volumen de alimentación• Soporte de presión

Fase uno del SMED

Esta etapa corresponde a la separar las actividades internas y externas, es decir, identificar las tareas que se lleva a cabo con la máquina completamente parada o con una velocidad menor a lo usual y las actividades que se realizan cuando el equipo opera a una velocidad normal.

En la tabla 57 representa la fase uno del SMED para la preparación de la inyectora en la operación de inyección de suelas.

Tabla 57. Fase uno del SMED para la preparación de la inyectora.

OPERACIÓN: Preparación de la inyectora				
Operación	N°.	Actividades	Internas	Externas
Revisar la orden de producción	1	El operario revisa la orden proporcionada por el jefe de producción	X	
	2	Desajusta pernos del molde manualmente	X	
Montar los moldes en la máquina	3	Retira moldes de la inyectora	X	
	4	Gira la base de la inyectora presionando un botón	X	
	5	Busca los moldes según el modelo y el número	X	
	6	Coloca los moldes en la inyectora	X	
	7	Ajusta pernos del molde manualmente	X	
	8	Verifica ajuste y si es necesario volver ajustar	X	
	9	Gira la base de la inyectora presionando un botón	X	
Calibrar inyectora	10	Pirómetro de temperatura	X	
	11	Purga del material	X	
	12	Volumen de alimentación	X	
	13	Soporte de presión	X	

Fase dos del SMED

En esta fase se busca convertir las actividades internas en externas siempre y cuando sean posible. En la tabla 58 se muestra las actividades que son factibles realizar cuando la máquina está en funcionamiento normal, es decir convertirlas en externas.

Tabla 58. Fase dos del SMED para la preparación de la inyectora.

OPERACIÓN: Preparación de la inyectora				
Operación	N°.	Actividades	Internas	Externas
Revisar la orden de producción	1	El operario revisa la orden de producción proporcionada por el jefe de producción		X
	2	Desajusta pernos del molde manualmente	X	
Montar los moldes en la máquina	3	Retirar moldes de la inyectora	X	
	4	Gira la base de la inyectora presionando un botón	X	
	5	Busca los moldes según el modelo y el número		X
	6	Coloca los moldes en la inyectora	X	
	7	Ajusta pernos del molde manualmente	X	
	8	Verifica ajuste y si es necesario volver ajustar	X	
	9	Gira la base de la inyectora presionando un botón	X	
Calibrar inyectora	10	Pirómetro de temperatura	X	
	11	Purga del material	X	
	12	Volumen de alimentación	X	
	13	Soporte de presión	X	

Fase tres del SMED

En la tabla 59 se especifica todas las actividades que conforman la preparación de la inyectora con su respectivo tiempo estándar calculado (ver Anexo 3), en este apartado se propone una mejora para el tiempo que toma revisar la orden de producción y esta se debe realizar como una actividad externa, es decir, cuando la máquina esté en funcionamiento normal procesando el lote anterior. Además, para eliminar el tiempo de la actividad “girar la base de la inyectora” y “buscar los moldes” se ha propuesto un nuevo método de trabajo y se ha documentado en un instructivo para el cambio de moldes (Ver figura 42)

Tabla 59. Fase tres del SMED para la preparación de la inyectora.

OPERACIÓN: Preparación de la inyectora							
Operación	N°.	Actividades	Tipo	N°. Operarios	Tiempo estándar (min)	Tiempo nuevo (min)	
Revisar la orden de producción	1	El operario revisa la orden proporcionada por el jefe de producción.	○	1	0,74	-	
Montar los moldes en la máquina	3	Desajusta pernos del molde manualmente	○		5,01	2,11	
	4	Retirar moldes de la inyectora	○		1,39	1,39	
	5	Gira la base de la inyectora presionando un botón	○		0,57	-	
	6	Busca los moldes según el modelo y el número	○		1,07	-	
	7	Colocar los moldes en la inyectora	○		0,54	0,54	
	9	Ajusta pernos del molde manualmente	○		5,91	2,85	
	10	Verificar ajuste y si es necesario volver ajustar	□		0,49	0,49	
	11	Gira la base de la inyectora presionando un botón	○		0,52	0,52	
Calibrar inyectora	12	Pirómetro de temperatura	○		0,70	0,70	
	13	Purga del material	○		1,02	1,02	
	14	Volumen de alimentación	○		2,00	2,00	
	15	Soporte de presión	○		1,57	1,57	
TIEMPO INICIAL:					21,53		
TIEMPO PROPUESTO					13,19		

Para las actividades en color amarillo se ha propuesto la utilización de un taladro inalámbrico para reducir el tiempo de operación, puesto que actualmente el operario

ajusta manualmente con una llave hexagonal 10 mm. Al utilizar el taladro para el ajuste y desajuste de pernos de un molde se logrará reducir significativamente el tiempo empleado. De acuerdo a una investigación realizada en la misma área de estudio, se puede verificar que el tiempo de ajuste se reduce un porcentaje de 51,71% del tiempo y un 57,92% para el desajuste, estos porcentajes se puede comprobar en la investigación realizada bajo el tema: ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A [35], al estimar el tiempo en que toma ajustar y desajustar los pernos con el taladro inalámbrico se logra reducir un 38.74% del tiempo de operación.

En la tabla 60 se muestra los tiempos estándar propuesto para la preparación de la inyectora y las especificaciones que deben cumplir a la hora de montar los moldes.

Tabla 60. Tiempo propuesto para el cambio de moldes de la inyectora.

Actividades	Ts (min)	Responsable	Observación
Desajusta pernos del molde manualmente	2,11	Inyector de suelas	El operario debe utilizar un taladro inalámbrico de ajuste (Ver Anexo 5)
Retira moldes de la inyectora	1,39		
Coloca los moldes en la inyectora	0,54		
Ajusta pernos del molde manualmente	2,85		
Verifica ajuste y si es necesario volver ajustar	0,49		
Gira la base de la inyectora presionando un botón	0,52		
Pirómetro de temperatura	0,70		
Purga del material	1,02		
Volumen de alimentación	2,00		
Soporte de presión	1,57		

En la tabla 61 se presenta un resumen de la aplicación de la metodología SMED en las operaciones de preparación de la inyectora.

Tabla 61. Resumen de la aplicación de la metodología SMED.

Actividades	Tiempo actual (min)	Tiempo propuesto (min)	Porcentaje de reducción
El operario revisa la orden proporcionada por el jefe de producción.	0,74	---	100.00%
Desajusta pernos del molde manualmente	5,01	2,11	57,92%
Retira moldes de la inyectora.	1,39	1,39	0.00%
Gira la base de la inyectora presionando un botón.	0,57	—	100.00%
Busca los moldes según el modelo y el número.	1,07	—	100.00%
Coloca los moldes en la inyectora.	0,54	0,54	0.00%
Ajusta pernos del molde manualmente	5,91	2,85	51,71%
Verificar ajuste y si es necesario volver ajustar	0,49	0,49	0.00%
Gira la base de la inyectora presionando un botón	0,52	0,52	0.00%
Pirómetro de temperatura	0,70	0,70	0.00%
Purga del material	1,02	1,02	0.00%
Volumen de alimentación	2,00	2,00	0.00%
Soporte de presión	1,57	1,57	0.00%

En la figura 39 se muestra de manera gráfica la reducción de los tiempos de las actividades que corresponde a la preparación de la inyectora.

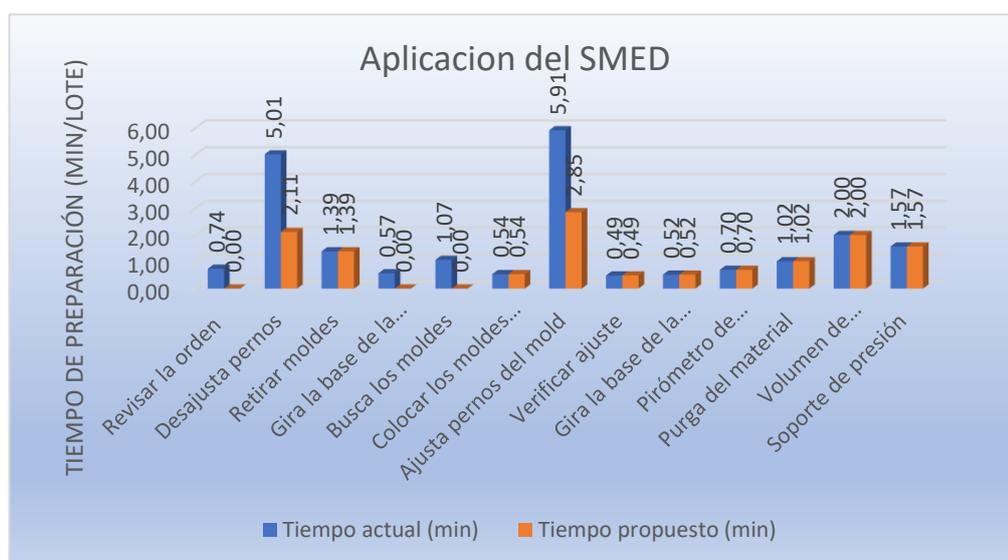


Fig. 39. Resumen de la reducción de tiempos en la preparación de la inyectora.

Análisis del incremento de la capacidad de producción en el proceso de inyección

Caso 1.

Cuando produce un solo modelo de suelas durante toda la jornada laboral, es decir, el operario de la inyectora debe producir varios lotes del mismo modelo en un día.

Tiempo estándar sin preparación de la inyectora (T_s/Lote) = 50,06 min

Tiempo estándar de preparación de la inyectora (T_s/Lote) = 13,19 min

Horas de trabajo = 8 horas = 480 minutos

$$Cpd_propuesto = \frac{\text{Horas disponibles}}{TS/\text{lote}}$$

$$Cpd_propuesto = \frac{466,81 \text{ min}}{50,06 \text{ min/lote}}$$

$$Cpd_propuesto = 9,33 \text{ lote/día}$$

$$Cpd_propuesto = 9,33 \text{ lote} * 70 \frac{\text{pares}}{\text{lote}} = 653,1 \text{ pares/día}$$

Análisis de la productividad

$$Productividad_{parcial} = \frac{653,1 \text{ pares}}{466,81 \text{ min}}$$

$$Productividad_{parcial} = 1,36 \frac{\text{pares}}{\text{min}}$$

Se incrementa la productividad un 2,26 % cuando en una jornada laboral se trabaja con un solo modelo.

Caso 2.

Cuando el operario de la inyectora debe producir varios modelos de suelas en una sola jornada laboral y para cada modelo debe configurar la inyectora, por lo que el tiempo total de una jornada laboral se divide para el tiempo de preparación más el tiempo de inyección y se obtiene el número de lote que se producirá al día.

Prepara 6 lotes diarios: Tiempo set-up = $6 * 13,19 \text{ min} \rightarrow 79,14 \text{ min}$

$$Cpd_propuesto = \frac{\text{Horas disponibles}}{TS/\text{lote}}$$

$$Cpd_propuesto = \frac{400,86 \text{ min}}{50,06 \text{ min/lote}}$$

$$Cpd_{propuesto} = 8,01 \text{ lotes/día}$$

$$Cpd_{propuesto} = 8,01 \text{ lote} * 70 \frac{\text{pares}}{\text{lote}} = 560,7 \text{ pares/día}$$

Análisis de la productividad

$$Productividad_{parcial} = \frac{560,7 \text{ pares}}{480 \text{ min}}$$

$$Productividad_{parcial} = 1,17 \frac{\text{pares}}{\text{min}}$$

Se incrementa la productividad de 1,01 pares/min a 1,17 pares/min, es decir un 15,84% cuando en una jornada laboral se trabaja con distintos modelos de producción.

En la tabla 62 se muestra un resumen del incremento de la producción una vez que se ha planteado la propuesta de mejora.

Tabla 62. Resumen del incremento de la productividad.

CASO	Actual	Propuesto	Incremento de la producción		
	Pares/diario	Pares/diario	Pares/diarios	Pares/sem	Pares/mens
1	641,2	653,1	11,9	59,5	238
2	488,6	560,7	72,1	360,5	1442

Al implementar las propuestas de mejora para la empresa PREPLAST se estima un incremento de la productividad. Cuando la empresa trabaja un solo lote diario, se observa un incremento de 11,9 pares diarios, es decir producirá 653,1 pares por día. Mientras que cuando la empresa produce varios modelos en jornada laboral se observa un incremento de la productividad de 72,1 lotes diarios, es decir pasa de producir 488,6 lotes por día a 560,7 lotes por día.

En la tabla 63 se muestra un resumen del incremento de la productividad en el proceso de molino y para cada uno de los casos en el proceso de inyección.

Tabla 63. Resumen del incremento de la productividad.

PROCESO	CASO	MÉTODO		% DE MEJORA
		Actual (pares/min)	Propuesto (pares/min)	
Inyección y empaque de suelas.	1	1,33	1,36	2,26 %
	2	1,01	1,17	15,84 %
Molido		(Kg/min)	(Kg/min)	
		0,50	0,53	6 %

Una vez realizado las propuestas de mejora en el proceso de inyección y empaque se logra mejorar la productividad un 15,84% cuando se trabaja con diferentes modelos en una jornada laboral y un 2,26 % cuando se trabaja con un solo modelo en una jornada laboral. Para el caso del proceso de molido se estima un incremento de la productividad en un 6 %.

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La información de la situación actual de la empresa fue recopilada minuciosamente para el proceso productivo de suela de mayor demanda en las cuales se identificaron 4 áreas, siendo estas las siguientes: molino, inyección, empaque y almacenamiento.
- La empresa PREPLAS fabrica una amplia variedad de suelas para calzado clasificados de la siguiente manera: suelas para calzado escolar suelas, para calzado deportivo y para calzado de dama y caballero, estas en diferente material, talla y colores. Mediante un análisis de los históricos de ventas del último año y considerando los 10 productos más fabricados se realizó un análisis de los porcentajes de ventas y se determinó que la suela Lily expanso chocolate 37 es el producto de mayor demanda con un porcentaje de 19,98% de aportación económica a la empresa.
- Mediante el estudio de tiempos y movimientos se determinó el tiempo estándar en cada una de las áreas del proceso productivo, partiendo del estudio de tiempo preliminar para definir el número de ciclos a cronometrar, utilizando herramientas como diagrama de flujo, sinóptico, analíticos y diagrama de recorrido, calculando un estándar para el proceso de molido de 99,03 minutos el lote y para el proceso de inyección, empaque y almacenamiento corresponde a 71,76 minutos el lote.
- Mediante el análisis de las actividades que se realiza en el proceso de molido se identificó que entre el área de molino e inyección existe transportes largos y dentro del proceso de molino existe exceso de transporte. Por tanto, se determinó una distribución más optima que minimice los costos por transportes con la ayuda del software WinQSB y un manual de procedimiento, con la distribución de instalaciones propuesta se observa que el área de inyección, mantenimiento y de matricería intercambia lugares de trabajo en la planta e indica que se tendrá un porcentaje de 19% de reducción de costos de transporte. Así mismo, con la reducción de distancias recorridas y combinación de transporte se logra

incrementar la producción, de producir 242,50 kg a producir 254 kg diarios, es decir un incremento del 4,74%.

- En cuanto al proceso de inyección, se proponen mejoras en el cambio de moldes aplicando la metodología SMED, en el cual, mediante el sistema, incorporación de un taladro inalámbrico y establecimiento de un instructivo de cambio, es posible reducir el tiempo de preparación de la máquina un 38,74%. Para el caso de que la producción de la suela Lily expanso chocolate 37 demande una jornada laboral de producción se tiene un incremento de 11,9 pares diarios, mientras que, si en una jornada laboral tiene que preparar diferentes modelos de suelas, de distintos números, colores o modelos, se estima que tendrá un incremento de 72,1 pares/diarios.
- Después de implementar la propuesta de mejora en el proceso de producción de suelas, se espera lograr un aumento del 6% en la productividad del proceso de molino, un 2,26% en el proceso de inyección y empaque cuando se trabaje con un solo modelo durante una jornada laboral, y un incremento del 15,84% en el proceso de inyección y empaque cuando se trabaje con distintos modelos en una sola jornada laboral

4.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio similar para todas las inyectoras de la empresa PREPLAST, así mismo, para los diferentes tipos de modelos de suelas que más beneficio genera a la empresa con la finalidad de conocer de manera global cual es la máquina con mayores lotes de producción y el porcentaje de utilización de la máquina.
- Se sugiere realizar un modelo de planificación de la producción para el proceso de inyección de suelas de manera que se genere calendarios de producción diarios y semanales con el objetivo de reducir el número de cambios de moldes en una jornada laboral.

- Utilizar los manuales de procedimiento e instructivos realizados en este proyecto para facilitar a los operarios la realización de sus actividades, este documento debe estar a disposición del personal involucrado.
- Se recomienda hacer un seguimiento y control del cumplimiento de las actividades de cambio de moldes semanalmente, siguiendo el instructivo planteado en esta investigación.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- [1] C. Cuevas Arteaga, Y. Á. González Montenegro, M. del C. Torres Salazar, and M. G. Valladares Cisneros, “Importancia de un estudio de tiempos y movimientos,” *Dialnet*, vol. 16, no. 39, 2020, doi: 10.30973/inventio/2020.16.39/7.
- [2] A. Atto, R. Largo, J. Ollague, and C. Espinoza, “Errores en los procesos mediante la revisión de la filosofía Lean Six Sigma y su incidencia en la productividad y competitividad de las PyMEs de la provincia de El Oro,” *593 Digit. Publ. CEIT*, vol. 5, no. 6–1, pp. 377–397, 2020, doi: 10.33386/593dp.2020.6-1.435.
- [3] W. I. Arevalo Ojeda, “Análisis económico del cantón Cevallos del sector calzado de la provincia de Tungurahua del período 2017-2019,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2021.
- [4] A. M. Sánchez, T. Vayas, M. Fernando, and C. Freire, “Industria Manufacturera Calzado y afines,” *Univ. Tec. Ambato*, pp. 9–12, 2020, [Online]. Available: <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/Análisis-calzado-29-mayo-2020.pdf>.
- [5] R. D. Gómez Coello, “Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa ‘Facalsa’ de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos,” *Cienc. Lat. Rev. Cient. Multidiscip.*, vol. 5, 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v4i1.
- [6] G. Miño, J. Moyano, and C. Santillán, “Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,” *Ing. Ind.*, vol. 40, no. 2, pp. 110–122, 2019, [Online]. Available: <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/890/880>.
- [7] S. E. González Velásquez and D. Patiño Botton, “Análisis de la influencia del estudio de tiempos y movimientos en la productividad de las empresas

Manufactureras,” Universidad Privada del Norte, 2020.

- [8] A. M. Muñoz Choque, “ESTUDIO DE TIEMPOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD,” *Rev. Investig. en Ciencias la Adm. ENFOQUES*, vol. 5, pp. 40–54, 2021, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/6219/621968429003/html/>.
- [9] N. L. Tejada Díaz, V. Gisbert Soler, and A. I. Pérez Molina, “Metodología De Estudio De Tiempo Y Movimiento; Introducción Al Gsd,” *3C Empres. Investig. y Pensam. crítico*, vol. 6, no. 5, pp. 39–49, 2017, doi: 10.17993/3cemp.2017.especial.39-49.
- [10] A. Andrade, C. Del Rio, and D. Alvear, “Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado,” *Scielo*, vol. 30, pp. 83–94, 2018, [Online]. Available: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000300083.
- [11] A. M. Andrade Orbe, “Tiempos y movimientos en una planta de producción de calzado en la provincia de imbabura,” *Rev. SARANCE*, vol. 33, no. 1390–9207, pp. 87–99, 2017, [Online]. Available: <https://revistasarance.ioaotavalo.com.ec/index.php/revistasarance/article/view/815/927>.
- [12] F. J. Lozada Orozco, “Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos productivos de la empresa de calzado Liwi,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
- [13] L. M. Chasiluisa Unda, “ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE CONFECCIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA IMPACTEX,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2019.
- [14] A. F. Muzo Bombón, “ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA TEXTIL CM ORIGINAL,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2022.

- [15] J. I. Ruíz Ibarra, A. Ramírez Leyva, K. Luna Soto, J. A. Estrada Beltrán, and O. J. Soto Rivera, “Optimización de tiempos de proceso en desestibadora y en llenadora,” *Ra Ximhai*, vol. 13, pp. 291–298, 2017, doi: 10.35197/rx.13.03.2017.16.jr.
- [16] K. Barcia Villacreses, J. Zambrano Loor, and V. Gonzalez Jaramillo, “Mejoramiento de la productividad en un proceso de litobarnizado,” *Proc. LACCEI Int. Multi-conference Eng. Educ. Technol.*, vol. 2017-July, no. July, pp. 19–21, 2017, doi: 10.18687/LACCEI2017.1.1.38.
- [17] F. Parra, L. Ballesteros, and L. González, “Sistema de costes contables a partir del estudio de tiempos y movimientos en PYMES de la provincia de Tungurahua: caso de estudio ‘Sector Calzado,’” *Rev. Publicando*, 4(12 (2)), 621–639, vol. 4, no. 12, pp. 22–23, 2017, [Online]. Available: https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/745/pdf_538.
- [18] M. M. Dinora, P. G. Álvarez Vega, and J. A. Quiñonez Ibarra, “ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN INDUSTRIATEXTIL EN HERMOSILLO, SONORA,” *Universidad&Ciencia*, vol. 10, pp. 231–240, 2021, [Online]. Available: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/2035/3505>.
- [19] E. G. Piscocama Bedía, “PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN CON INYECTORA DE SUELAS EN BICOLOR PARA CALZADO, Caso ‘Super Suelas,’” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2018.
- [20] P. A. Mendoza Novillo, J. C. Erazo Álvarez, and C. I. Narváez Zurita, “Estudio de tiempos y movimientos de producción para Fratello Vegan Restaurant,” *Cienciamatria*, vol. 5, no. 1, pp. 271–297, 2019, doi: 10.35381/cm.v5i1.267.
- [21] A. P. Correa Sepúlveda, J. A. Castro Castro, C. Garcés Jiménez, and Y. F. Ceballos, “Simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas en Colombia,” *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 14, no. 28, pp. 10–15, 2020, doi: 10.31908/19098367.1850.
- [22] M. Á. Mendoza Meregildo, ““ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS EN EL

ÀREA DE PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CALZADOS KRISTEL, 2018,”” Universidad César Vallejo, 2018.

- [23] B. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería industrial Metodos, estandares y diseño del trabajo*, 12th ed. Mexico, 2009.
- [24] G. Kanawaty, *INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO*, 4th ed. Ginebra: Kanawaty, George, 1996.
- [25] L. C. Palacios Acero, *INGENIERÍA DE MÉTODOS movimientos y tiempos*, 21 ed. Bogotá, 2009.
- [26] A. M. Ovalle Castiblanco and D. M. Cardenas Aguirre, “¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura,” *Ing. Investig. y Desarro.*, vol. 16, no. 2, pp. 12–31, 2017, [Online]. Available: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5443/4513.
- [27] A. Maldonado, M. Escobedo, and J. De la Riva, “Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos : un Análisis Comparativo,” *Dialnet*, vol. 2, no. 11, pp. 9–18, 2017.
- [28] M. del R. Quesada Castro and W. Villa Arenas, *Estudio del trabajo:*, 1 ed. Medellin, 2016.
- [29] C. A. Núñez Núñez, “ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA ‘SPLENDID SU LAVANDERÍA,’” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2022.
- [30] F. Meyers, *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*, Segunda ed. Mexico, 2000.
- [31] A. F. Suárez Lopez, “ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO PARA EL DIAGNÓSTICO DE PRODUCTIVIDAD EN EL

LABORATORIO ALPHA METROLOGÍA S.A.S,” UNIVERSIDAD
DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, 2020.

- [32] V. R. Lopez Ruiz, *Gestion eficaz de los procesos productivos*. Madrid: Walters Kluwer España, S.A., 2008.
- [33] T. Fontalbo Herrera, E. De la Hoz Granadillo, and J. Morelos Gómez, “Productivity and its factors: impact on organizational improvement,” *Dimens. Empres.*, vol. 16, no. 1, pp. 47–60, 2017, doi: 10.15665/dem.v16i1.1897.
- [34] V. Gisbert Soler and A. I. Pérez Molina, *Cuadernos de investigacion aplicada*. 2018.
- [35] L. B. Flores Abril, “ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.,” Universidad Tecnica de Ambato, 2020.

ANEXOS

Anexo 1: Entrevista



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL



Entrevista dirigida a la administradora de la empresa y al jefe de producción de la empresa PREPLAST, con el propósito de recolectar la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Administradora

1. ¿Se cumple el tiempo de la entrega del producto a los clientes?

En la mayoría de las veces sí, pero en ocasiones si hay retrasos en la entrega, esto por motivos de que los pedidos exceden a la capacidad de producir, es decir existe muchos pedidos durante un determinado periodo de tiempo.

2. ¿Cuál cree que sea el factor determinante por la cual existe retrasos en la producción?

A veces es porque tenemos muchos pedidos pendientes por producir, o se demoran demasiado en completar un pedido por que la materia prima aún no está lista, cuando se requiere de material reprocesado por el área de molino y se tiene que esperar. En ocasiones, aunque se mantiene un stock de materia prima, suele terminar por que los proveedores no tienen la capacidad de abastecerlo.

3. ¿Alguna vez se ha realizado un estudio de los tiempos que se demora en fabricar un pedido o lote de producción?

No, desde sus inicios en la empresa no se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos por lo que no se sabe con exactitud cuanto tiempo se demora en producir un lote o un pedido, o a su vez no se sabe en qué actividad se demora más o menos.

4. ¿Ud. cree que, si se realiza un estudio de tiempos y movimientos en la empresa y se estandariza, mejoraría la productividad?

Claro que si, por que se podría ver en qué proceso o actividad se demora más y que actividades no son necesarios en el proceso productivo, por lo que se buscaría solucionar esos problemas y agilizar la producción. Actualmente el proceso que más distancia recorre seria el del molino porque está un poco lejos de las inyectoras,

5. ¿Cuántos modelos de suelas para calzado fabrican en la empresa?

Nosotros trabajamos con más de 200 modelos de suelas, pero no se fabrica todos los modelos durante todos los meses del año, si no que depende de la temporada; por ejemplo, en la temporada escolar se fabrica más suelas para calzado de niños y niñas, en temporada vacacional se fabrica más suelas como sandalias, para calzado deportivo, etc.

Jefe de producción

6. ¿Considera que los empleados tienen suficiente tiempo para descansar durante su jornada laboral?

Si, todos los operarios tienen un lapso de media hora de descanso, de 11:00-11:15, aquí los operarios almuerzan y luego retornan a sus actividades.

7. ¿Considera que existen tiempos improductivos en la fabricación de suelas?

No se puede afirmar que exista o no exista, como no se ha realizado un estudio previo de cómo es el proceso productivo de la empresa, como en toda empresa siempre está presente tiempos productivos e improductivos y no es la excepción en esta empresa.

8. ¿Los operarios cuentan con la experiencia suficiente para la elaboración de las suelas?

Si, la mayoría de los operarios trabajan con nosotros varios años y si es el caso de que se contrata más personal se da una inducción de todo el proceso productivo, como funciona, indicaciones generales y específicos de acuerdo con el área que se va a ocupar. Así mismo, los encargados de contratar dan paso a personas que ya cuentan con experiencia en la fabricación de suelas.

9. ¿Existe algún tipo de control de material en el proceso productivo?

Nosotros trabajamos bajo órdenes de producción, en donde se detalla el modelo, color y cantidad de suelas que se debe producir, esa orden de producción, de ser el caso de que se necesita de material reprocesado como materia prima, también la orden de producción se pasa al área de molino para que prepare el material. El operario del molino una vez preparado registra que cantidad ha reprocesado y genera un reporte.

10. ¿Como considera la calidad de las suelas fabricadas en la empresa PREPLAST?

Las suelas que fabricamos si son de calidad, es por eso por lo que realizamos entregas no solo a empresas de calzado de Ambato, sino que también enviamos a Cuenca, Guayaquil y Quito y no hemos recibido quejas sobre la calidad del producto.

Anexo 2: Manual de procedimiento para el proceso de molido



MANUAL DE PROCESOS



Primera edición

PREPLAST

MPRESA PREPLAST	Manual de Procesos	
	Página:	1 DE
	Código:	EPP-MP-LE-01
	Año:	2023

PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA LA FABRICACION DE SUELAS LILY EXPANSO 37



Desarrollado por: Ivan Yumbulema

Revisado por: Ing. Daysi Ortiz

Aprobado por: _____

Fecha de elaboración: 05 de enero de 2023

Fecha de Revisión: _____

Fecha de Aprobación: _____

EMPRESA PREPLAST	Molino	
	Página:	1 DE
	Código:	EPP-MP-LE-M-01
	Año:	2023

A. Propósito

Triturar las rebabas y las suelas defectuosas generados por el proceso de inyección.

B. Alcance

El presente procedimiento está en esta dirigida al operario encargado del proceso de triturado del material reciclado, así también al personal administrativo para conocimiento general.

C. Responsabilidades

El operario encargado de triturar el material reciclado estará a cargo de este procedimiento; transportar el material desde las inyectoras, preparar, triturar, mezclar y distribuir a sus respectivas inyectoras.

D. Definiciones

Orden de producción. - Un documento que se entrega al operario en el que se detalla la cantidad de material a preparar y a que inyectoras está destinado a abastecer.

Pesaje. - El material es pesado para registrar la cantidad de material triturado y abastecimiento en cantidades estándares a la inyectora.

Triturar. - Desmenuzar o moler las rebabas y suelas defectuosas generados por el proceso de inyección hasta alcanzar trozos pequeños sin llegar a convertir en polvo.

Mezclar. - Combinar homogéneamente el expansel, asodicarbonato y materia virgen con la ayuda de una mezcladora automática.

E. Ficha técnica de molido

Tabla 64. Ficha técnica para el proceso de molido.

EMPRESA PREPLAST		Molino	
	Código:	EPP-MP-LE-FT-M-01	
	Año:	2023	
Entradas	Rebabas y suelas defectuosas		
Salidas	Costales de 25 kg de materia prima lista para el proceso de inyección.		
Responsable	Operador de molino		
Indicador			
$\text{Porcentaje de inyectoras abastecidos} = \frac{\# \text{ inyectoras abastecidos}}{\# \text{ Total de inyectoras por bastecer}} * 100\%$			

F. Descripción de las actividades del procedimiento

N°.	Actividad	Descripción	Observación
1	Revisar la orden de producción	El operario revisa a que inyectora debe abastecer con el material.	El jefe de producción entrega la orden con anticipación.
2	Llevar las rebabas y suelas defectuosas de la inyectora	El operario transporta las rebabas y suelas defectuosas desde las inyectoras	
3	Preparar el material	Pesar y registrar la cantidad de material a triturar	
4	Triturar el material	Tritura el material directamente en los sacos para pesar.	Triturar mínimo 50 kg de material para aprovechar la capacidad de la mezcladora.
5	Llevar el material triturado a la mezcladora	Transportar sacos de 25 kg al mezclador y colocar en la máquina.	
6	Llevar el químico expansel y asodicarbonato a la mezcladora	Realiza un solo transporte y lleva el expansel y el asodicarbonato a la mezcladora con la ayuda de un recipiente.	Por 50 kg de material triturado agregar. Expansel = 250 gr Asodicarbonato = 125 gr
7	Mezclar el material triturado con los químicos	La máquina automáticamente se mezcla.	El operario aprovecha el tiempo para abastecer más inyectoras o triturar más material según las necesidades
8	Llevar el material virgen	Transporta desde la bodega de	El operario hace dos

	de la bodega a la máquina mezcladora	materia prima hacia la mezcladora el material virgen.	transportes con 50 kg de material virgen. Por cada 50 kg de material triturado agrega 100 kg materia virgen.
9	Mezclar con el material virgen y enfriar la materia prima	La máquina automáticamente se mezcla mientras se enfría.	El operario reduce la temperatura de la máquina para que pueda enfriarlo.
10	Ensacar y apilar la materia prima	Llena el material en sacos y lo coloca en el carrito manual.	Llena en sacos de 25 kg
11	Distribuir el material a las respectivas inyectoras	Abastece a las inyectoras con material preparado.	Transporta 50 kg por cada viaje.

G. Anexo

Diagrama de flujo del proceso de molido

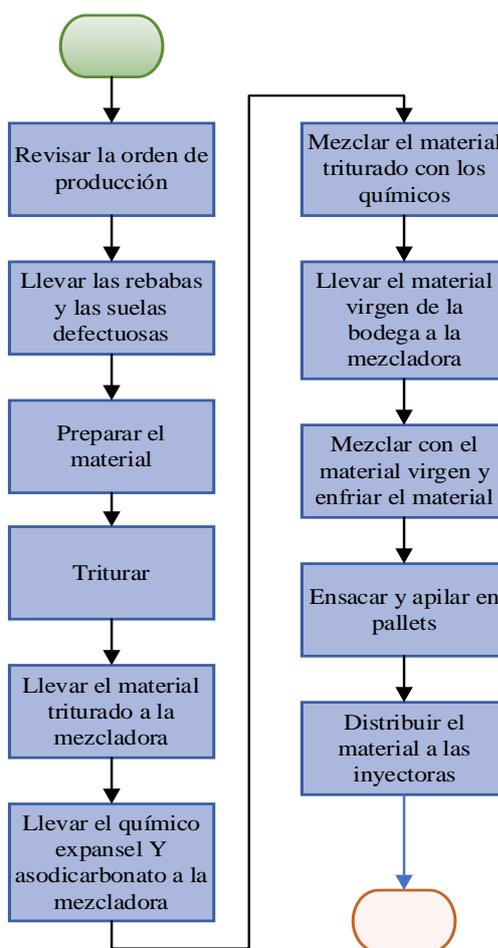


Fig. 40. Diagrama de flujo del proceso de molido.

Anexo 3: Manual de procedimiento para el proceso de preparación de la inyectora

EMPRESA PREPLAST	Molino	
	Página:	1 DE
	Código:	EPP-MP-LE-M-01
	Año:	2023

A. Propósito

Preparar la inyectora: Revisar la orden de producción, cambio de moldes y calibración de la inyectora.

B. Alcance

El presente procedimiento está en esta dirigida al operario encargado del proceso de inyección de suelas para calzado de la inyectora rotativa BENLONG, así también al personal administrativo para conocimiento general.

C. Responsabilidades

El operario encargado del proceso de inyección estará a cargo de este procedimiento; revisar la orden de producción, cambio de moldes y calibración de la inyectora.

D. Definiciones

Orden de producción. - Un documento que se entrega al operario en el que se detalla la cantidad de suelas a producir según el número, color y modelo.

Moldes. - Pieza en el que se hace un hueco según la forma que se quiere darse al solido de un material que se introduce en él, para este caso es el modelo de suela Lily expanso 37 en el que será introducido expanso en estado líquido.

Cambio. - Acción de cambiar una cosa por otra, en este caso se cambia los moldes de las suelas según el número, color y modelo.

Purgar. -Eliminar los restos de material de la inyectora luego de terminar con el lote de producción. Es necesario hacerlo para evitar alteraciones de color en las suelas.

Volumen de alimentación. - Cantidad de material que se le va a suministrar en el molde, esto depende del número de la suela.

Soporte de presión. - Fuerza con la que se le debe aplicar el material para moldear la suela, se requiere una presión mayor en modelos que tienen más detalles.

E. Descripción de las actividades del procedimiento

N°.	Actividad	Descripción	Observación
1	Revisar la orden de producción	El operario revisa cual será el siguiente lote que producir.	Realiza aun cuando está en el lote actual, es decir como una actividad externa.
2	Desajusta pernos del molde manualmente	El operario con la ayuda de un destornillador inalámbrico desajusta los pernos de los moldes.	Llave Hexagonal 10 mm y el taladro.
3	Retirar moldes de la inyectora	El operario toma el molde de la inyectora y lo coloca en el espacio de almacenado junto a la inyectora.	
4	Colocar los moldes en la inyectora	El operario toma el molde y lo coloca en la base de la inyectora.	
5	Ajusta pernos del molde manualmente	Con la ayuda del taladro inalámbrico ajusta el perno para sujetar el molde con la inyectora.	Llave Hexagonal 10 mm y el taladro.
6	Verificar ajuste y si es necesario volver ajustar	El operario aplicando una fuerza sobre el molde revisa si se encuentra correctamente ajustada.	
7	Gira la base de la inyectora presionando un botón	Una vez colocado y ajustado el molde, gira la base y procede a repetir el mismo procedimiento de montaje para la siguiente estación,	Realiza cuando haya desmontado y montado el molde de una estación.
8	Calibración de la inyectora	El operario calibra la temperatura, purga de material, volumen de alimentación y soporte de presión.	

F. Anexo

Instructivo para el cambio de molde

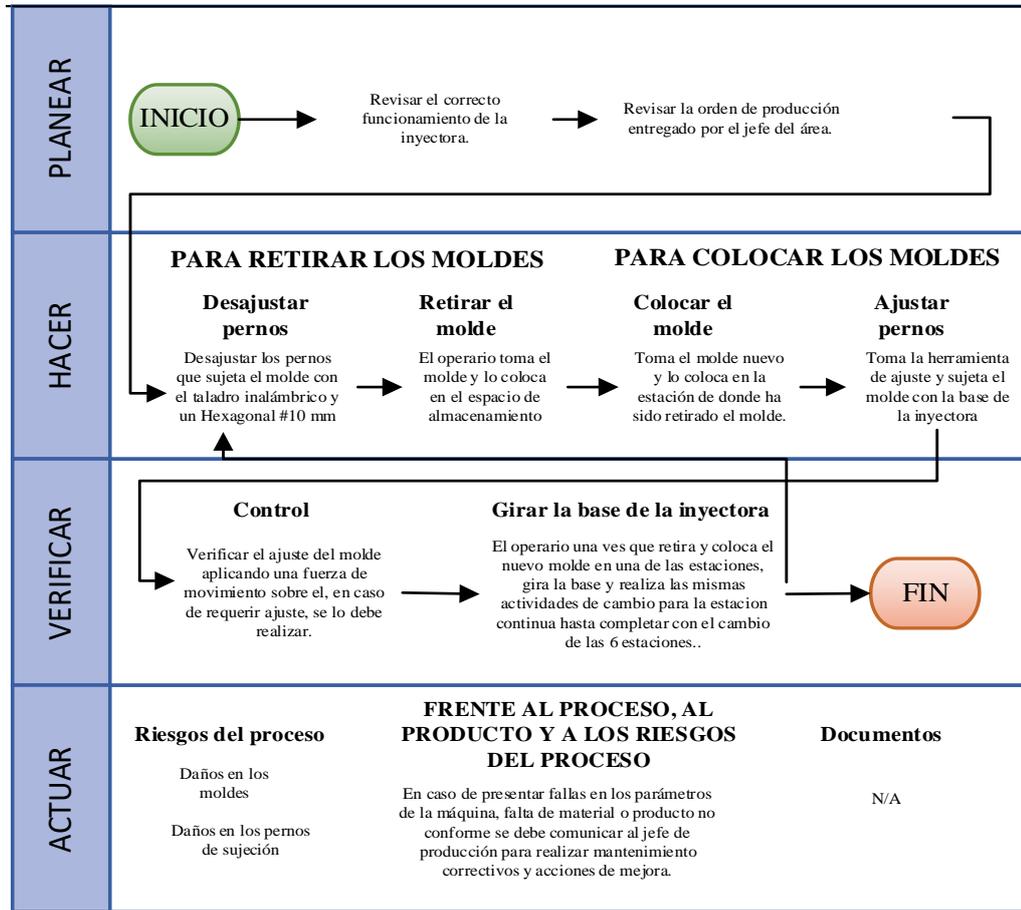


Fig. 41. Instructivo para el cambio de molde de la inyectora.

Anexo 4: Descripción de la máquina inyectora rotativa BENLONG

INYECTORA ROTATIVA MARCA BENLONG	
Ilustración	Descripción
	<ul style="list-style-type: none">• Inyectora con 6 estaciones de trabajo.• Ideal para inyectar suelas de expanso, T.R, PVC, entre otros.• Pantalla táctil con interfaz hombre-máquina.• Control automático.• Tolva mediana.

Anexo 5: Taladro inalámbrico para ajuste de moldes

COTIZACIÓN DE TALADRO INALÁMBRICO		
Plataforma de adquisición:		Mercado Libre Ecuador
Costo Unitario	Cantidad	Total
\$185	\$1	\$185
PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
<p>TALADRO INALÁMBRICO PROFESIONAL 26V POTENTE IMPORTADO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Taladro atornillador de impacto inalámbrico 20V BCD704C1 Black And Decker • 2 velocidades Ion Litio • Taladro atornillador de impacto inalámbrico • Con luz led para iluminar el área de trabajo • 2 rangos de velocidad variable. • Batería de 20 V MAX ion de litio removible. • 11 posiciones de torque que ayudan a evitar que los tornillos se quiebren. • Voltaje: 20 V MAX. • Velocidad: 0 a 360 y 0 a 1400 rpm. - Ipm: 0 a 21000 ipm (bpm). • Mandril de 3/8" (10 mm). • Torque: 45 Nm (40398.3 ft-lb). 	
DIRECCIÓN DE LA PAGINA WEB		
<p>https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517251923-taladro-atornillador-de-impacto-inalambrico-black-decker-20v-JM#position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=31576db0-2a46-4e78-a3c2-89eb28a24ffc</p>		

Anexo 6: Historial de ventas de la empresa PRELAST

MAURICIO MOLANO MORALES
ARTICULOS MAS VENDIDOS VENTA - COSTOS - UTILIDAD

Página: 1 de 1

Fecha: 21/10/2022

Desde: 01/01/2022

Hasta: 31/12/2022

POSICION CODIGO	NOMBRE	CANTIDAD	VENTA	COSTO	UTILIDAD
1 TRIA-NG-EVA	TRIANGULOS NEGRA EVA	4,346.00	1,763.400	0.000	1,763.400
2 LIL-EXP-CHO-37	LILY EXPANSO CHOCOLATE 37	3,376.00	7,933.260	0.000	7,933.260
3 LIL-EXP-CHO-36	LILY EXPANSO CHOCOLATE 36	2,787.00	6,568.075	0.000	6,568.075
4 INF-CR-20	INFANTIL CREPE PVC N20	2,767.00	1,812.997	0.000	1,812.997
5 LIL-EXP-CHO-38	LILY EXPANSO CHOCOLATE 38	2,763.00	6,476.920	0.000	6,476.920
6 MAU-NG-38	MAURO NEGRA NUMERO 38	2,692.00	3,161.147	0.000	3,161.147
7 INF-CR-19	INFANTIL CREPE PVC N19	2,505.00	1,638.837	0.000	1,638.837
8 VAM-BL-PVC 40	VAMS BLANCA PVC 40	2,386.00	4,731.800	0.000	4,731.800
9 MAU-NG-39	MAURO NEGRA NUMERO 39	2,326.00	2,819.237	0.000	2,819.237
10 MAU-NG-40	MAURO NEGRA NUMERO 40	2,235.00	2,796.553	0.000	2,796.553
TOTAL:		28,183.00	39,702.226	0.000	39,702.226

Anexo 7: Tabla PRISMA

N.º	Título	Base de Datos	Año	Punto de Vista	Autores	Objetivo
D1	INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO	Otros	1996	PV1	Kanawaty George	Exponer las ideas más fundamentales del estudio del trabajo aplicadas en la actualidad en diferentes empresas, independientemente su actividad económica, con el fin de analizar, estudiar y mejorar los métodos de realizar actividades en las empresas.
D2	Meyers Estudio de Tiempos y Movimientos para la Manufactura Agil	Otros	2000	PV1	Fred E. Meyers	Proporcionar a los estudiantes y a quienes practican esta actividad un recurso que explique las técnicas y procedimientos de la materia.
D3	Gestión eficaz de los procesos productivos	Otros	2008	PV2	López Ruiz Víctor Raúl	Administrar y mejorar constantemente los procesos productivos dentro de una organización. Permite tener una planificación ideal de un proceso productivo de un producto o servicio
D4	Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo	Otros	2009	PV1	Niebel Benjamín Freivalds, Andris	Proporciona un libro de texto universitario práctico y actualizado que describa los métodos ingenieriles para medir, analizar y diseñar el trabajo manual. Se ha hecho hincapié en la importancia de la ergonomía y el diseño de trabajo como parte de los métodos de ingeniería, no sólo para aumentar la productividad, sino también para mejorar la salud y la seguridad del trabajador y, por lo tanto, los costos críticos de la compañía.
D5	INGENIERÍA DE MÉTODOS movimientos y tiempos	Otros	2009	PV1	Palacios Acero Luis Carlos	Comprender los métodos y técnicas modernas para lograr cambios en las industrias, mediante la reducción de costos, simplificación de trabajos, capacitación, fijar políticas, etc.

D6	Estudio del trabajo	Otros	2016	PV3	Quesada Castro, María del Rocío Villa Arenas, William	Facilitar la comprensión, importancia y desarrollo de competencias profesionales, para ofrecer un Tecnólogo en Producción, integral al medio. Presenta un panorama amplio de las actividades del estudio del trabajo, ejercicios teóricos, prácticos, casos y ejemplos de formatos utilizados en la industria colombiana, con fines didácticos y que faciliten la comprensión de los conceptos clave relacionados
D7	OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PROCESO EN DESESTIBADORA Y EN LLENADORA	Redalyc	2017	PV1	Jesús Iván Ruíz Ibarra Alberto Ramírez Leyva Karina Luna Soto José Alberto Estrada Beltrán Oscar Javier Soto Rivera	Optimizar los tiempos de proceso de las máquinas para desestibadora y llenadora que son parte de una línea de producción. Dar una solución a los problemas que repercuten con tiempos de retraso.
D8	Mejoramiento de la Productividad en un Proceso de Litobarnizado	Dialnet	2017	PV3	Kleber Barcia Villacreses Jorge Zambrano Looor Víctor González Jaramillo	Este trabajo está enfocado en plantear mejoras que permitan reducir los tiempos de paradas que se presentan en sus líneas de producción.
D9	METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE TIEMPO Y MOVIMIENTO; INTRODUCCIÓN AL GSD	Dialnet	2017	PV2	Noris Leonor Tejada Díaz Víctor Gisbert Soler Ana Isabel Pérez Molina	Determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación
D10	TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CALZADO EN LA PROVINCIA DE IMBABURA	Revista Sarance	2017	PV1	Adrián Manuel Andrade Orbe	Con el estudio de tiempos y movimientos, se determinó el tiempo y las diferentes tareas en cada área de trabajo, se pudo comprobar que la línea de producción no estaba equilibrada en ninguna de las áreas.
D11	Sistema de costes contables a partir del estudio de tiempos y movimientos en PYMES de la provincia de Tungurahua: caso de estudio "Sector Calzado"	Revista Publicando	2017	PV1	Fanny Patricia Parra Freire Leonardo Gabriel Ballesteros López Liliana Elizabeth González Garcés	El objetivo de esta investigación es establecer un tiempo estándar para las PYMES de calzado, a partir de los tiempos recogidos en un grupo de empresas con características de representatividad del sector en estudio.

D12	¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura	Otros	2017	PV3	Ovalle Castiblanco Alex Mauricio Cárdenas Aguirre Diana María	Identificar la aplicación que el estudio de tiempos y movimientos ha tenido durante las últimas dos décadas, así como las técnicas y herramientas más utilizadas y los sectores a los que ha sido aplicado; para lo cual fueron consultadas las bases de datos Science Direct y Web of Science y se utilizó la herramienta tecnológica de análisis de redes de citas denominada tree of science, desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
D13	Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo	Dialnet	2017	PV1	Maldonado Aide Escobedo María De la Riva Jorge	Determinar los estándares de tiempo para la planeación, calcular costos, programar, contratar, evaluar la productividad, establecer planes de pago, entre otras actividades por lo que, cualquier empresa que busque un alto nivel competitivo debe centrar su atención en las técnicas de estudio de tiempos.
D14	Productivity and its factors: impact on organizational improvement	Otros	2017	PV3	Fontalbo Herrera Tomás De la Hoz Granadillo Efraín Morelos Gómez José	Constituye una reflexión acerca de la productividad en los procesos organizacionales, fue elaborado a partir de la investigación de fuentes secundarias asociadas a artículos de revistas indexadas y los aportes realizados por los autores desde su experiencia académica y profesional.
D15	CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA	Otros	2018	PV3	Víctor Gisbert Soler Ana Isabel Pérez Molina Elena Pérez Bernabéu Mauro Calabuig Valor	Establecer una serie de pasos para lograr reducir los tiempos de preparación de máquina o cambios de utillaje durante el proceso de cambio de partida de manera excesiva.
D16	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA CALZADO LIWI	Repositorio Universidades	2018	PV1	Francisco Javier Lozada Orozco.	El proyecto de investigación trata sobre el estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de calzado tipo ortopédico en la empresa Calzado LIWI. Para esto se toma en cuenta los diferentes problemas de la empresa, entre ellos los cuellos de botella, tiempos muertos y movimientos innecesarios ya sea de maquinaria o de operarios en el área de producción de la empresa.

D17	PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN CON INYECTORA DE SUELAS EN BICOLOR PARA CALZADO	Repositorio Universidades	2018	PV1	Piscocama Bedía Evelyn Grace	El presente trabajo constituye un estudio de factibilidad para la ampliación de línea de producción con inyectora de suelas en bicolor para calzado de la empresa Súper Suelas de la ciudad de Guayaquil dirigido a los artesanos o almacenes distribuidores que importan suelas desde otras partes.
D18	Estudio de tiempos y movimientos de producción para Fratello Vegan Restaurant	Ciencia Matria	2019	PV1	Paulina Alejandra Mendoza Novillo Juan Carlos Erazo Álvarez Cecilia Ivonne Narváez Zurita	Simplificar los trabajos redundantes y planteamiento de métodos prácticos fundamentando en la optimización y estandarización de las operaciones.
D19	Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro	Scielo	2019	PV1	Gloria Miño Cascante Julio Moyano Alulema Carlos Santillán Mariño	Determinar el balanceo de línea y la correspondiente asignación de trabajo para los operarios de la empresa.
D20	Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado	Scielo	2019	PV3	Adrián M. Andrade César A. Del Río Daissy L. Alvear	Determinar las causas de la baja productividad en la empresa de calzado y estandarizar las tareas utilizando un diagrama de procesos y diagramas bimanuales.
D21	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN EL ÁREA DE CONFECCIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA IMPACTEX	Repositorio Universidades	2019	PV2	Luis Miguel Chasiluisa Unda	El trabajo se realizó en la corporación Impactex, cuya necesidad es estandarizar sus procesos productivos entre ellos la línea de confección de ropa interior para hombre, dentro de la cual se abordan diferentes problemáticas, de los cuales destacan cuellos de botella, movimientos innecesarios y largas distancias de transporte, al estandarizar los procesos se obtiene un mejor control del proceso.
D22	Análisis económico del cantón Cevallos del sector calzado de la provincia de Tungurahua del período 2017-2019	Repositorio Universidades	2019	PV1	Arevalo Ojeda Wiliam Israel	El presente estudio estuvo diseñado para determinar cómo la comercialización incide en los índices de crecimiento económicos durante el período 2017-2019, del sector calzado en el Cantón Cevallos.

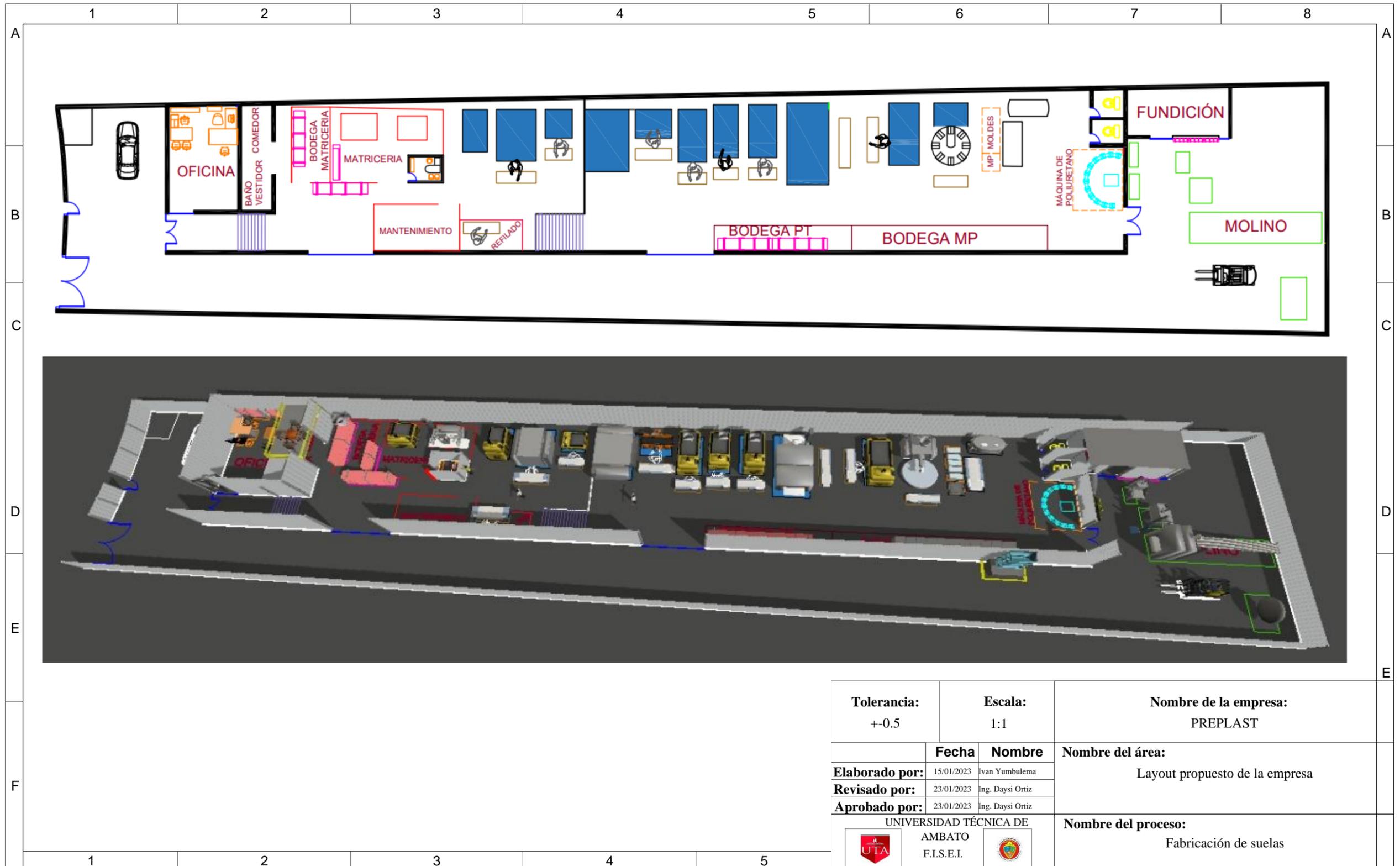
D23	Simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas en Colombia	Ciencia e Ingeniería	2020	PV1	Correa Sepúlveda, Angie Paola Castro, Julián Andrés Garcés Jiménez, Carolina Ceballos Yony Fernando	Para esta investigación se analizaron las principales variables asociadas a la elaboración de suelas termoplásticas, se identificó dónde estaban ubicados los cuellos de botella y se proponen un conjunto de escenarios de solución, los cuales permiten una reducción en los costos del proceso y en el tiempo de elaboración de productos.
D24	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS	Repositorios Universidades	2020	PV2	Sergio Enrique González Velásquez Daniela Patiño Botton	El presente estudio tiene como objetivo determinar la influencia que tiene una herramienta de ingeniería de métodos, como el estudio de tiempos y movimientos, en la productividad de una empresa de manufactura, a partir de la revisión sistemática de artículos científicos publicados desde el 2005 al 2019.
D25	Importancia de un estudio de tiempos y movimientos	Dialnet	2020	PV1	Cecilia Cuevas Arteaga Yoshi Ángel González Montenegro María del Carmen Torres Salazar María Guadalupe	Dar a conocer la importancia del estudio de tiempos y movimientos en cualquier centro de trabajo, en industrias, empresas, laboratorios de investigación, entre otros. Presentar estrategias que hagan más eficiente cualquier proceso o actividad que sean necesarios para la generación de un producto o resultados de la investigación.
D26	Errores en los procesos mediante la revisión de la filosofía Lean Six Sigma y su incidencia en la productividad y competitividad de las PyMEs de la provincia de El Oro	Otros	2020	PV3	Ana Carolina Atto Ramírez Rosa Mercedes Largo Quiroga José Kennedy Ollague Valarezo Decibel del Rocío Espinoza Carrión	La filosofía Six Sigma dentro de las industrias manufactureras es un enfoque que permite una mejora en la calidad y productividad enfocada en las PyMEs, es por ello que el objetivo de este estudio es analizar los errores en los procesos mediante la revisión de las fases del Six sigma para generar satisfacción al cliente, es importante que los empresarios o nuevos emprendedores conozcan acerca de la situación en que se encuentra su negocio para que determine las falencias dentro de su empresa y realice mejoras en las áreas que considere necesarias; por esta razón se considera oportuno plantear estrategias, como Lean Six Sigma que permite disminuir riesgos y desperdicios, ya que es importante en la toma de decisiones

D27	Industria Manufacturera Calzado y afines	Repositorio Universidades	2020	PV2	Sánchez, Ana María Vayas, Tatiana Fernando Mayorga Freire, Carolina	La presente investigación presenta una visión clara de las provincias ecuatorianas con mayores volúmenes de ventas de empresas dedicadas a la fabricación de calzado y afines del periodo 2015-2019
D28	ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO PARA EL DIAGNÓSTICO DE PRODUCTIVIDAD EN EL LABORATORIO ALPHA METROLOGÍA S.A.S	Repositorio Universidades	2020	PV3	Suárez López Andrés Felipe	Desarrollar un estudio de métodos y tiempos para el proceso de calibración en la magnitud de temperatura, humedad relativa, pesas, facturación e ingresos en la empresa Alpha Metrología S.A.S de modo que se pueda generar un diagnóstico inicial de productividad para estas áreas.
D29	Análisis Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la Empresa Plasticaucho Industrial S.A.	Repositorio Universidades	2020	PV1	Abril Flores, Luis Byron	Realizar un análisis Lean Six Sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. El proyecto tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, basado en la metodología DMAIC que cuenta con las etapas de definición, medición, análisis, mejora y control de Lean Six Sigma, se emplea un muestreo no probabilístico por conveniencia y se recopila datos del tiempo de ciclo de cambio de molde por medio de la técnica de cronometraje vuelta cero.
D30	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN INDUSTRIA TEXTIL EN HERMOSILLO, SONORA	Dialnet	2021	PV3	Dinora Meléndez Penélope Álvarez Monroy Guadalupe Vega	Estandarizar lo tiempos en una línea de camisetas y detectar el número adecuado de operarios que pueden realizar las operaciones a fin de ajustar los costos de operación y reducir el tiempo ocio.

					Jazmín Argelia Quiñonez Ibarra	
D31	“ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CALZADOS KRISTEL, 2018”	Repositorios Universidades	2021	PV1	Mendoza Meregildo Miguel Ángel	Aplicar el estudio de métodos y tiempos en el área de producción para incrementar la productividad de la empresa calzados Kristel, en el año 2018.
D32	Mejora de la productividad en la producción de calzado en la empresa “Facalsa” de la ciudad de Ambato, mediante la estandarización de tiempos	Ciencia Latina	2021	PV3	Ray David Gómez Coello	El estudio partió de la identificación de la existencia de tiempos muertos en los procesos de producción de calzado por ende una baja productividad, para lo cual es necesario realizar una mejora, por lo que se realizó un plan de mejora de la productividad para cada uno de los procesos de la línea de producción.
D33	ESTUDIO DE TIEMPOS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD	Revista de Investigación en Ciencias de la Administración	2021	PV3	Angie Mabel Muñoz Choque	El propósito del estudio fue plantear acciones para incrementar la productividad del sector de despacho en una fábrica de cemento boliviana, con base en el estudio de tiempos. Este estudio de alcance relacional tiene base en la interdependencia entre productividad (desempeño de operarios y eficiencia de máquinas) y tiempos de operación, condiciones de trabajo y mantenimiento
D34	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA TEXTIL CM ORIGINAL	Repositorio Universidades	2022	PV3	Alex Fabricio Muzo Bombón	La metodología para el estudio de tiempos y movimientos utilizada inicia con la selección del operario, seguido del cálculo del número de observaciones fundamentado en el criterio de General Electric, continuando con la valoración del ritmo de trabajo con el sistema Westinghouse y la asignación de suplementos de acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), para concluir con el cálculo de tiempo estándar.

D35	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA “SPLENDID SU LAVANDERÍA”	Repositorio Universidades	2022	PV1	Núñez Núñez Christian Andrés	Realizar un estudio de tiempos y movimientos en la empresa Splendid su Lavandería para el servicio de lavado de prendas con el fin de estandarizar y buscar mejoras que beneficien al proceso. Inicialmente
-----	---	---------------------------	------	-----	------------------------------	--

Anexo 8: Plano propuesto para la empresa PREPLAST



Tolerancia: +0.5	Escala: 1:1	Nombre de la empresa: PREPLAST
Elaborado por: 15/01/2023 Ivan Yumbulema	Fecha 15/01/2023	Nombre del área: Layout propuesto de la empresa
Revisado por: 23/01/2023 Ing. Daysi Ortiz	Nombre 23/01/2023 Ing. Daysi Ortiz	
Aprobado por: 23/01/2023 Ing. Daysi Ortiz		
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO F.I.S.E.I.		Nombre del proceso: Fabricación de suelas

Anexo 9: Tiempos para la preparación de la inyectora

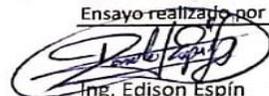
Operación	Nº.	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOP/uni	TOP/total	FD	TN	S	TS(SEG)	TS(MIN)
Montar los moldes en la máquina	1	Desajusta pernos del molde manualmente	46,07	44,5	45,12	43,04	45,35	44,57	45,38	47,08	45,17	46,48	46,33	45,79	44,12	44,25	43,95	45,15	270,88	1,00	270,88	11%	300,68	5,01
	2	Retirar moldes de la inyectora	11,42	12,64	12,5	11,65	13,24	12,54	11,86	12,7	12,45	10,63	12,05	11,93	13,01	12,56	11,94	12,21	73,25	1,00	73,25	14%	83,50	1,39
	3	Gira la base de la inyectora presionando un botón	6,14	6,18	5,93	6,72	6,05	6,2	6,34	5,95	6,17	6,13	5,78	6,16	6,52	6,24	6,12	6,18	30,88	1,00	30,88	11%	34,27	0,57
	4	Busca los moldes según el modelo y el número	9,17	9,56	10,12	9,82	9,15	9,34	9,23	9,72	9,43	9,56	8,75	9,43	9,21	8,34	9,84	9,38	56,27	1,00	56,27	14%	64,15	1,07
	5	Colocar los moldes en la inyectora	4,3	4,76	5,12	4,13	4,69	5,27	4,98	4,56	5,45	4,36	4,96	4,29	4,84	4,35	4,39	4,70	28,18	1,00	28,18	14%	32,13	0,54
	6	Ajusta pernos del molde manualmente	53,07	51,12	52,67	49,45	53,15	53,19	52,89	53,25	54,01	53,16	52,89	53,16	53,12	53,29	52,95	52,76	316,55	1,00	316,55	12%	354,53	5,91
	7	Verificar ajuste y si es necesario volver ajustar	4,56	4,12	3,89	4,56	3,92	4,15	4,3	4,28	4,71	3,76	4,76	3,98	4,82	4,13	5,14	4,34	26,03	1,00	26,03	12%	29,16	0,49
	8	Gira la base de la inyectora presionando un botón	5,72	5,56	6,12	5,21	6,32	5,43	5,87	5,24	5,05	5,5	5,81	5,57	6,02	5,63	5,23	5,62	28,09	1,00	28,09	11%	31,18	0,52
TOTAL			140,45	138,44	141,47	134,58	141,87	140,69	140,85	142,78	142,44	139,58	141,33	140,31	141,66	138,79	139,56	140,32	830,13	8,00	830,13	0,99	929,60	15,49

Operación	Nº.	Actividades	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOP	FD	TN	S	TS (SEG)	TS (MIN)
Calibrar inyectora	10	Temperatura	37,56	38,23	37,45	36,57	37,08	38,02	37,485	38,45	37,02	36,87	38,75	37,59	1,00	37,6	11%	41,724	0,70
	11	Purga del material	54,32	55,16	55,95	56,23	54,85	55,68	55,365	55,84	54,65	55,36	55,46	55,35	1,00	55,4	11%	61,44	1,02
	12	Volumen de alimentación	107,12	108,28	107,78	108,12	108,59	109,11	108,167	107,47	108,56	106,34	106,98	107,87	1,00	107,9	11%	119,73	2,00
	13	Presión de inyección	84,56	84,53	83,91	85,47	84,67	84,25	84,57	85,65	84,56	85,76	83,16	84,64	1,00	84,6	11%	93,955	1,57
TOTAL			283,56	286,20	285,09	286,39	285,19	287,06	285,58	287,41	284,79	284,33	284,35	285,45				316,85	5,28

Anexo 10: Suplementos para la preparación de la inyectora

MASCULINO	Suplementos							TOTAL
	Constantes		Variables					
	Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajo de pie	Uso de fuerza/energía muscular kg	Ruidos	Monotonía	Tedio	
Desajusta pernos del molde manualmente	5	4	2	0	0	0	0	11%
Retirar moldes de la inyectora	5	4	2	3	0	0	0	14%
Gira la base de la inyectora presionando un botón	5	4	2	0	0	0	0	11%
Busca los moldes según el modelo y el número	5	4	2	3	0	0	0	14%
Colocar los moldes en la inyectora	5	4	2	3	0	0	0	14%
Ajusta pernos del molde manualmente	5	4	2	0	0	1	0	12%
Verificar ajuste y si es necesario volver ajustar	5	4	2	1	0	0	0	12%
Gira la base de la inyectora presionando un botón	5	4	2	0	0	0	0	11%
Temperatura	5	4	2	0	0	0	0	11%
Purga del material	5	4	2	0	0	0	0	11%
Volumen de alimentación	5	4	2	0	0	0	0	11%
Presión de inyección	5	4	2	0	0	0	0	11%

Anexo 11: Informe de verificación de la cinta métrica

INFORME DE VERIFICACION						
NOMBRE:	Alexis Gualpa			EQUIPO:	Cinta Metrica	
DIRECCION:	Av. Los Chasquis y Cacique Alvarez			MARCA:	STANLEY	
TELEFONO:	0988673746			MODELO:	Clase A	
E-MAIL:	agualpa4659@uta.edu.ec			CODIGO:	CM01	
FECHA VERIFICACION:	2/11/2022			ESCALA USO:	0-30 m	
				RESOLUCION:	1 mm	
ENSAYO Y RESULTADOS						
TOLERANCIA:	±20				k	2
Criterio de asignación:	1				U _p	0.540000
Intervalo admisible:	20				U _i	0.270000
Unidad:	mm				k	1.32
Valor Patrón	2500	5000	7500	10000		
Lectura 1	2500	5000	7500	10000		
Lectura 2	2500	5000	7500	10000		
Lectura 3	2500	5000	7500	10000		
Numero de lecturas n	3					
MEDIA	2,500.000000	5,000.000000	7,500.000000	10,000.000000		
DESVIACION STAND	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
U _a	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
U _{ec}	0.270000	0.270000	0.270000	0.270000		
U _x	0.356400	0.356400	0.356400	0.356400		
U _{sa}	2,520.00000	5,020.00000	7,520.00000	10,020.00000		
U _s	2,500.35640	5,000.35640	7,500.35640	10,000.35640		
U _i	2,499.64360	4,999.64360	7,499.64360	9,999.64360		
U _{ia}	2,480.00000	4,980.00000	7,480.00000	9,980.00000		
PATRON UTILIZADO						
EQUIPO	CODIGO	# CERTIFICADO				
Regla patrón	3028M1	LLF-2022-0504				
CRITERIO ACEPTACION:	APROBADO					
OBSERVACIONES:	Ensayo realizado por comparación					
Realizado por:	 Ing. Edison Espín					

U_{sa} _____

U_s _____

U_i _____

U_{ia} _____

$U_s \leq U_{sa}$

$U_i \geq U_{ia}$

Anexo 12: Instrumentos utilizados en la medición de tiempo y distancias.

