

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Reducción del tiempo en cambio de molde y cuchillas en una línea  
extrusora de alimentos balanceados”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Industrial**

Presentado por:

Katherine Cecilia Alarcón Segarra

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2022

## **DEDICATORIA**

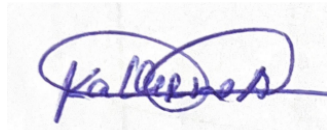
El presente proyecto lo dedico a mis padres y familia el cual han sido un apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria y a Dios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a todos los que estuvieron apoyándome en este camino para la culminación de mi proyecto.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Katherine Cecilia Alarcón Segarra* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Katherine', is centered on a light-colored rectangular background.

Katherine Cecilia Alarcón Segarra

## **EVALUADORES**

**María Denise Rodríguez, PhD.**

PROFESOR DE LA MATERIA

**María Isabel Alcívar, MSc.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Una empresa que produce balanceado de camarón ha evidenciado elevados tiempos en la actividad de cambio de moldes y cuchilla, El tiempo promedio estándar debe ser 0.84 horas por evento y el valor promedio actual es de 1.41 horas para los últimos seis meses. Por tanto, se propuso reducir un 40% el tiempo promedio del cambio de molde y cuchillas en esta actividad.

Con la utilización de las metodologías DMAIC Y SMED se determinaron las necesidades principales del cliente, y se determinaron cuáles eran las causas raíces que impedían a los operadores realizar la actividad de cambio de molde de una manera más rápida.

Se propusieron 6 soluciones, cuya implementación permitió reducir en un 44,6% el tiempo promedio de cambio, y se implementó un plan de control para mantener estos resultados.

En conclusión, se estandarizaron las actividades y tiempos para la ejecución del cambio de molde y cuchillas en la línea extrusora. Estas mejoras permitieron la reducción de un 44,6% en el tiempo promedio de cambio de molde y cuchillas.

**Palabras Clave:** DMAIC, SMED, línea extrusora, alimento balanceado, mejora continua

## **ABSTRACT**

*A shrimp feed producing company has evidenced high times in the mold and blade change activity. The standard average time should be 0.84 hours per event and the current average value is 1.41 hours for the last six months. Therefore, it was proposed to reduce by 40% the average change time of molds and blades in this activity.*

*By using the DMAIC and SMED methodologies, the main customer needs were determined, and the root causes that prevented operators from changing the mold more quickly were determined as well.*

*Six solutions were proposed, whose implementation allowed reducing the average change time by 44.6%; a control plan was implemented to maintain these results.*

*In conclusion, the activities and times for changing the mold and blades on the extrusion line were standardized. These improvements allowed a 44.6% reduction in the average mold and blade change time.*

*Keywords: DMAIC, SMED, extrusion line, continuous improvement*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema.....	1
1.2    Justificación del problema .....	1
1.3    Objetivos .....	1
1.3.1    Objetivo General.....	1
1.3.2    Objetivos Específicos .....	1
1.4    Marco teórico.....	2
1.4.1    Metodología DMAIC .....	2
1.4.2    Voz del Cliente.....	3
1.4.3    Diagrama de Pareto.....	4
1.4.4    SIPOC.....	4
1.4.5    Diagrama de Ishikawa .....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2.    Metodología .....	6
2.1    Definición.....	6
2.1.1    Situación actual .....	6
2.1.2    Voz del Cliente.....	7



2.1.3	Variable respuesta.....	8
2.2	Medición .....	9
2.2.1	Mapeo del proceso .....	9
2.2.2	Plan de recolección de datos.....	12
2.2.3	Análisis del proceso.....	17
2.2.4	Estratificación y problema enfocado.....	18
2.3	Análisis .....	19
2.3.1	Lluvia de ideas.....	19
2.3.2	Matriz Causa-Efecto .....	21
2.3.3	Plan de verificación de causas .....	22
2.3.4	Análisis de los 5 por qué.....	26
2.4	Mejora .....	27
2.5	Implementación .....	29
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	33
	CAPÍTULO 4.....	36
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	36
4.1	Conclusiones.....	36
4.2	Recomendaciones.....	36

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SMED	Single Minute Exchange of die
VOC	Voice of Customer
OTIDA	Operaciones, Transporte, Inspección, Demora y Almacenamiento
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers
CTQ	Critical to Quality
SOP	Standard Operating Procedure

## **SIMBOLOGÍA**

H	Horas
Tn	Toneladas

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de Pareto de Motivos.....	6
Figura 2.2 Diagrama de Pareto horas por evento .....	7
Figura 2.3 Voz del Cliente .....	7
Figura 2.4 Tendencia de tiempos en cambio de molde y cuchillas .....	8
Figura 2.5 Problema Planteado.....	9
Figura 2.6 Simbolización OTIDA.....	10
Figura 2.7 Mapeo de procesos.....	11
Figura 2.8 Plan de Verificación.....	13
Figura 2.9 Prueba normalidad de datos .....	17
Figura 2.10 Control X-R.....	18
Figura 2.11 Análisis de capacidad.....	18
Figura 2.12 Horas perdidas por turnos.....	19
Figura 2.13 Lluvia de ideas .....	20
Figura 2.14 Diagrama de Ishikawa. Elevado tiempo en cambios de molde y cuchillas	20
Figura 2.15 Matriz impacto – Esfuerzo.....	22
Figura 2.16 Plan de Verificación.....	23
Figura 2.17 Calibración de cuchillas.....	23
Figura 2.18 Pie Chart de actividades .....	24
Figura 2.19 Limpieza del tubo densificador.....	24
Figura 2.20 Herramientas difíciles de encontrar.....	25
Figura 2.21 Análisis 5 Por qué .....	26
Figura 2.22 Análisis de Esfuerzo.....	27
Figura 2.23 Análisis de Impacto .....	28
Figura 2.24 Matriz Impacto-Esfuerzo .....	28
Figura 2.25 Plan de implementación .....	29
Figura 2.26 Base de molde instalada .....	30
Figura 2.27 Procedimiento operativo estándar del cambio de molde y cuchillas.....	30
Figura 2.28 Tubería paralela del tubo densificador .....	31
Figura 2.29 Mesa de trabajo.....	31
Figura 2.30 Armario de herramientas.....	32
Figura 2.31 Formato control de inventario.....	32

Figura 3.1 Tendencia del tiempo en cambio de molde y cuchillas ..... 33

Figura 3.2 Análisis de capacidad y cartas de control ..... 34

Figura 3.3 Pilar económico..... 34

Figura 3.4 Pilar ambiental..... 35

Figura 3.5 Pilar Social ..... 35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Critical To Quality Tree .....	8
Tabla 2.2 Resultados de datos de Enero- Junio 2022 .....	8
Tabla 2.3 Actividades AV, NAV, NAVN .....	11
Tabla 2.4 Actividades categorizadas .....	12
Tabla 2.5 Resultados del tamaño muestral .....	13
Tabla 2.6 Ponderación de causas .....	21
Tabla 2.7 Causas Raíces .....	27
Tabla 3.1 Promedio de tiempos en cambio de molde y cuchillas.....	33

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector acuícola en el Ecuador es uno de los sectores que se encuentra en constante crecimiento, lo cual las empresas dedicadas a la producción de alimento balanceado para camarón buscan excelencia operacional en sus procesos para ser líderes en su sector. Es por ello que el presente proyecto se realizó en una planta manufacturera de alimentos extruidos para balanceados de camarón, en dónde una de sus líneas de extrusión cuenta con oportunidades de mejora que permitirá una expansión en el negocio.

### 1.1 Descripción del problema

La empresa de balanceado se dedica a elaborar alimento extruido para su distribución y venta. La planta dispone de 9 extrusores donde se usa diferentes tamaños de moldes, de 1.6 o 1.9 mm de diámetro, lo que implica cambiar moldes y cuchillas para la elaboración de sus diferentes productos y variedades.

### 1.2 Justificación del problema

Los cambios de molde y cuchillas realizados por operadores de extrusión presentan alta variaciones de tiempo en cada evento. Mediante la aplicación de metodología DMAIC y técnica SMED se analizará las causas y se estandarizará actividades para que se lleve a cabo el cambio de molde y cuchillas.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Reducir el tiempo de cambio de molde y cuchillas en la extrusora 9 en un 40% del tiempo real por evento, utilizando la metodología DMAIC.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Incrementar disponibilidad en el extrusor 9.
2. Estandarizar actividades y tiempos en cambio de moldes y cuchillas en extrusor 9.
3. Identificar actividades que no agregan valor en el cambio de molde y cuchillas.

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1 Metodología DMAIC

DMAIC es una herramienta metodológica enfocada principalmente en la resolución de problemas, así también es ampliamente utilizada en diferentes proyectos de mejora de procesos o calidad. La implementación de DMAIC se basa en la aplicación de diferentes etapas bien definidas y estructuradas, generalmente está asociada con la filosofía de trabajo conocida como Six Sigma, la cual está enfocada en mejorar y solucionar problemas complejos a través de la utilización de herramientas de control estadística y manejo eficiente de datos. De esta manera se reduce la variabilidad en los procesos logrando alcanzar un nivel igual o inferior a 3.4 defectos por millón de elementos producidos. No obstante los principios de mejora continua de DMAIC no condicionan la implementación de alguna de sus etapas de manera estandarizada, sino más bien permite contextualizar las herramientas empleadas para cada uno de los proyectos. (Montgomery, 2009)

De manera general se recomienda la implementación de DMAIC para problemáticas complejas que conlleven altos riesgos financieros o productivos y que aparentemente no presentan una solución factible.

La terminología DMAIC proviene de las siglas iniciales en inglés de las 5 fases definidas (Define, Measure, Analyze, Improve y Control), los cuales se aplican paso a paso en la implementación de un proyecto. Las cinco etapas son las siguientes:

En la primera fase se **Define** se realiza una declaración de la problemática que se abordará y se conceptualizan los requerimientos o expectativas del cliente, así también la naturaleza de los procesos involucrados. Así mismo se sugiere establecer el alcance y delimitación de los procesos que se buscan mejorar. Una vez creado el proyecto se establecen los objetivos y el equipo de trabajo más adecuado, en ciertos casos se asignan roles a cada participante.

Durante la etapa de **Medición** se busca detallar el proceso de manera precisa para ello se establece un procedimiento fiable de recolección de datos y de esta manera evaluar el impacto de la problemática. La información recopilada se empleará para identificar las características claves del producto o servicio, es decir la variable de salida y los parámetros involucrados en el proceso (variables de entrada). El sistema de medición del proceso dependerá de la naturaleza y disponibilidad de datos.



En la fase de **Analizar** los integrantes del equipo emplean los datos recolectados de diferentes fuentes con el propósito de establecer relaciones entre el rendimiento de los procesos analizados y las variables de entrada, es decir se identifica el impacto de cada variable al proceso. De esta manera se pueden analizar los determinantes que han detonado la problemática, así mismo durante esta etapa se pueden establecer hipótesis entre las diferentes variables.

La fase de **Mejora** el equipo de trabajo verifica los resultados obtenidos en la etapa anterior mediante el diseño, prototipado y aplicación de propuestas o planes de acción que ataquen directamente a las causas raíz y maximicen las expectativas del cliente. Generalmente se emplea un análisis de modo de fallas y efectos para anticipar posibles problemas. Uno de los principales criterios empleados es la regla 80/20 y de esta manera los resultados serán significativos a corto plazo.

Durante la fase de **Control** se diseñan procedimientos de control que evalúen a largo plazo el desempeño de las mejoras implementadas. El plan propuesto supervisa y evalúa continuamente los impactos de los cambios realizados en los procesos. Se recomienda emplear procesos de capacitación y concienciación para la formación de una cultura de mejora continua. (Shankar, 2009)

#### **1.4.2 Voz del Cliente**

En la actualidad una de las características con mayor valor agregado según la perspectiva de los consumidores es sin duda, la inmediatez, los sistemas productivos han enfocado su producción hacia la rápida respuesta de los requerimientos de los clientes. El VOC por sus siglas en inglés (Voice of Customer) es una de las principales herramientas de investigación de mercado que consiste en recopilar mediante un feedback las experiencias, opiniones y expectativas con respecto al producto o servicio ofrecido por una marca específica. Sus principales fortalezas son: bajo costo de implementación y alta frecuencia de aplicación, de esta manera se documenta información precisa y oportuna para tomar decisiones sobre productos vigentes o nuevos. (Denove & Power, 2006)

Se pueden emplear diferentes canales de recopilación de información tales como entrevistas, encuestas, indicadores de satisfacción, etc. Estas herramientas son adaptables al entorno productivo de las organizaciones y se emplean para personalizar los productos, servicios o procesos evitando los puntos de dolor percibidos por el cliente.

### 1.4.3 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica de segmentación de datos mediante barras, las cuales se ordenan según el conteo de frecuencia de una variable nominal del más alto al más bajo, mientras que en el eje X se ordenan las variables categóricas. El gráfico de barras presenta una escala secundaria que muestra el porcentaje acumulado de los valores. Se aplica principalmente para localizar las principales causas de un problema, las causas secundarias o subyacentes presentarán un porcentaje de impacto menor a las causas principales debido a la aplicación de la regla 80/20. (Garro , 2017)

### 1.4.4 SIPOC

Un diagrama SIPOC es una herramienta visual que tabula el funcionamiento de un proceso o grupo de procesos se emplea principalmente en proyectos de Gestión de Calidad Total y Six Sigma, su nombre proviene del acrónimo: Suppliers, Inputs, Process, Output y Customers. La dirección del proceso se puede realizar de izquierda a derecha o viceversa. Los principales elementos del SIPOC son:

**Proveedores:** Son la fuente principal de entradas dentro del proceso. Se considera proveedor a todo agente externo a la organización que provee un determinado recurso (insumo, materiales o información) o servicio siendo su impacto considerable dentro del proceso.

**Entradas:** Se considera entrada a todo material físico o información necesaria para gestionar el proceso.

**Proceso:** Conjunto de actividades o pasos que componen el proceso global, así mismo transforman las entradas en salidas agregándoles un valor añadido.

**Salidas:** Son el resultado final del proceso, pueden ser productos, acciones realizadas, información obtenida o servicios prestados y deben satisfacer los requerimientos de los clientes.

**Consumidores:** Los clientes o consumidores pueden ser internos o externos, es el actor principal y los diferentes procesos están orientados a satisfacer las necesidades de este. (Brown , 2019)

### 1.4.5 Diagrama de Ishikawa

Fue desarrollado en 1943 por el Dr. Kauro Ishikawa, considerado como uno de los padres de la calidad. Se lo conoce también como Diagrama de Causa y Efecto o Espina de Pescado, en la actualidad es una de las herramientas de calidad más eficientes debido a su versatilidad y sencillez. El diagrama de Ishikawa se lo emplea para identificar las causas raíz de un problema desde una perspectiva global dimensionando la problemática en seis categorías: Método, Maquinaria, Mano de Obra, Materiales, Medición y Medio Ambiente. (López, 2016)

**Método:** Conjunto de actividades o acciones que se realizan para ejecutar el proceso analizado.

**Máquina:** Analiza el funcionamiento o condición técnica del equipo o maquinaria empleada durante el proceso.

**Mano de obra:** Implica el conjunto de personas involucradas dentro del proceso.

**Materiales:** Puede ser cualquier instrumento o materia prima utilizada en el proceso o cualquier otro material fundamental.

**Medición:** Conjunto de procedimientos que se llevan a cabo para evaluar o controlar el proceso.

**Medio Ambiente:** También se considera el contexto medioambiental que puede favorecer el surgimiento de problemas tales como contaminación de fuentes hídricas, calor y emisión de gases de efecto invernadero.

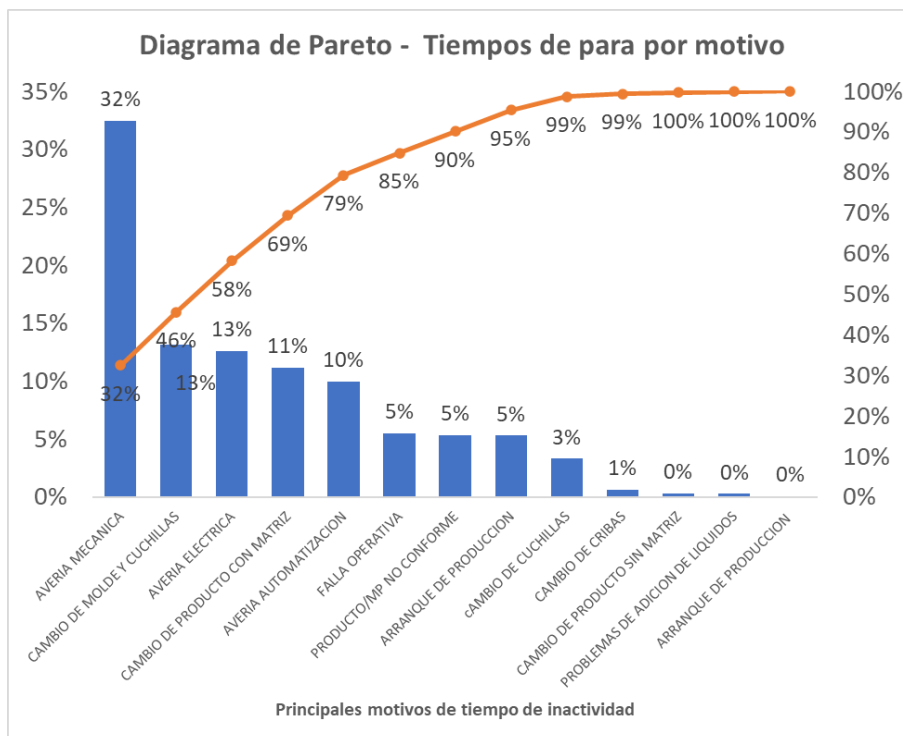
# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Definición

#### 2.1.1 Situación actual

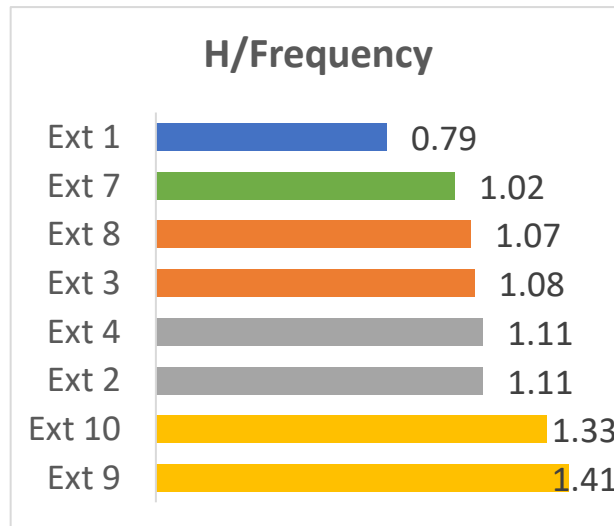
La empresa ha mostrado un número elevado de horas por tiempo de inactividad en su proceso, con datos obtenidos del mes de Enero a Junio del presente año se realizó un Diagrama de Pareto como se puede observar en la figura 2.1 donde se puede conocer que entre los principales contribuyentes se tiene averías y cambio de cuchillas y molde. La compañía decidió enfocarse en el cambio de cuchillas y molde en extrusor como una potencial estandarización.



**Figura 2.1 Diagrama de Pareto de Motivos**

Fuente: Elaboración propia

Si se hace una división entre todos los extrusores considerando el tiempo de cambio promedio por evento, tenemos como resultado que el extrusor 9 es el más alto entre todos ellos como lo podemos ver en la figura 2.2.



**Figura 2.2 Diagrama de Pareto horas por evento**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.2 Voz del Cliente

Es importante saber cuáles son las necesidades del cliente. Por medio de entrevistas y lluvia de ideas se pudo conocer cuáles son las principales ideas que apoyan nuestro proyecto. En la figura 2.3 se puede observar los resultados que se obtuvieron.



**Figura 2.3 Voz del Cliente**  
Fuente: Elaboración propia

Luego de haber obtenido las necesidades del cliente, se usó el árbol de variables críticas para la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) para traducir nuestras necesidades en métricas como se puede observar en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Critical To Quality Tree (CTQ)**

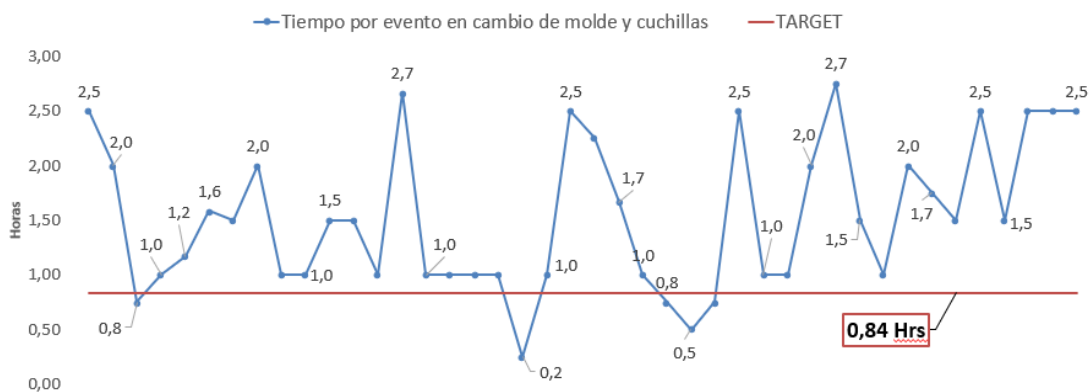
Fuente: Elaboración propia

Necesidades	Drivers	CTQ	Objetivo
Reducir tiempo en cambio de molde y cuchillas	Tiempo de actividades	Tiempo para el cambio de molde y cuchillos (Hrs)	<1.41hrs
	Condiciones de seguridad	% de tarjetas de seguridad levantadas	>85%
	Desperdicio durante actividades	Tn de desperdicio durante las actividades	<0.2Ton
	Cumplimiento del estándar	% Cumplimiento del estándar	>95%

### 2.1.3 Variable respuesta

Se definió como variable respuesta el **tiempo de cambio de molde y cuchillas**, que se obtuvo como la suma del tiempo de desmontaje, tiempo de montaje, limpieza, calibración y arranque.

En la figura 2.4 se puede observar que, para el primer semestre existe gran variación en los tiempos de cambio de molde y cuchillas (ver tabla 2.2).



**Figura 2.4 Tendencia de tiempos en cambio de molde y cuchillas**

Fuente: Elaboración propia

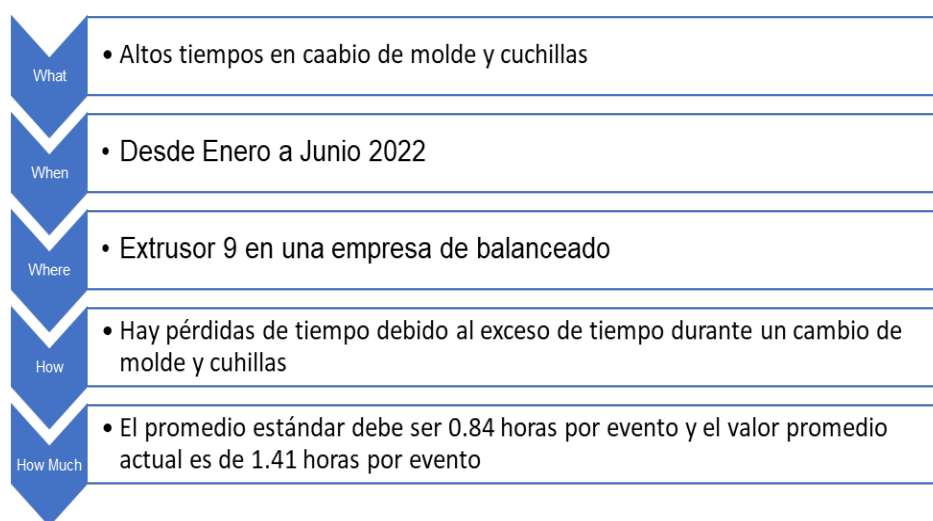
**Tabla 2.2 Resultados de datos de Enero- Junio 2022**

Fuente: Elaboración propia

Promedio	1,41 [Hr] por evento
----------	----------------------

Desviación estándar	0,65 [Hr] - <b>46% Variación</b>
Mínimo	0,25 [Hr]
Máximo	2,75 [Hr]

Con estos resultados se puede aplicar la herramienta 3W+2h para conocer la declaración del problema mostrada en la figura 2.5 a continuación:



**Figura 2.5 Problema Planteado**

Fuente: Elaboración propia

Como resultado el planteamiento del problema es *"En una fábrica de balanceado, en la extrusora 9, se ha evidenciado altos tiempos en el cambio de molde y cuchillas desde enero hasta junio de 2022. El promedio estándar debe ser 0.84 horas por evento y el valor promedio actual es de 1.41 horas"*.






## 2.2 Medición

### 2.2.1 Mapeo del proceso

Para el mapeo del proceso se empezó por realizar un detalle de las actividades que hoy en día se realizan en un cambio de molde y cuchilla. Es importante poder identificar las actividades durante el proceso que agregan valor (AV), las que no agregan valor (NAV) y las que no agregan valor, pero son necesarias (NAVN). Esto permitió

segregar aquellas actividades que son fundamentales y otras que pueden mejorarse o en su defecto eliminar.

Para complementar esta identificación de las actividades que agregan valor, se considera también utilizar un diagrama OTIDA. Esta herramienta permitió dar un detalle más esquemático del proceso y tener un panorama más holístico del cambio de molde y cuchillas. Para ello se categorizó el listado de actividades en base según la siguiente figura 2.6:

Simbología	Descripción
	Operación
	Transporte
	Inspección
	Demora
	Almacenamiento

**Figura 2.6 Simbolización OTIDA**

Fuente: Elaboración propia

Se logró realizar el siguiente mapeo de procesos del cambio de molde y cuchillas de la siguiente manera (figura 2.7):



Item	Activity	Time	Category	AV/NAV/N AVN	○	➔	▭	◐	▽
1	Apagar equipo	0:05:40	Desmontaje	AV	O				
2	Colocar Equipo de Protección Personal	0:01:04	Desmontaje	NAV	O				
3	Preparar herramientas	0:02:27	Desmontaje	NAV				D	
4	Retirar soporte rodante de motor de cuchillas	0:03:02	Desmontaje	AV	O				
5	Apertura y limpieza de tapa del dado	0:01:33	Limpieza	AV	O				
6	Desmontar porta cuchillas	0:01:43	Desmontaje	AV	O				
7	Retirar pernos internos	0:05:40	Desmontaje	AV	O				
8	Remover producto de pernos del dado	0:01:04	Limpieza	NAV				D	
9	Desmontar eje de porta cuchillas	0:01:57	Desmontaje	AV	O				
10	Desmontar molde	0:05:53	Desmontaje	AV	O				
11	Traer moldes limpios	0:02:12	Montaje	NAV		T			
12	Inspección de moldes (verificar causa de taponamiento)	0:01:16	Inspección	NAV			I		
13	Retirar producto del cañón	0:02:52	Limpieza	AV	O				
14	Lubricar orificios de los pernos	0:01:00	Montaje	NAV	O				
15	Armado de molde	0:08:44	Montaje	AV	O				
16	Cambio de cuchillas	0:14:51	Montaje	AV	O				
17	Colocar porta cuchillas	0:01:52	Montaje	AV	O				
18	Calibrar cuchillas	0:03:27	Calibración	NAV			I		
19	Montaje de soporte rodante de porta cuchillas	0:04:41	Montaje	AV	O				
20	Limpieza de densificador	0:14:19	Limpieza	NAV	O				
21	Limpieza del área	0:02:44	Limpieza	NAV	O				
22	Traslado a nivel 6	0:02:48	Inspección	NAV		T			
23	Revisión de malla del stolz	0:04:46	Inspección	NAV			I		
24	Arranque	0:19:42	Arranque	AV	O				

**Figura 2.7 Mapeo de procesos**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.3 Actividades AV, NAV, NAVN**

Fuente: Elaboración propia

AV	13	54%
NAV	7	29%
NAVN	4	17%
TOTAL	24	100%

**Tabla 2.4 Actividades categorizadas**

Fuente: Elaboración propia

O	17	70,8%
T	2	8,3%
I	3	12,5%
D	2	8,3%
A	0	0,0%

De acuerdo a las tablas 2.4 y 2.5, una vez realizado el mapeo de procesos, se pudo definir:

- El **29%** de las actividades son actividades que NAV.
- La suma de las actividades categorizadas como transporte, inspección y demora tienen como resultado un **29,1%**.

### 2.2.2 Plan de recolección de datos

Para el plan de recolección de datos se tomó en consideración los CTQs como punto de partida.

Con la variable de respuesta, **tiempo de cambio de molde y cuchillas**, se obtuvieron las siguientes variables que contribuyen directamente:

- X1: Tiempo de desmontaje
- X2: Tiempo de montaje
- X3: Tiempo de calibración
- X4: Tiempo de arranque
- X5: Tiempo de inspección
- X6: Tiempo de limpieza

No obstante, no se dejó a un lado las variables que asociadas al “Triple Bottom Line” que tienen un enfoque en temas de seguridad y medio ambiente:

- X7: Tarjetas verdes de seguridad
- X8: Desperdicio de materiales
- X9: Cumplimiento de estándar

Se levantó el plan de recolección de datos en conjunto a un equipo multidisciplinario de la planta (figura 2.8):

VARIABLES	Qué?	Unidad	Tipo Data	Data Source	Muestreo	Cuándo?	Cómo?	Dónde	Quién?	Uso de Data	Verificación	Status
X1	Tiempo de desmontaje	Hora	Continuo	Registros digitales del servidor online - Gemba	Durante el cambio de formato en Gemba	nov-22	Filmación en el Gemba	Extrusor #9	Líder de Proyecto - Operadores	Calcular el tiempo total de cambio de molde y cuchillas	Diferencia de medias con estadísticos T-test + Gemba Data & Data histórica	Completo
X2	Tiempo de Montaje	Hora	Continuo	Registros digitales del servidor online - Gemba	Durante el cambio de formato en Gemba	nov-22	Filmación en el Gemba					Completo
X3	Tiempo de Calibración	Hora	Continuo	Registros digitales del servidor online - Gemba	Durante el cambio de formato en Gemba	nov-22	Filmación en el Gemba					Completo
X4	Tiempo de Arranque	Hora	Continuo	Registros digitales del servidor online - Gemba	Durante el cambio de formato en Gemba	nov-22	Filmación en el Gemba					Completo
X5	Tiempo de Inspección	Hora	Continuo	Registros digitales del servidor online - Gemba	Durante el cambio de formato en Gemba	nov-22	Filmación en el Gemba					Completo
X6	Tiempo de Limpieza	Hora	Continuo	Registros digitales del servidor online - Gemba	Durante el cambio de formato en Gemba	nov-22	Filmación en el Gemba					Completo
X7	Tarjetas verdes de seguridad	#	Entero	App de Seguridad	Reporte mensual	dic-22	Extracción de información en App de Seguridad		Comprender el nivel de seguridad en el área	Inspecciones en el piso y número de tarjetas de seguridad	Pendiente	
X8	Desperdicio	Ton	Continuo	Registros de desperdicio en Excel	Durante el cambio de formato en Gemba	dic-22	Extracción de información en registros de desperdicio		Medir el desperdicio generado en un cambio	Inspecciones en el piso y registros de desperdicio	Pendiente	
X9	Cumplimiento de estándar	%	Continuo	Powerapp	Reporte mensual	dic-22	Auditorías planeadas		Seguimiento de las variaciones de tiempos por cambio	Tiempo con comentarios de registros y entrevistas con operadores	Pendiente	

**Figura 2.8 Plan de Verificación**

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de validar que la información recolectada sea confiable se realizaron varias comparaciones usando pruebas estadísticas. Para ello se definió el tamaño muestral para tener data suficiente para las respectivas verificaciones.

$$N = Z_{\alpha}^2 \frac{s^2}{\delta^2} \quad (1)$$

Usando la fórmula de tamaño muestral, teniendo ya un conjunto de información recopilado con anterioridad se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 2.5 Resultados del tamaño muestral**

Fuente: Elaboración propia

Tamaño de muestra inicial	55
% Error	20%
Nivel de Confianza	95%
<b>N</b>	<b>19</b>

Se tomaron las 19 muestras adicionales y se analizaron todas las variables Xi del Plan de Recolección de Datos. Para cada caso se usó el estadístico de prueba, Valor P y pruebas de diferencias de medidas con t-Student, para concluir en base a la información suministrada por el programa Minitab.

### **X1: Tiempo de Desmontaje**

$H_0 : U1-U2=0$ .

$H1: U1-U2 \neq 0$

U1: Historical Data Mean

U2: Gemba Data Mean

Two-sample T for Desmontaje vs Desmontaje R

	N	Mean	StDev	SE Mean
Desmontaje	55	0,336	0,153	0,021
Desmontaje R	19	0,298	0,127	0,029

Difference = mu (Desmontaje) - mu (Desmontaje R)  
 Estimate for difference: 0,037748  
 95% CI for difference: (-0,034503; 0,109998)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,06 P-Value = 0,297 DF = 37

*Con  $p > 0,05$ , no existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes. Se puede decir que la data tomada del Gemba y la data histórica son iguales y **por ende confiables**.*

### **X2: Tiempo de Montaje**

$H_0 : U1-U2=0$ .

$H1: U1-U2 \neq 0$

U1: Historical Data Mean

U2: Gemba Data Mean

Two-sample T for Montaje vs Montaje R

	N	Mean	StDev	SE Mean
Montaje	55	0,407	0,187	0,025
Montaje R	19	0,325	0,116	0,027

Difference = mu (Montaje) - mu (Montaje R)  
 Estimate for difference: 0,081108  
 95% CI for difference: (0,007639; 0,154576)  
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,22 P-Value = 0,031 DF = 51

*Con  $p < 0,05$ , la hipótesis nula se rechaza. Existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes. Se puede decir que la data tomada del Gemba y la data histórica **NO** son iguales y **por ende NO confiables**.*

### **X3: Tiempo de Calibración**

$H_0 : U1-U2=0.$

$H_1: U1-U2 \neq 0$

U1: Historical Data Mean

U2: Gemba Data Mean

Two-sample T for Cal vs Cal R

	N	Mean	StDev	SE Mean
Cal	55	0,0407	0,0187	0,0025
Cal R	19	0,0456	0,0220	0,0051

Difference =  $\mu$  (Cal) -  $\mu$  (Cal R)

Estimate for difference: -0,004842

95% CI for difference: (-0,016431; 0,006746)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,86 P-Value = 0,399 DF = 27

*Con  $p > 0,05$ , la hipótesis nula no puede ser rechazada. No existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes. Finalmente podemos decir que la data tomada del Gemba y la data histórica son iguales y **por ende confiables**.*

### **X4: Tiempo de Arranque**

$H_0 : U1-U2=0.$

$H_1: U1-U2 \neq 0$

U1: Historical Data Mean

U2: Gemba Data Mean

Two-sample T for Arr vs Arr R

	N	Mean	StDev	SE Mean
Arr	55	0,241	0,111	0,015
Arr R	19	0,245	0,111	0,025

Difference =  $\mu$  (Arr) -  $\mu$  (Arr R)

Estimate for difference: -0,004348

95% CI for difference: (-0,064599; 0,055902)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,15 P-Value = 0,884 DF = 31

*Con  $p > 0,05$ , la hipótesis nula no puede ser rechazada. No existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes. Finalmente podemos decir que la data tomada del Gemba y la data histórica son iguales y **por ende confiables**.*

### **X5: Tiempo de Inspección**

$H_0 : U1-U2=0.$

$H1: U1-U2\neq 0$

U1: Historical Data Mean

U2: Gemba Data Mean

Two-sample T for Insp vs Insp R

	N	Mean	StDev	SE Mean
Insp	55	0,1082	0,0477	0,0064
Insp R	19	0,0977	0,0419	0,0096

Difference = mu (Insp) - mu (Insp R)

Estimate for difference: 0,010456

95% CI for difference: (-0,013042; 0,033955)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0,90 P-Value = 0,373 DF = 35

*Con  $p > 0,05$ , la hipótesis nula no puede ser rechazada. No existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes. Finalmente podemos decir que la data tomada del Gemba y la data histórica son iguales y **por ende confiables**.*

### **X6: Tiempo de Limpieza**

$H_0 : U1-U2=0.$

$H1: U1-U2\neq 0$

U1: Historical Data Mean

U2: Gemba Data Mean

Two-sample T for Limpieza vs Limpieza R

	N	Mean	StDev	SE Mean
Limpieza	55	0,277	0,126	0,017
Limpieza R	19	0,239	0,141	0,032

Difference = mu (Limpieza) - mu (Limpieza R)

Estimate for difference: 0,037636

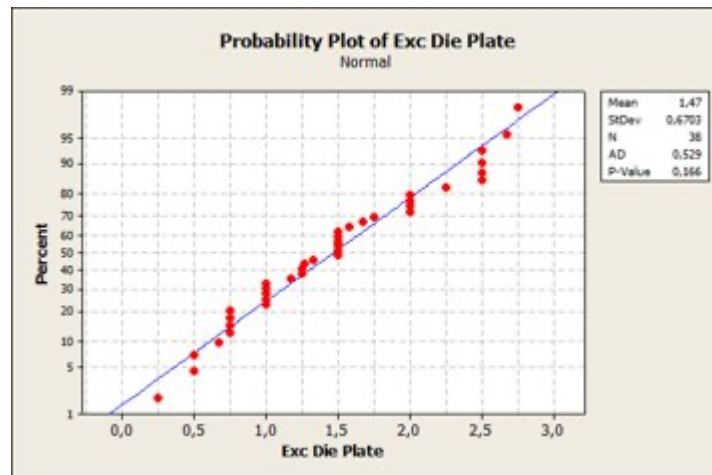
95% CI for difference: (-0,037237; 0,112509)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,03 P-Value = 0,312 DF = 28

*Con  $p > 0,05$ , la hipótesis nula no puede ser rechazada. No existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son diferentes. Finalmente podemos decir que la data tomada del Gemba y la data histórica son iguales y **por ende confiables**.*

### 2.2.3 Análisis del proceso

Para el análisis de capacidad de procesos se realizó primero un análisis de test de normalidad para garantizar que los estadísticos de prueba que obtendremos sean representativos y se posible concluir.



**Figura 2.9 Prueba normalidad de datos**

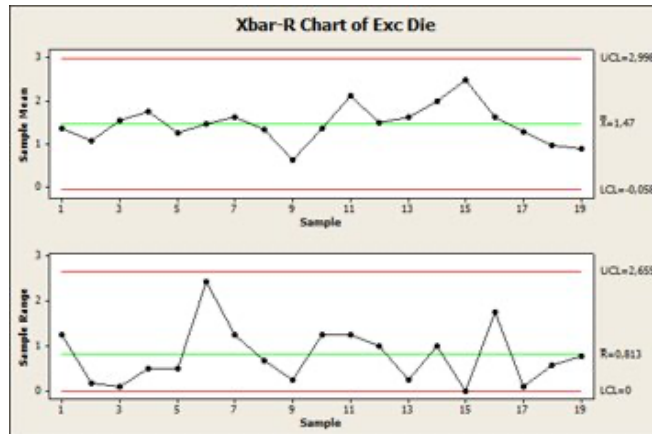
Fuente: Elaboración propia

*Ho : The data is normally distributed.*

*H1: The data is not normally distributed.*

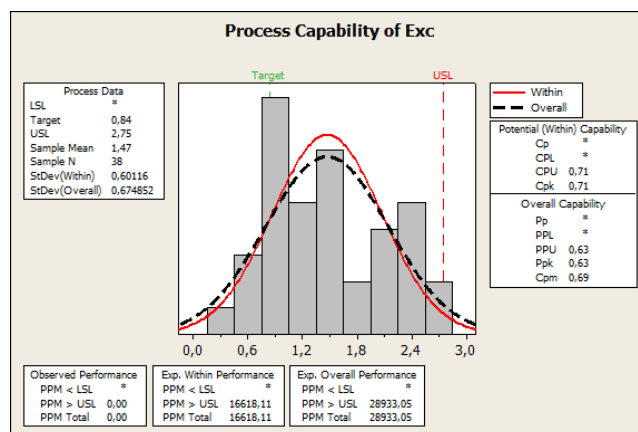
Con  $p > 0,05$ , la hipótesis nula no puede ser rechazada, por lo tanto, **los datos siguen una distribución normal.**

Una vez concluido que los datos siguen una distribución normal, se continuó con el resto del análisis, realizando un gráfico de control de X-R para apreciar que el proceso se puede ver controlado sin causas específicas, pero con oportunidades de mejora.



**Figura 2.10 Control X-R**  
Fuente: Elaboración propia

Se realizó en Minitab el análisis de capacidad para evidenciar que los datos sobrepasan el límite de estratificación. Adicionalmente, el CPK es de 0,71, lo cual rechaza la hipótesis indicando que el proceso no es capaz.

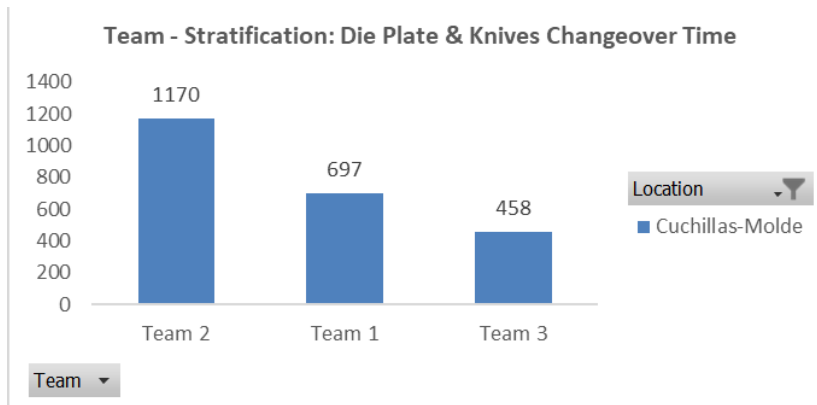


**Figura 2.11 Análisis de capacidad**  
Fuente: Elaboración propia

## 2.2.4 Estratificación y problema enfocado

Los tiempos de cambio fueron clasificados por turnos, evidenciando en cuál hay elevadas horas por cambio de molde y cuchillas (ver figura 2.12).





**Figura 2.12 Horas perdidas por turnos**

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el problema se enfocó en el turno 2 por tener la mayor cantidad de horas por cambio de molde y cuchillas.

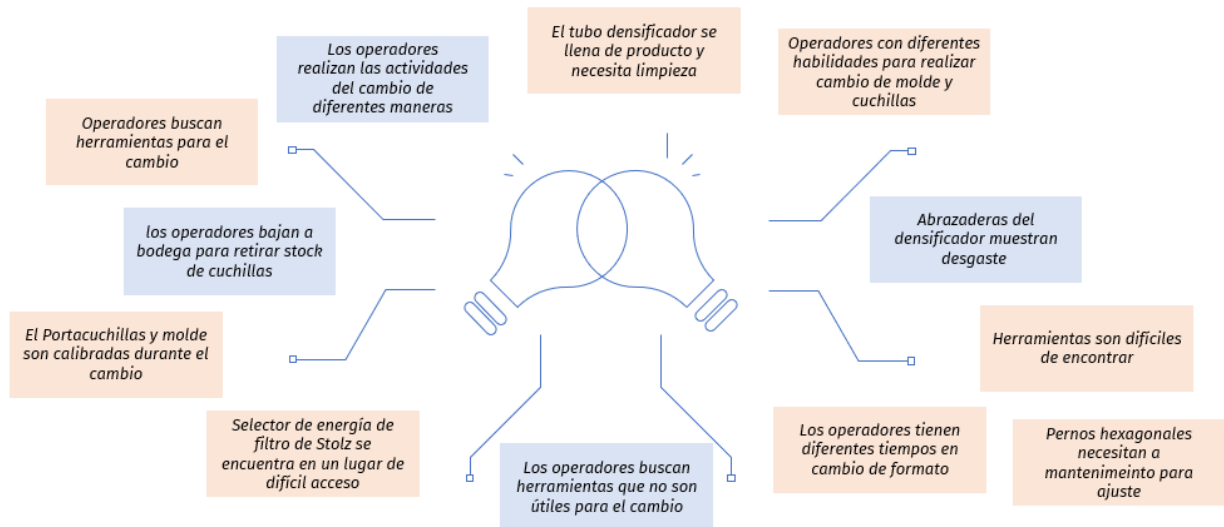
Como problema enfocado se tiene: *"En una fábrica de balanceado, en la extrusora 9, se ha evidenciado **en el turno 2** altos tiempos en el cambio de molde y cuchillas desde enero hasta junio de 2022. El promedio estándar debe ser 0.84 horas por evento y el valor promedio actual es de 1.41 horas"*.

## 2.3 Análisis

En esta etapa se busca analizar los datos históricos y recolectados para encontrar posibles causas raíces de la problemática mediante la verificación por medio de análisis estadístico.

### 2.3.1 Lluvia de ideas

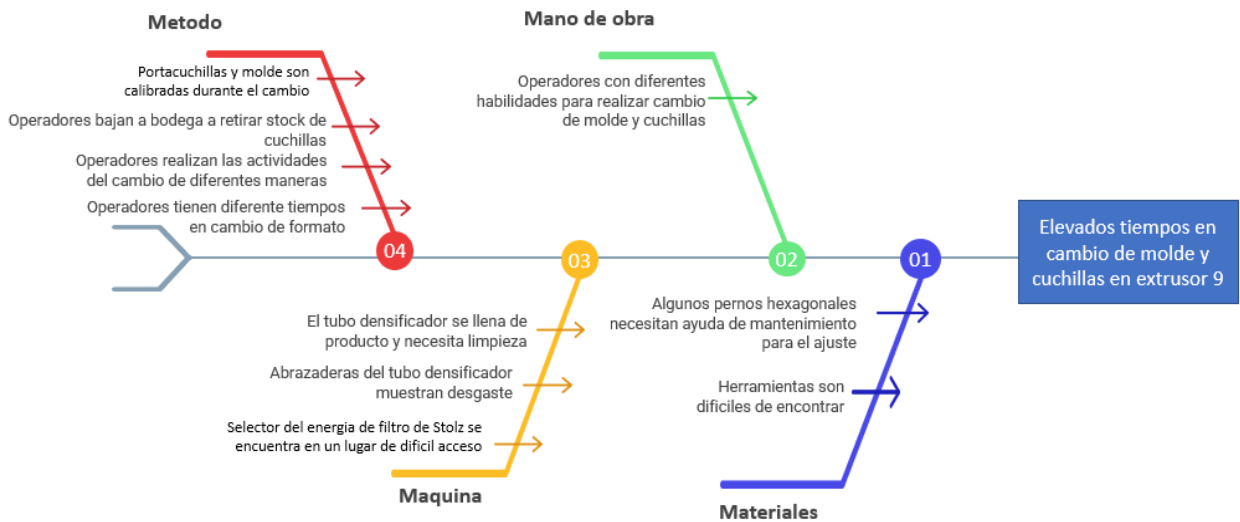
Se realizó una lluvia de ideas con los operadores de extrusión, el jefe de extrusión e ingeniería de procesos. Cada actor aportó con posibles causas que puedan afectar a la variable principal Y. En la figura 2.13 se muestran los resultados de la lluvia de ideas.



**Figura 2.13 Lluvia de ideas**

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la lluvia de ideas se obtuvieron 12 ideas principales, de las cuales 3 eran similares, y solo 10 pasaron al diagrama de Ishikawa, herramienta con la cual se clasificaron las posibles causas en las diferentes categorías del diagrama (ver figura 2.8).



**Figura 2.14 Diagrama de Ishikawa. Elevado tiempo en cambios de molde y cuchillas**

Fuente: Elaboración propia

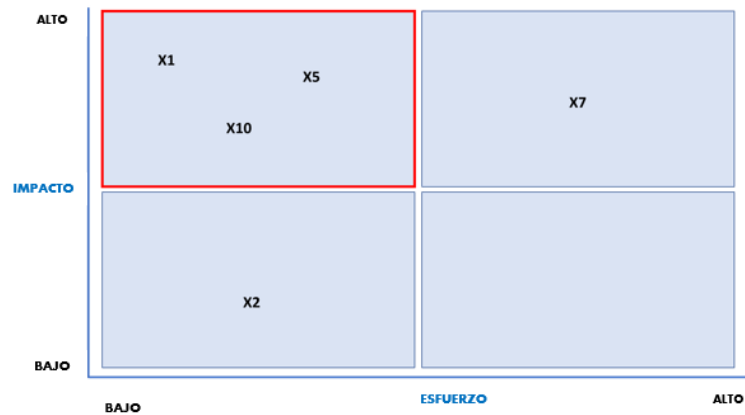
### 2.3.2 Matriz Causa-Efecto

Se realizó una matriz causa-efecto en conjunto con el equipo de proyecto, ponderado con 0 las causas que no influyen, con 3 las que tienen influencia media y 9 las que tienen alta influencia en la variable Y. Las posibles causas se eligieron en función de la moda de los resultados.

**Tabla 2.6 Ponderación de causas**

Fuente: Elaboración propia

X	Causas	Ingeniero de procesos	Jefe de Extrusión	Operadores de Extrusión	Moda
1	Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio	9	9	9	9
2	Operadores realizan las actividades del cambio de diferentes maneras	9	9	3	9
3	Operadores bajan a bodega a retirar stock de cuchillas	9	3	3	3
4	Operadores tienen diferentes tiempos en cambio de formato	3	9	3	3
5	El tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza	9	3	9	9
6	Abrazaderas del tubo densificador muestran desgaste	3	0	9	0
7	Selector del energía de filtro de Stolz se encuentra en un lugar de difícil acceso	3	9	9	9
8	Operadores con diferentes habilidades para realizar cambio de molde y cuchillas	3	9	9	9
9	Algunos pernos hexagonales necesitan ayuda de mantenimiento para el ajuste	0	0	3	0
10	Herramientas son difíciles de encontrar	9	9	9	9



**Figura 2.15 Matriz impacto – Esfuerzo**

Fuente: Elaboración propia

Las causas que fueron escogidas con mayor impacto y menor esfuerzo fueron las siguientes (ver figura 2.15):

X1: Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio

X5: El tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza

X10: Herramientas son difíciles de encontrar

### 2.3.3 Plan de verificación de causas

Luego de obtener las causas potenciales, se procedió a realizar un plan de implementación donde se detalla cómo impacta a la variable de respuesta, así como la manera en la que la causa potencial sería verificada. Los resultados se muestran en la figura 2.16.

X	Causas	Quién Recolector de Data	Dónde Fuente de Data	Cuándo Fecha de recolección	Cómo Método de Obs	Impacto a la variable de respuesta	Verificado?
1	Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio	Líder de Proyecto	Extrusor 9 – Area del Cambio de Molde y Cuchilla	Noviembre 2022	Gemba	Si la calibración es realizada durante el cambio, se incrementa el tiempo total de la variable de respuesta	Si
5	El tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza	Líder de Proyecto	Extrusor 9 – Area del Cambio de Molde y Cuchilla	Noviembre 2022	Gemba	Si se realiza la limpieza durante el cambio, se incrementa el tiempo total de la variable de respuesta	Si
10	Herramientas son difíciles de encontrar	Líder de Proyecto	Extrusor 9 – Area del Cambio de Molde y Cuchilla	Noviembre 2022	Gemba	Si existe tiempos por búsqueda de herramientas, se incrementa el tiempo total de la variable de respuesta	Si

**Figura 2.16 Plan de Verificación**

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3.1 Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio

Mediante GEMBA se puede verificar que la actividad de calibrar el portacuchillas con el molde se hace durante el cambio (ver figura 2.17).

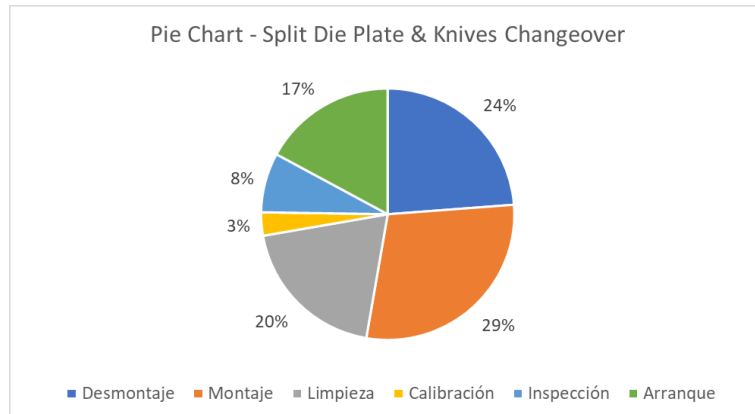


**Figura 2.17 Calibración de cuchillas**

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3.2 El tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza

Otra causa es la limpieza del densificador. Mediante un pie chart se verificó que un alto porcentaje (20%) del tiempo del cambio de molde y cuchillas se carga en las actividades de limpieza. Se corroboró mediante Gemba lo complicado que es la limpieza del tubo densificador.



**Figura 2.18 Pie Chart de actividades**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.19 Limpieza del tubo densificador**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3.3 Herramientas son difíciles de encontrar

Se evidenció mediante Gemba cómo el operador tiene sus herramientas, y le toma muchos minutos en buscarlas y hasta puede causar confusión de elegir la herramienta adecuada.



**Figura 2.20 Herramientas difíciles de encontrar**

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.4 Análisis de los 5 por qué

Luego de verificar las causas, se procedió a usar la herramienta de los 5 por qué para conocer las causas de raíces de las 3 posibles causas (figura 2.21).

Cause	Why 1		Why 2		Why 3
Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio	¿POR QUÉ Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio?	OK	¿POR QUÉ Las cuchillas deben estar cerca de la base del molde ?	OK	¿POR QUÉ el ajuste del espacio debe hacerse con la molde base y la cabeza de la cuchilla con una medida estándar entre ellos. El ajuste del espacio debe hacerse con la base del molde y el portacuchillas
	Los cuchillas deben estar cerca de la base del molde		El ajuste del espacio debe hacerse con la molde base y la cabeza de la cuchilla con una medida estándar entre ellos. El ajuste del espacio debe hacerse con la base del molde y el portacuchillas con una medida estándar entre		<u>La base del molde esta instalada en el extrusor para el ajuste del espacio</u>
Cause	Why 1		Why 2		Why 3
El tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza	¿POR QUÉ el tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza ?		¿POR QUÉ las partículas del producto pasan a través del espacio entre el tornillo y el tubo ?		
	Porque las partículas del producto pasan a través del espacio entre el tornillo y el tubo	OK	<u>Porque el sistema de control de densidad considera que algunas partículas pasan a través de la tubería</u>		
	Porque el tubo densificador recoge materiales extraños	NOK			
Cause	Why 1		Why 2		Why 3
Herramientas son difíciles de encontrar	POR QUÉ las herramientas son difíciles de encontrar?		¿POR QUÉ las herrameintas no están identificadas?	OK	¿POR QUÉ las herramientas no están organizadas ?
	Porque las herramientas no están identificadas	OK	Porque las herramientas no están organizadas		OK
	Porque las herramientas están lejos del área	OK	¿POR QUÉ las herrameintas están lejos del área ?	OK	¿POR QUÉ las herramientas no tienen un lugar específico?
			Las herramientas no tienen un lugar específico		OK

Figura 2.21 Análisis 5 Por qué

Fuente: Elaboración propia



Como resultado se obtuvieron las 3 causas raíces que pasaron a la etapa de mejora mostradas en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7 Causas Raíces**

Fuente: Elaboración propia

Causa Potencial	Causa Raíz
Portacuchillas y molde son calibradas durante el cambio	<ul style="list-style-type: none"> <li>La base del molde está instalada en el extrusor para el ajuste del espacio</li> </ul>
El tubo densificador se llena de producto y necesita limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sistema de control de densidad considera que algunas partículas pasan a través de la tubería</li> </ul>
Herramientas son difíciles de encontrar	<ul style="list-style-type: none"> <li>No existe un estándar para la gestión de herramientas en el área</li> </ul>

## 2.4 Mejora

Para la etapa de mejora se procedió a realizar la lluvia de ideas para las posibles soluciones y de igual manera fueron ponderadas para la matriz impacto-esfuerzo.

Para calificar el esfuerzo, se realizó un análisis financiero por cada posible solución mostrada en la figura 2.22. Se consideró que los costos de equipo incluye instalación, y el valor de un día de trabajo por operador es de \$22.

N	Solución	Personal	Días	Costo total de mano de obra	Costo de equipos	COSTO TOTAL
1	Instalar una base de molde móvil para calibrar el portacuchillas del extrusor	-	-	-	\$7000	\$7000
2	Desarrollar un SOP para las actividades de cambio de moldes y cuchillas	1	2	\$44	-	\$44
3	Instalar una tubería paralela entre el tornillo y el tanque de presión	-	-	-	\$1870	\$1870
4	Rediseñar el Sistema de control de densidad	-	-	-	\$17000	\$17000
5	Implementar un sistema de limpieza automático para el tubo densificador	-	-	-	\$23000	\$23000
6	Comprar un tubo densificador de back up	-	-	-	\$1000	\$1000
7	Comprar e instalar una mesa de trabajo para calibrar cuchillas y herramientas	-	-	-	\$1086	\$1806
8	Implementar gestión visual al armario de herramientas.	2	3	\$132	-	\$132
9	Establecer un formato de control de inventario para el armario de herramientas	2	3	\$132	-	\$132

**Figura 2.22 Análisis de Esfuerzo**

Fuente: Elaboración propia

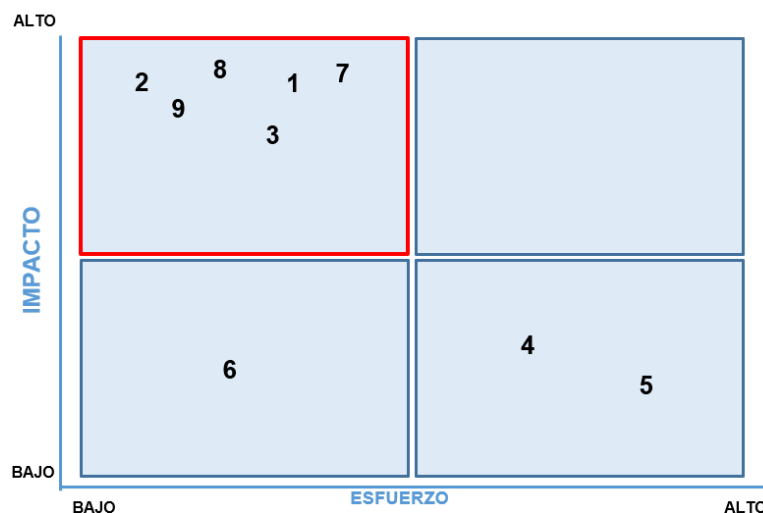
De igual manera, el impacto fue calificado con 0 las soluciones que no influyen, con 3 las que tienen influencia media y 9 las que tienen alta influencia; se seleccionaron las soluciones considerando el valor de la moda.

N	Solución	Ingeniero de procesos	Jefe de extrusión	Operadores de extrusión	Moda
1	Instalar una base de molde móvil para calibrar el portacuchillas del extrusor	9	9	3	9
2	Desarrollar un SOP para las actividades de cambio de moldes y cuchillas	9	9	9	9
3	Instalar una tubería paralela entre el tornillo y el tanque de presión	9	9	3	9
4	Rediseñar el Sistema de control de densidad	0	0	3	0
5	Implementar un sistema de limpieza automático para le tubo densificador	0	3	3	3
6	Comprar un tubo densificador de back up	3	0	3	3
7	Comprar e instalar una mesa de trabajo para calibrar cuchillas y herramientas	9	9	9	9
8	Implementar gestión visual al armario de herramientas.	9	3	9	9
9	Establecer un formato de control de inventario para el armario de herramientas	9	3	9	9

**Figura 2.23 Análisis de Impacto**

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados se construyó la matriz impacto-esfuerzo mostrada en la figura 2.24.



**Figura 2.24 Matriz Impacto-Esfuerzo**

Fuente: Elaboración propia

Se escogieron las soluciones de mayor impacto y con bajo esfuerzo, resultando las siguientes:

- Instalación de una base de molde móvil para calibrar el portacuchillas del extrusor.
- Desarrollo de un SOP para las actividades de cambio de moldes y cuchillas.
- Instalación de una tubería paralela entre el tornillo y el tanque de presión.
- Compra e instalación de una mesa de trabajo para calibración cuchillas y herramientas.
- Implementación de gestión visual al armario de herramientas.
- Establecimiento de un formato de control de inventario para el armario de herramientas.

Luego de tener las soluciones a realizarse se establece un plan de implementación donde se muestra quiénes son los responsables, cuál será el costo y en qué fecha será realizado. Esta información se muestra en la figura 2.25.

Causas Raices	Qué	Por qué	Cómo	Dónde	Quién	Cuánto	Cuándo
La base del molde esta instalada en el extrusor para el ajuste del espacio	Instalar una base de molde móvil para calibrar el portacuchillas del extrusor	Para calibrar el portacuchillas y la base del molde sin detener la línea	Coloque una base de molde adicional en el banco de pruebas	Extrusor 9	Jefe de Extrusoras- Proveedores Líder de Proyectos	\$ 879,00	10-ene-23
	Desarrollar un SOP para las actividades de cambio de moldes y cuchillas	Para estandarizar las actividades durante el cambio	Registrar actividades y tiempos a partir de grabaciones	Extrusor 9	Líder del proyecto	\$ 44,00	30-dic-22
El sistema de control de densidad considera que algunas partículas pasan a través de la tubería	Instalar una tubería paralela entre el tornillo y el tanque de presión	Para evitar actividades de limpieza en la entrada del densificador	Creando otra línea de tubería de respaldo	Densificador 9	Jefe de Extrusión Proveedores Líder de Proyecto	\$ 1.870,00	15-ene-23
No existe un estándar para la gestión de herramientas en el área	Comprar e instalar una mesa de trabajo para calibrar cuchillas y herramientas	Para ayudar a los operadores a tener las herramientas necesarias antes del cambio	Colocación de una nueva mesa de trabajo cerca del área	Extrusor 9	Jefe de Extrusión Proveedores Líder de Proyecto	\$ 1.086,00	10-ene-23
	Implementar gestión visual al armario de herramientas.	Para ayudar a los operadores a identificar la herramienta correcta antes del cambio	Implementar 1S y 2S a partir de la metodología 5s	Extrusor 9	Líder del proyecto	\$ 132,00	10-ene-23
	Establecer un formato de control de inventario para el armario de herramientas	Para evitar pérdidas de herramientas y demoras en buscarlas		Extrusor 9	Líder del proyecto	\$ 132,00	26-dic-22

**Figura 2.25 Plan de implementación**

Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Implementación

### Instalación de una base de molde móvil para calibrar el portacuchillas del extrusor

La base de molde fue instalada cerca del extrusor para que el operador realice esta actividad sin tener que paralizar el equipo, como lo muestra la figura 2.26.



**Figura 2.26 Base de molde instalada**  
Fuente: Elaboración propia

## Desarrollo de un SOP para las actividades de cambio de moldes y cuchillas

El procedimiento operativo estándar fue realizado para que el operador conozca a detalle las actividades y tiempos ya estandarizados, seguido de la capacitación del personal del SOP.

ANEXO 1		ANEXO 1		ANEXO 1	
Documento: PROC.02.03.01		Documento: PROC.02.03.01		Documento: PROC.02.03.01	
Título: Paso a paso para cambio de molde y cuchillas en extrusora		Título: Paso a paso para cambio de molde y cuchillas en extrusora		Título: Paso a paso para cambio de molde y cuchillas en extrusora	
Eficacia: 100%		Eficacia: 100%		Eficacia: 100%	
Efectiva desde: Diciembre 31, 2022		Efectiva desde: Diciembre 31, 2022		Efectiva desde: Diciembre 31, 2022	
Aprobado: [Firma]		Aprobado: [Firma]		Aprobado: [Firma]	
Evaluación: [Firma]		Evaluación: [Firma]		Evaluación: [Firma]	
Revisión: [Firma]		Revisión: [Firma]		Revisión: [Firma]	
<p><b>1. Herramientas/Materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pala</li> <li>• Llave 1/2</li> <li>• Llave 3/8</li> <li>• Dado Allen 5/16</li> <li>• Dado Allen 3/8</li> <li>• Llave cachet</li> <li>• Pistola neumática</li> <li>• Llave Francesa 12</li> <li>• Espátula</li> <li>• Palanca de fuerza</li> </ul>	<p><b>2. EPP</b></p>	<p><b>3. Limpieza</b></p> <p>Se limpian las partes conexas del extrusor con la lanza 5/8 y se revisa la fuerza mecánica y empalme.</p>	<p><b>4. Montaje</b></p> <p>Se procede a colocar el perno Stern y se ajusta con la llave francesa.</p>	<p><b>5. Montaje</b></p> <p>Se coloca los moldes limpios y se ajusta los pernos con la pistola de impacto.</p>	<p><b>6. Montaje</b></p> <p>Se procede a colocar el perno Stern y se ajusta con la llave francesa.</p>
<p><b>7. Montaje</b></p> <p>Se coloca los protectores de las partes conexas del extrusor con la lanza 5/8.</p>	<p><b>8. Montaje</b></p> <p>Se procede a colocar el perno Stern y se ajusta con la llave francesa.</p>	<p><b>9. Montaje</b></p> <p>Se coloca los protectores de las partes conexas del extrusor con la lanza 5/8.</p>	<p><b>10. Montaje</b></p> <p>Se procede a colocar el perno Stern y se ajusta con la llave francesa.</p>	<p><b>11. Montaje</b></p> <p>Se coloca los protectores de las partes conexas del extrusor con la lanza 5/8.</p>	<p><b>12. Montaje</b></p> <p>Se procede a colocar el perno Stern y se ajusta con la llave francesa.</p>

**Figura 2.27 Procedimiento operativo estándar del cambio de molde y cuchillas**  
Fuente: Elaboración propia

### **Instalación de una tubería paralela entre el tornillo y el tanque de presión**

La tubería paralela que conecta el tornillo y el tanque de presión ayudará al operador a reducir la limpieza del mismo, y solo realiza el traspaso de tubería.



**Figura 2.28 Tubería paralela del tubo densificador**

Fuente: Elaboración propia

### **Compra e instalación de una mesa de trabajo para calibración cuchillas y herramientas**

La mesa ayudará a que el operador tenga las herramientas listas antes del cambio y cerca de la operación, y reduzca los movimientos innecesarios.



**Figura 2.29 Mesa de trabajo**

Fuente: Elaboración propia



# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Luego de la implementación se obtuvo una significativa reducción del 44,6% en el tiempo promedio en cambio de molde y cuchillas como se muestra en tabla 3.1 y la figura 3.1.

**Tabla 3.1 Promedio de tiempos en cambio de molde y cuchillas**

Fuente: Elaboración propia

Enero- Junio 2022	Septiembre-Enero 2023
1,41 horas	0,78 horas



**Figura 3.1 Tendencia del tiempo en cambio de molde y cuchillas**

Fuente: Elaboración propia

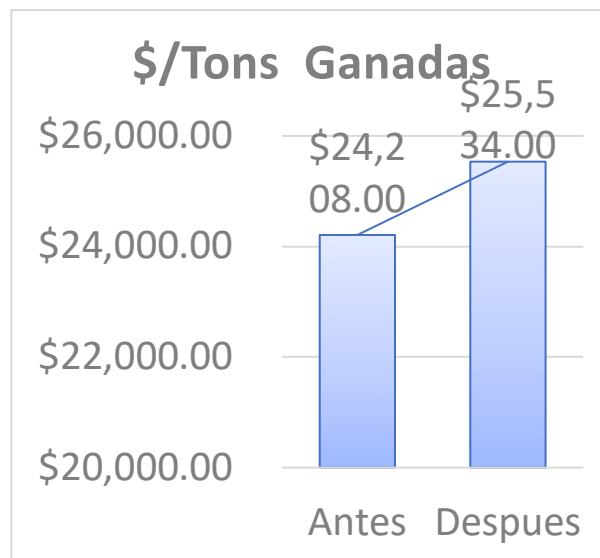
Considerando los cambios en el proceso, mediante otro análisis de capacidad y carta de control se puede ver en la figura 3.2 que el valor de CPK ha mejorado de 0,71 a 2.59, de igual manera la curva se encuentra más esbelta y los valores más cerca del límite superior de estratificación.



**Figura 3.2 Análisis de capacidad y cartas de control**

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al impacto del pilar económico, se obtuvo una ganancia de \$1,326 debido a las toneladas disponibles por evento, como muestra la figura 3.3.

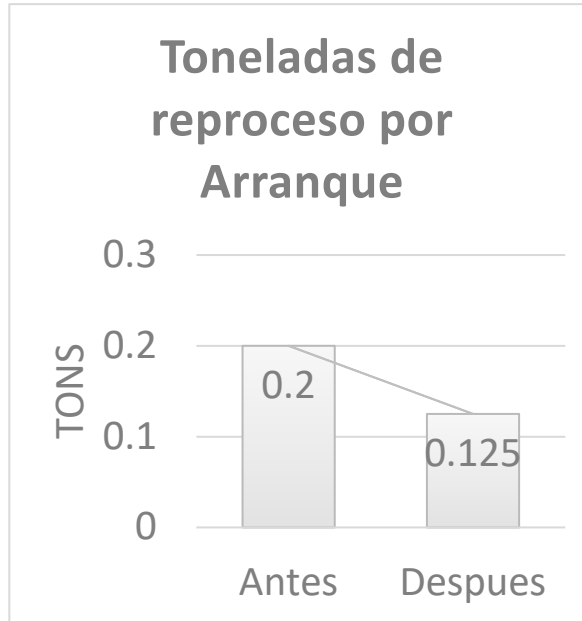


**Figura 3.3 Pilar económico**

Fuente: Elaboración propia

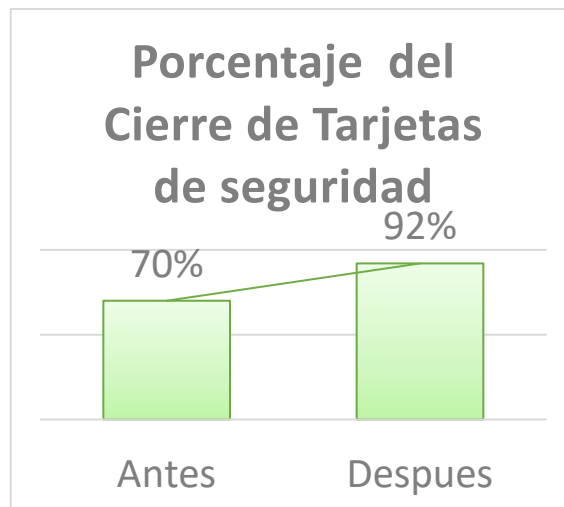


También se obtuvo una significativa reducción en el pilar ambiental, la disminución de reproceso fue de 0.0075 toneladas por la estandarización de tiempo de arranque de la extrusora como podemos ver en la figura a 3.4.



**Figura 3.4 Pilar ambiental**  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al pilar social, también se tuvo una reducción en eventos de seguridad, lo cual fue medido mediante el levantamiento de tarjetas de seguridad y su cierre de las mismas. Como resultado se logró alcanzar un 92% en cierre de tarjetas de seguridad.



**Figura 3.5 Pilar Social**  
Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se estandarizaron las actividades y tiempos para la ejecución del cambio de molde y cuchillas en la línea extrusora.
- Se redujo el desperdicio en el arranque del extrusor al establecer un tiempo estimado en un 0.075 toneladas.
- Con la implementación de metodología SMED se logró identificar actividades internas y externas.
- Se obtuvo la reducción de un 44,6% en el tiempo promedio de cambio de molde y cuchillas.

### 4.2 Recomendaciones

- Replicar mejoras en los demás extrusores.
- Capacitar periódicamente al personal de extrusión acerca de la implementación de la metodología 5S.
- Entrenar al personal nuevo de extrusión acerca del Procedimiento Operativo Estándar (SOP) para realizar cambio de molde y cuchillas.

# BIBLIOGRAFÍA

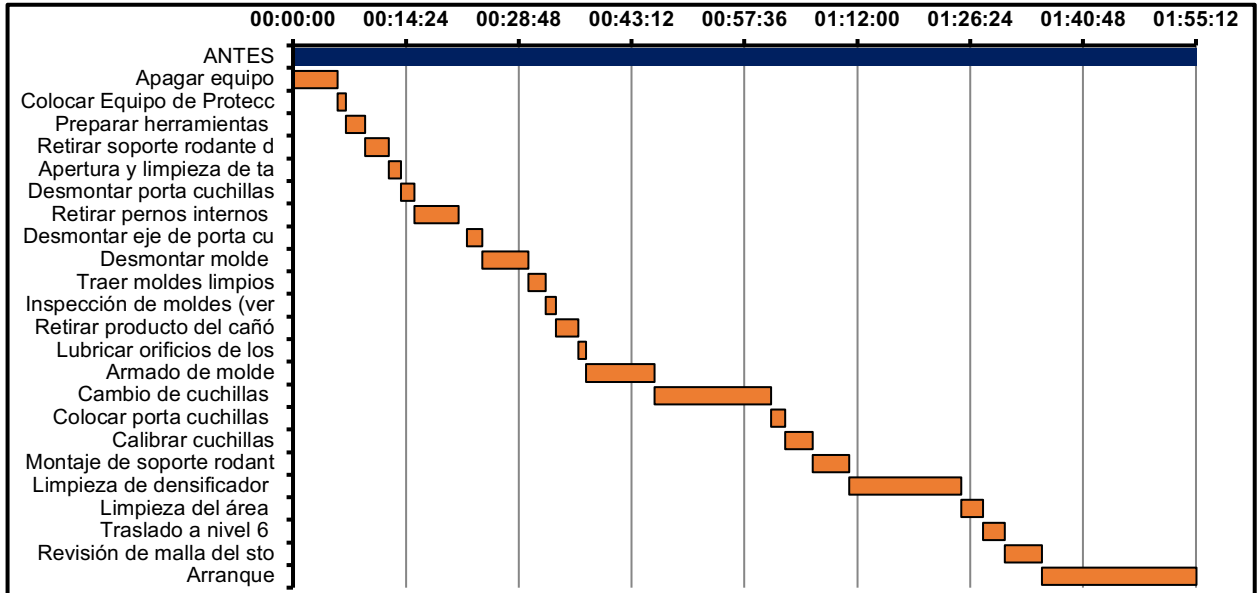
- Brown , C. (2019). *Why and how to employ the SIPOC model*. Henry Stewart Publications.
- Denove, C., & Power, J. (2006). *Satisfaction: How Every Great Company Listens to the Voice of the Customer*. J. D. Power and Associate.
- Garro , E. (2017). *Las 7 Herramientas Básicas de la Calidad*. School of Excellence.
- López, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la Calidad*. Madrid: FC EDITORIAL.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (Sith Edition ed.). Arizona: John Willey & Sons, Inc.
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. ASQ Quality Press.
- Socconini, L., & Escobedo, E. (2021). *Lean Six Sigma Green Belt, paso a paso*. Marge Books.

# **ANEXOS**

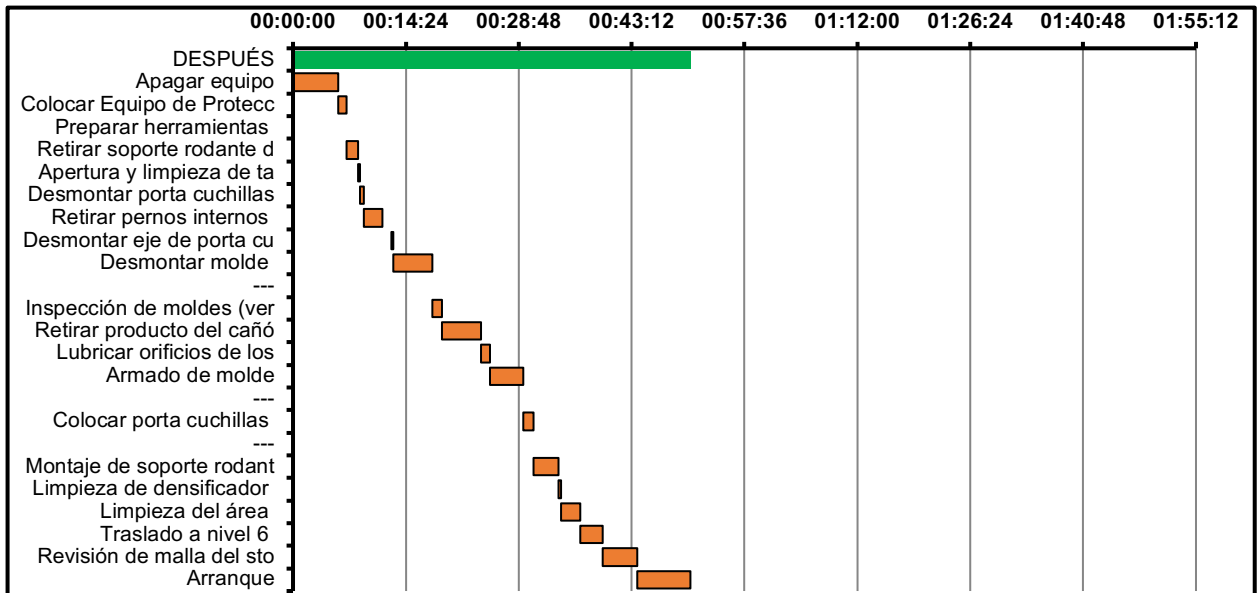
# ANEXOS A

## Metodología SMED

### ANTES



### DÉSPUES



# ANEXO B

## Correos de validación del Key Customer

Re: Lluvia de ideas - Cambio de molde y cuchillas

**EB** Edinson Bajaña  
Para PASANTE DE PROCESOS 2

Saludos,

Edinson Bajaña  
Jefe de Extrusión / Extruder Chief  
Skretting Ecuador

Km 4.5 vía Durán-Tambo, Durán  
Ecuador  
[edinson.bajana@skretting.com](mailto:edinson.bajana@skretting.com) [www.skretting.ec](http://www.skretting.ec)

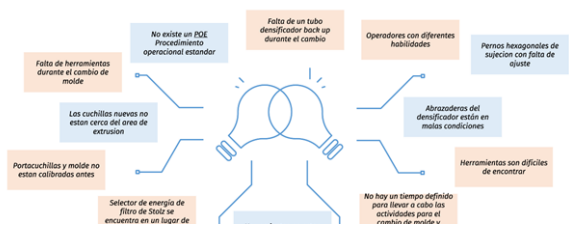
De: PASANTE DE PROCESOS 2 <[pasante.procesos2@skretting.com](mailto:pasante.procesos2@skretting.com)>

Enviado el: martes, 6 de diciembre de 2022 22:49

Para: Edinson Bajaña <[edinson.bajana@skretting.com](mailto:edinson.bajana@skretting.com)>

Asunto: Lluvia de ideas - cambio de molde y cuchillas

Hola Edison, le comparto los resultados que se obtuvieron luego de la lluvia de ideas de cuales podrían ser las posibles causas por que son extensos los tiempos en los cambios de molde y cuchillas.



### RE: Reducción de tiempo en cambio de molde y cuchillas

**EB** Edinson Bajaña  
Para PASANTE DE PROCESOS 2

15:3

Buenas tardes, Katherine. Excelente aporte para mejorar nuestro proceso productivo lo cual se ha visto reflejado en la eficiencia durante los cambios de moldes y cuchillas. Buen trabajo.

Saludos,

Edinson Bajaña  
Jefe de Extrusión / Extruder Chief  
Skretting Ecuador

Km 4.5 vía Durán-Tambo, Durán  
Ecuador  
[edinson.bajana@skretting.com](mailto:edinson.bajana@skretting.com) [www.skretting.ec](http://www.skretting.ec)

De: PASANTE DE PROCESOS 2 <[pasante.procesos2@skretting.com](mailto:pasante.procesos2@skretting.com)>

Enviado el: martes, 24 de enero de 2023 14:57

Para: Edinson Bajaña <[edinson.bajana@skretting.com](mailto:edinson.bajana@skretting.com)>

Asunto: Reducción de tiempo en cambio de molde y cuchillas

### RE: Mejoras implementadas

**EB** Edinson Bajaña  
Para PASANTE DE PROCESOS 2

Responder Responder a todos

Muy buen trabajo Katherine, las mejoras sin duda nos ayuda a reducir los tiempos en el cambio .la implementación de móvil y la tubería del del densificador ayudan a los operadores que realcen el cambio más rápido.

Saludos,

Edinson Bajaña  
Jefe de Extrusión / Extruder Chief  
Skretting Ecuador

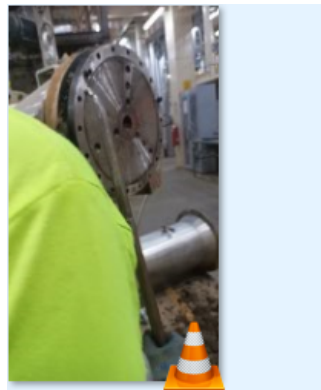
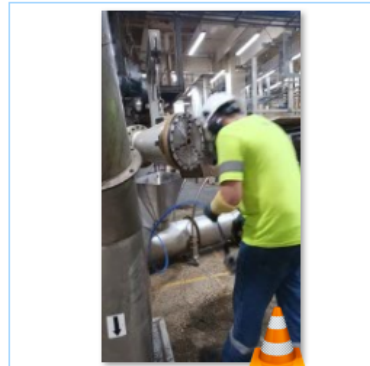
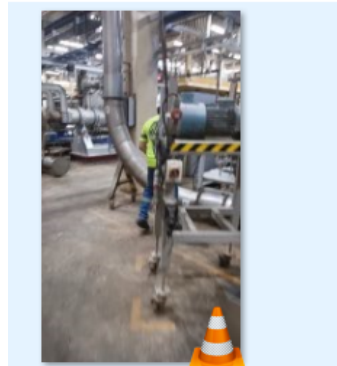
Km 4.5 vía Durán-Tambo, Durán  
Ecuador  
[edinson.bajana@skretting.com](mailto:edinson.bajana@skretting.com) [www.skretting.ec](http://www.skretting.ec)

De: PASANTE DE PROCESOS 2 <[pasante.procesos2@skretting.com](mailto:pasante.procesos2@skretting.com)>

Enviado el: jueves, 26 de enero de 2023 16:19

# ANEXO C

## Videos



- 🚧 Escenario 1
- 🚧 Escenario 1\_parte 3
- 🚧 Escenario 1\_parte2
- 🚧 Escenario 2\_1persona
- 🚧 Escenario 2\_parte2stolz
- 🚧 Escenario 3\_3personas
- 🚧 Escenario 4\_2 personas

## ANEXO D

Capacitación al personal

