

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Reducción del tiempo de cambio de producto en líneas de extrusión de
alimentos para mascotas”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Industrial

Presentado por:
Estrella Carolina Cumbe González

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

Dedico a Dios, por siempre estar a mi lado, mi amigo fiel, él que me ayuda a seguir forjando mi camino y levantarme cada vez que tropiece.

También dedico de manera muy especial a mi Familia y Amigos que me apoyan firmemente, el solo hecho de saber que están conmigo me hace sentir la persona más amada.

Estrella Cumbe.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a mis padres Nube González y Tarquino Cumbe, quienes me dieron amor y recursos necesarios para lograr todos mis objetivos.

A mis hermanos Lourdes, Patricio, Jenny, Hermelinda, Leonela, Diana, Anita, David y Daniela. Ellos me han brindado un hermoso ambiente familiar y hemos demostrado que la unión hace la fuerza.

A mis amigos Steeven, Esther, Andrea, Lizbeth, Daniela, Andreina, Erick, Henry Narcisa y a todos quienes estuvieron con conmigo.

También agradezco a la Fábrica de Balanceados, por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto integrador.

Estrella Cumbe.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Estrella Carolina Cumbe. González 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”



Estrella Carolina Cumbe González

AUTORA

EVALUADORES



Jorge Abad M, P.h.D
PROFESOR DE LA MATERIA



Kleber Barcia V, P.h.D
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Reducción de tiempos de setup o también llamado cambio de producto, es un tema fundamental para obtener una mayor disponibilidad de las máquinas, y así satisfacer la demanda la actual demanda de clientes más exigentes. La planta de balanceado posee un tiempo promedio de setup de 2.48 horas en las líneas de extrusión de alimentos para mascotas, que por medio de herramientas como VOC, SIPOC y otras más, se llegó a obtener la variable respuesta al proyecto.

En la etapa de medición se tomó 8 muestras de tiempos de setups, de las dos líneas de extrusión y por cada una se toman cuatro muestras, de las cuales dos muestras corresponden al turno del día y dos del turno de la noche.

Los tiempos de setup se estratificaron bajo 3 criterios, es decir por tipo de línea de producción (L4 o L10), por turno de trabajo (día, noche), y por método de trabajo del operador. Con la ayuda de pruebas estadísticas para variables continuas, la prueba de Anova y Tukey se analizan las medias de los tiempos de setup que generan mayor problema. Por consiguiente, se logró enfocar el problema, resultando que en promedio la línea L4 presenta mayor tiempo de Setup en comparación con la línea L10.

Herramientas por todas partes, procedimientos de cambio no estandarizados y parámetros fijos de arranque de extrusora, son las principales causas raíces de que el tiempo de setup se eleve. La implementación de la metodología de 5 's, SMED, compra de herramientas, y cartas de control X-R, ayudó a contrarrestar el problema, empezando por eliminar actividades que no agregan valor hasta la estandarización del proceso tanto del cambio de producto, así como también de factores y parámetros fijos de arranque de máquina extrusora.

Obteniendo como resultado la reducción del 36% del tiempo de setup promedio, es decir de 2.48 a 1.58 horas, con un costo de inversión de \$ 1.430.00 dólares, retornándose la inversión en el mismo mes, dado a las utilidades de ganancia generada por extruir 2.16 toneladas en 0.9 horas de ahorro después de implementar las soluciones de mejora.

También dar al empleado herramientas correctas, capacitaciones, etc. Se tiene como resultado un operador motivado, listo para ejercer su labor diaria porque siente que la compañía se preocupa por su bienestar.

Palabras Claves: Setups, cambio de producto, SMED, Metodología 5 's, Cartas de control, Extrusoras, Alimento de mascotas.

ABSTRACT

The reduction of configuration times is also called product change, it is a fundamental issue to obtain a greater availability of machines, and to satisfy the current demand of more demanding customers. The balancing plant has an average installation time of 2.48 hours in pet food extrusion lines, tools such as VOC, SIPOC and others, it was possible to obtain the response variable to the project.

At the measurement stage, 8 samples were taken of configuration times, of the extrusion lines and each time the four samples were taken, of the samples of which correspond to the shift of the day and the shift of the night.

The configuration times are stratified under 3 criteria, that is, the type of production line (L4 or L10), the work shift (day, night) and the operator's working method. With the help of statistical tests for continuous variables, the Anova and Tukey test analyzes the means of configuration times that present the greatest problem. For example, it is about solving the problem, as a result of the L4 line it has a longer Configuration time compared to line L10.

Tools of all parties, non-standardized change procedures and starting parameters of extruder operations, are the main causes of time in the configuration. The implementation of the 5 's methodology, SMED, purchase of tools, and control charts XR, helped to counteract the problem, starting to eliminate the activities that do not agree until the standardization of the process of product change, as well as also factors and starting parameters of extruder machine.

Obtaining as a result the reduction of 36% of the average configuration time, that is to say from 2.48 to 1.58 hours, with an investment cost of \$ 1,430.00 dollars, returning the investment in the same month, given that the profits of the generated profit to Extrude 2.16 tons in 0.9 hours of savings after implementing the improvement solutions.

You can also use correct tools, training, etc. The result is a motivated operator, ready to perform his daily work because he feels that the company cares about his welfare.

Keywords: Configurations, product change, SMED, 5 's Methodology, Control charts, Extruders, Pet food.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Alcance del proyecto.....	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivos General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico	3
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología	10
2.1 Etapa de Definición	10
2.1.1 Levantamiento de información	10
2.1.2 Declaración del problema	11
2.1.3 Determinación del alcance	12
2.1.4 Voz del cliente	12
2.1.5 Restricciones del proyecto	15
2.2 Etapa de Medición.....	15
2.2.1 Diagrama de flujo del proceso de setup en las máquinas extrusoras.....	15
2.2.2 Plan de recolección de datos	18

2.2.3	Validación de datos	18
2.3	Etapa de análisis	25
2.3.1	Lluvia de ideas.....	26
2.3.2	Ishikawa.....	27
2.3.3	Matriz de Causa – Efecto.....	28
2.3.4	Plan de verificación de causas.....	29
2.3.5	Matriz de 5 ¿Por qué?	30
2.3.6	Causas raíz.	31
2.4	Mejoras	31
2.4.1	Propuesta de Mejoras.....	31
2.4.2	Evaluación y selección de propuestas de mejora.....	32
2.4.3	Implementación de las 5's	34
2.4.4	Estandarización de los parámetros fijos y factores de arranque de máquina extrusora.....	37
2.4.5	Determinación de valores que adquieren las variables independientes. ...	37
2.4.6	Implementación de la metodología SMED	42
2.5	Etapa de Control	44
CAPÍTULO 3.....		45
3.	Resultados y Análisis.....	45
3.1	Implementación de las 5's	45
3.2	Estandarización del proceso de cambio de producto.....	46
3.3	Estandarización de parámetros fijos y factores de arranque de máquina extrusora.....	50
3.4	Análisis de Beneficio / Costo	50
4.	Conclusiones y Recomendaciones	55
4.1	Conclusiones.....	55
4.2	Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFÍA		56

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela superior politécnica del litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
SETUP	Tiempo de cambio de producto
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Implementar mejoras y controlar
VOC	Voice of Customer
4W + 2H	What, Who, Where, When, How do I know
SIPOC	Suppliers, Input, Process, Output, Customer
SMED	Single Minute Exchange of Dies
CTQ	Critical to Quality
SKU	Stock keeping unit

SIMBOLOGÍA

H, h	Horas
Min	Minutos
Kg	Kilogramos
T	Toneladas
H ₀	Hipótesis Nula
H ₁	Hipótesis Alternativa
Gr	Gramos
L	Litros
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje
\$	Dólar

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 <i>Layout</i> de Líneas de producción de alimentos para mascotas	10
Figura 2.2 Serie de tiempos de setup de las líneas de extrusión	11
Figura 2.3 Diagrama de SIPOC	12
Figura 2.4 CTQ'S, Identificación de la variable respuesta	13
Figura 2.5 Diagrama de Pareto - Setups	14
Figura 2.6 Diagrama Otida del proceso de Setup	17
Figura 2.7 Número recomendado de ciclos de observación.	19
Figura 2.8 Formato de registro diario de paras programadas y no programadas.....	19
Figura 2.9 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs. Línea de Producción	20
Figura 2.10 Gráfica de residuos -Líneas de producción	21
Figura 2.11 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs. Turno de Trabajo	21
Figura 2.12 Gráfica de residuos - Turnos de trabajo	22
Figura 2.13 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs. Operadores	22
Figura 2.14 Análisis de Anova y Turkey – Operadores.....	23
Figura 2.15 Gráfica de residuos – Operadores.....	23
Figura 2.16 Duración entre actividades del setup de las 4 muestras	24
Figura 2.17 definición del problema enfocado	25
Figura 2.18 Lluvia de Ideas	26
Figura 2.19 Ishikawa	27
Figura 2.20 Matriz Impacto - Esfuerzo.....	29
Figura 2.21 Gemba, verificación de causas.....	30
Figura 2.22 Causas raíces del problema	31
Figura 2.23 Criterios de evaluación de soluciones propuestas	33
Figura 2.24 Soluciones al problema	34
Figura 2.25 Clasificación de herramientas de trabajo en el área de extrusión	35
Figura 2.26 Herramienta para sacar alimento adherido en matrices.....	35
Figura 2.27 Caja de croquetas	35
Figura 2.28 Herramienta para calibración de cuchillas	36
Figura 2.29 Herramienta para lubricación de cuchillas	36
Figura 2.30 Caja de Herramientas para el área de extrusión.....	36
Figura 2.31 Carta de control X-R / Croqueta Michu / Extrusora E200.....	38
Figura 2.32 Carta de control X-R / Croqueta Michu / Extrusora E 131.....	39

Figura 2.33 Carta de control X-R / Croqueta Balan Can / Extrusora E 200.....	40
Figura 2.34 Figura 2 33 Carta de control X-R / Croqueta Balan Can / Extrusora E 131	41
Figura 2.35 Fases de la metodología SMED	42
Figura 2.36 Actividades de Limpieza del set saliente / Actividades Externas	43
Figura 3.1 Setup Reducción de tiempos / Porcentajes	45
Figura 3.2 Resultados de aplicación de las 5 's.....	45
Figura 3.3 Actividades internas estándar del proceso de cambio	46
Figura 3.4 Actividades externas estándar del proceso de cambio	46
Figura 3.5 Setup después de implementar Mejoras	47
Figura 3.6 Estandarización de cambio de producto en línea 4 – Actividades Internas..	49
Figura 3.7 Estandarización de cambio de producto en línea 4 – Actividades Externas	49
Figura 3.8 Fichas de Parámetros fijos y factores de arranque de máquina Extrusora para alimentos Michu y Balan Can.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 4W +1H, definición del problema.....	11
Tabla 2.2 Entrevista a los clientes - Planta de balanceado.....	14
Tabla 2.3 Resumen de tiempos de actividades del proceso de setup (Antes)	17
Tabla 2.4 Plan de Recolección de datos	18
Tabla 2.5 Actividades generales del proceso de setup corto	23
Tabla 2.6 Recolección de datos del setup en la línea 4.....	24
Tabla 2.7 Calificación de Relación con respecto el tiempo de Setup.....	28
Tabla 2.8 Matriz de priorización de causas	28
Tabla 2.9 Plan de Validación de causas.....	29
Tabla 2.10 Matriz de "los 5 por qué"	30
Tabla 2.11 Propuesta de posibles soluciones vs Causas raíces	32
Tabla 2.12 Evaluación de soluciones propuestas.....	33
Tabla 2.13 Clasificación de herramientas.....	34
Tabla 2.14 Plan de Control.....	44
Tabla 3.1 Tiempo entre etapas del proceso de setup después de la implementar las mejoras	47
Tabla 3.2 Duración entre actividades del setup después / Promedio y Desviación.....	48
Tabla 3.3 Ratio de producción de la línea 4	51
Tabla 3.4 Tiempo perdido por realizar setup	51
Tabla 3.5 Detalle del producto clase "A".....	52
Tabla 3.6 Costos de Producir un producto clase A en una hora	52
Tabla 3.7 Kilogramos de alimentos producidos al mes y costo de pérdida.	53
Tabla 3.8 Inversión del proyecto	53
Tabla 3.9 Flujo discontinuo mensual	54

CAPÍTULO 1

1. Introducción

El proyecto es desarrollado en una empresa de Balanceados, que cuenta con 7 líneas de producción de alimentos balanceados destinados para camarón, tilapia, cerdo, ganado, pollo y recientemente se adicionaron dos líneas más de producción para mascotas. Las líneas de mascotas de la empresa tienen una participación del 25% del mercado ecuatoriano y a corto plazo esperan subir a un 33%.

Las dos líneas de producción de alimentos para mascotas tienen alrededor de 21 productos finales para perros, gatos, y peces, los cuales varían dependiendo su contenido nutricional, presentaciones, forma y tamaños de las croquetas. En cualesquiera de las líneas, en cuanto a la planificación de la producción se tiene presente para programadas y no programadas. Las para programadas por cambio de producto o también llamado "setup" notoriamente afectan al plan de producción.

La producción de croquetas para mascotas cuenta con seis etapas, los cuales son: preparación de la materia prima, proceso de extrusión, secado, enfriamiento, baño de croquetas con aromas y por último el empackado. El cuello de botella dichas líneas se encuentra en la etapa de extrusión, y además tiene el más alto tiempo de setup en comparación con las otras etapas cuando ocurre el cambio de producto entre mascotas (perros y gatos). El setup del área de extrusión implican un sin número de actividades desde la limpieza y hasta la puesta a punto de la máquina.

Motivo por el cual se requiere reducir el tiempo de setup en el área de extrusión, que actualmente en promedio dura 2.48 horas, por lo tanto, en este proyecto tiene como objetivo general reducir al menos el 10% del tiempo setup, usando herramientas de manufactura esbelta como por ejemplo "SMED", las "5 eses" y herramientas estadísticas para calcular la estandarización de factores que son necesarios para la puesta a punto en lo que trata un cambio de producto, todo esto se realizará bajo el sistema de estudio de la metodología "DMAIC". Con la finalidad de obtener una línea de producción flexible y que pueda satisfacer las necesidades del cliente.

1.1 Descripción del problema

De acuerdo con los registros, la compañía que produce alimento para mascotas ha tenido en promedio un tiempo de cambio de producto de 2.48 horas en la etapa de extrusión de las líneas mascotas, desde Enero hasta Septiembre del 2018. Sin embargo, la compañía en el peor de los casos requiere que en promedio el tiempo de setup sea de 2 horas.

1.1.1 Alcance del proyecto

En este proyecto se examina únicamente la etapa extruido, dado a que es el cuello de botella de la línea de producción, en cuya etapa se encuentra la máquina extrusora, la misma que presenta una menor capacidad de producción respecto a las otras etapas de la línea.

1.2 Justificación del problema

Los elevados tiempos de cambio de producto ha restringido el tiempo disponible para la producción de alimentos para mascotas en la empresa, limitando a tener flexibilidad en cuanto a las órdenes de pedidos de productos terminados realizados por el cliente. Los competidores cada vez son más fuertes y atender al mercado con una buena velocidad de respuesta es esencial y clave, motivo por el cual, enfocarse al análisis de los tiempos de setup dará pautas para poder reducir dicho tiempo y además se logrará un mayor aprovechamiento de la línea.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General

Reducir el tiempo promedio de cambio de producto al menos un 10% de la etapa de extrusión de alimentos para mascotas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar exhaustivamente la situación actual del proceso permitiendo obtener la información necesaria de las causas reales del problema.
- Implementar SMED de manera que permita la reducción del tiempo de setup.
- Estandarizar el tiempo de setup de la máquina extrusora definiendo un tiempo promedio para el proceso de cambio.
- Realizar un análisis costo-beneficio de las propuestas de mejora.

1.4 Marco teórico

DMAIC

La metodología DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) tiene como objetivo reducir la variabilidad de los procesos, mediante la determinación y el control de las variables críticas (X's), las mismas que se relacionan con las variables de salida (Y's) Por consiguiente, se definen los objetivos de las etapas que tiene DMAIC:

1. Definición. – Permite determinar y establecer el propósito del proyecto, su alcance y contexto con respecto al negocio.
2. Medición. – La intención es proponer problemas enfocados, que sean más específicos que el problema inicial de la etapa de definición, para después eficientemente encontrar las causas de este, lo cual se hace más sencillo.
3. Análisis: Determina y examina las causas de influencia de acuerdo con las variables de salida.
4. Mejora. – Se plantean alternativas de solución o niveles de operación pertinentes para que ataquen a las causas raíces y de manera implícita a las variables críticas, para después verificar el proceso mejorado.
5. Control. – Con la finalidad de conservar los beneficios de las mejoras implementadas por medio de la estandarización de procesos y medidas de prevención a fallas venideras. (Buestan, 2013)

SMED

SMED es una herramienta según sus siglas (*Single-Minute Exchange of Dies*), utilizada para la reducción de tiempo, es decir que los cambios rápidos de formato puedan pasar de un lote al siguiente, en un tiempo de duración menor a 10 minutos lo cual es beneficioso para la empresa ya que al reducir el tiempo de cambio, se logra obtener más tiempo disponible para seguir produciendo otros lotes iguales o diferentes.

La técnica de SMED está compuesto por las siguientes etapas:

1. Observar y entender el proceso de cambio de lote.
2. Identificar y Separar las operaciones internas y externas.
3. Convertir las operaciones internas a externas.
4. Refinar todos los aspectos de la preparación.
5. Estandarizar el nuevo procedimiento. (Espin Carbonell, 2013)

Técnica 4W + 1H

Permite identificar el problema estructurándolo de manera organizada, de modo que se responden las siguientes preguntas ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿A quién? En la medición de datos resulta importante establecer el procedimiento a seguir para obtener los datos necesarios usando la técnica (5W – 1H) y comparando lo necesario para el proceso productivo, conduciendo al éxito las operaciones de fabricación o manufactura de productos. (Vega, 2005)

SIPOC

El Diagrama SIPOC tiene como objetivo analizar el proceso de manera gráfica para así visualizar el proceso de manera sencilla, identificando las partes que juegan un papel muy importante en el proceso, los cuales son representados por sus siglas en inglés.

Proveedor (Supplier): persona que aporta recursos al proceso.

Recursos (Inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo todo el proceso.

Proceso (Process): conjunto de distintas actividades que transforman las entradas en salidas, brindando la satisfacción del cliente (Asociación española para la calidad, 2018).

Los pasos para realizar un diagrama SIPOC son:

- ✓ Identificar el proceso de gestión y delimitar bajo análisis.
- ✓ Establecer las entradas y resultados del proceso.
- ✓ Detallar los proveedores de entradas al proceso y a su vez todos los recursos.
- ✓ Identificar los beneficiarios del producto terminado.

Voz del cliente

La voz del cliente o sus siglas en inglés (VOC) es una herramienta de mejora continua la cual permite la retroalimentación de clientes actuales y futuros, estableciendo ofertas de servicio que satisfacen y no satisfacen, de la misma manera conocer las prioridades de diseño enfocadas en las necesidades reales del consumidor. La voz del cliente se puede obtener de diferentes formas, incluidas encuestas, publicaciones, entrevistas, y grupos de enfoque. (Service Quality Division , 2016)

Diagrama Otida

El diagrama de Otida tiene dos funciones principales: la primera, representar en una gráfica las actividades que constituyen un procedimiento; la segunda, determinar si el procedimiento es o no productivo, para conocer las diferentes etapa del procesos productivo se utiliza el flujograma de tipo OTIDA (operación, transporte, inspección, demoras y almacén), con esta herramienta se puede interpretar las estaciones que deberá tener la línea de producción, por lo tanto es un procedimiento productivo, si se

quisiera mejorar se tendría que analizar las actividades y recursos que se encuentran en inspección, archivo y demora. (Krick, 2015)

Diagrama de CTQ's

CTQ (por sus siglas en inglés) se denomina como “Crítico para la calidad” y se refiere a todos los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa.

Los atributos más importantes del CTQ es que vienen directamente de la voz del cliente (VOC) y esto da a conocer un panorama más completo de las necesidades del cliente.

Los indicadores nacen de los requerimientos del cliente, la identificación y definición de CTQ no resulta siempre fácil, muchas veces estos pueden resultar muy simples y difíciles de identificar.

Pasos principales para desarrollar el CTQ (Mentory, 2014):

1. Identificación de los clientes o usuarios del producto o servicio.
2. Comprensión de los requerimientos, como por ejemplo tormenta de ideas.
3. Entendimiento de la información recolectada y convertirla en potenciales indicadores de calidad para estos se siguen los siguientes pasos:
 - a. Analizar la información y desarrollar las métricas adecuadas que evidencien el requerimiento del cliente.
 - b. Colocar prioridades a los requerimientos para seleccionar la métrica más importante de todo el ejercicio realizado.
 - c. Confirmar y validar el análisis con los clientes.

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa suele ser conocido como diagrama de causa y efecto, esta herramienta tiene como objetivo definir de forma gráfica las principales causas y de la misma manera definir la ocurrencia de un problema, el cual es definido como el efecto. El método trata de definir la ocurrencia de un problema o evento no deseable que es colocado en la cabeza del diagrama, siendo este el efecto. Así también se identifican los factores que intervienen en su formación, las cuales se colocan en cada espina del diagrama. Las causas están subdivididas en 6 categorías principales: mano de obra, máquina, método, material, medio ambiente y medidas, para un buen diagrama se realiza una rigurosa descripción de todas las sub-causas. (Global Voice of Quality , 2016)

Determinación de tiempos de trabajo

La determinación de tiempos de trabajo se puede realizar de varias formas, pero la más usada es la técnica del cronometraje cuando los procesos de la industria se ejecutan manualmente y alcanzan un alto grado de repetición, en tal caso se parte de los puntos necesarios como son: a) tiempos de observación; b) seleccionar tiempos medios y c) transformar en tiempos normales, d) obtener tiempos óptimos denominados tiempos estándar. (Cubiles, 1966)

Muestreo de tiempos de trabajo

La técnica de tiempos de trabajo permite pronosticar porcentajes de actividades, basándose en datos obtenidos a través de observaciones en el momento, se fundamenta en el cálculo de probabilidades, demostrándose que un conjunto de apreciaciones basadas en observaciones de muestras obtenidas al azar, viabilizan el pronóstico de una acción dada, dependiendo del número de muestras tomadas. Las características con respecto al cronometraje de esta medición son las siguientes:

- No se requiere de conocimientos especializados en medición.
- No es costoso.
- Dificultad para medir operaciones de muy corta duración y frecuencia.
- Bastante menos exactitud.
- Imposibilidad de aplicarlo a puestos de trabajo muy aislados. (Cubiles, 1966).

Las 5 's, metodología de la organización

Las 5S es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un plan sistemático para la clasificación, orden, estandarización, disciplina y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la competitividad de la organización y la motivación del personal en una empresa.

Clasificación: Distingue claramente lo que es necesario y debe mantenerse en el área de trabajo y lo que es innecesario y se debe desechar.

Orden: Consiste en la organización de las cosas necesarias de modo que cualquier persona pueda encontrarlas y usarlas fácilmente.

Limpieza: es limpiar y mantener las cosas en orden, además de identificar las fuentes de suciedad e inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza con el fin de identificar futuros problemas.

Estandarización: Consiste en la organización, orden y limpieza de trabajo tanto en planta como en el área administrativa. Esto implica proporcionar estándares de limpieza y de

inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. (Kleber F. Barcia Villacreses, 2006).

Setup – Tiempo de cambio de producción

Se denomina SETUP a la preparación y ajuste que se lleva a cabo antes de realizar una operación. La operación es la transformación realizada por operarios y máquinas sobre el producto.

Uno de los retos más importantes de las líneas de producción es reducir y optimizar el máximo tiempo de paro. Por eso se realizan mejoras en los cambios de formatos en los equipos, optimizando al máximo el trabajo de las actividades externas e internas.

- Actividades Externas: Actividades que se pueden ejecutar mientras la máquina está operando, ejemplo: Preparar herramientas, elaborar un plan para el cambio.
- Actividades Internas: Actividades que se deben ejecutar mientras la máquina está parada, ejemplo: Cambio de herramientas. (Sacristán, 2009)

Pasos Básicos del SETUP

Para el análisis del SETUP se realizan los siguientes pasos principales. (Castaño, 2017)

1. Preparación, ajuste y verificación sobre materiales y herramientas.
2. Montaje y desmontaje de cortantes, herramientas y partes.
3. Medición, puesta a punto y calibración.
4. Estudio de tiempos y movimientos involucrados en cada paso del SETUP.
5. Prueba y ajuste.

Proceso de Extrusión

El proceso de extrusión se da luego de la mezcla, pasa por el extruder, que es donde se realiza la extrusión, allí los almidones serán desdoblados y se eliminarán las bacterias patógenas que pudieran estar presente en las materias primas, la extrusión se realiza a una temperatura de 130 a 135 °C, con un máximo de un minuto para no dañar las vitaminas.

El sistema de cocinado en la extrusión constituye uno de los puntos más importantes en la planta de fabricación de alimentos de mascotas por lo tanto debe contener los siguientes puntos (Latus, 2014; Latus, 2014):

- a. Tolva de retención de materia prima mezclada, la cual se encarga de descargar la materia prima ya mezclada y seca de manera continua y uniforme al extrusor.
- b. Dispositivo de colocación-alimentación para alimentar la materia prima seca y mezclada de manera uniforme e ininterrumpida a la tasa deseada de producción.

- c. Cilindro de acondicionamiento para combinar de manera uniforme la materia con la mezcla pre-medida seca.
- d. Un ensamble del extrusor con una configuración de cierres de cabezas, tornillos y corte seleccionado.

Gráficas de Control $\bar{X} - R$

Las gráficas de control tienen como finalidad estudiar la variabilidad a través del tiempo de variables continuas. Ya que los procesos siempre tienen variación porque participan un sin número de factores como, por ejemplo: los materiales, mano de obra, método de trabajo que asignan variabilidad a la variable de salida del proceso. Cabe recalcar que estas gráficas no solo sirven para analizar las variables de salida del proceso, sino también para las variables de entrada.

Las cartas de control poseen límites superior, inferior y central, éstas se calculan a partir de la variación estadístico de los datos que se expone en la carta.

Los datos sobre las variables independientes se toman cada determinado tiempo o cantidad, de las cuales se mide una o varias características de la calidad. Formando un subgrupo del cual se calculará la media y el rango.

Se presentan dos gráficas para establecer si el proceso está bajo control estadísticos y son: gráfica \bar{X} y gráfica R. Además, existen ciertos criterios para identificar si las gráficas siguen un patrón que permite evaluar si las gráficas siguen un proceso estable. (Vara Salazar & Gutiérrez Pulido, 2009)

Aplicación de la metodología SMED en el procedimiento de cambio de tintas

Una empresa de empaques plásticos tiene ciertas dificultades sobre el procedimiento de cambio de tinta, de modo que se implementó la metodología *Single-Minute Exchange of Die (SMED)*, cuyo resultado es la reducción del tiempo de cambios para obtener una productividad del 10% lo cual implica una reducción de tiempo de cambio de un 25% del tiempo programado de la maquinaria al mes. Una de las fases fundamentales en SMED es saber convertir las actividades internas en externas, una actividad externar, es una actividad que se puede ejecutar cuando la máquina está trabajando, una actividad interna, es una actividad que se realiza únicamente cuando la máquina no está trabajando. (Fernando Ulpiano Pantoja Agreda, 2016)

Implementación de la metodología 5's en un centro integrado de capacitación

Con la implementación de la metodología 5's tiene como objetivo aumentar la productividad y a la vez proporcionar a los empleados un ambiente laboral seguro.

La adecuación de los materiales de un aula y un clima adecuado se logró tras la implementación, las auditorias antes y después ayuda a reflejar el cambio esperado en un laboratorio de hematología. Además, se presencié acuerdos y desacuerdos entre los ocupantes del laboratorio en temas de, piensan que el lugar esta ordenado, los materiales están en el lugar adecuado, hay accesibilidad de los materiales y el conocimiento de cómo actuar ante algún riesgo o incidente laboral. (Faulí Marín, Ruano Casado, Latorre Gómez, & Ballestar Tarín, 2013)

CAPÍTULO 2

2. Metodología

El presente proyecto se realizó mediante la metodología DMAIC con el objetivo de aminorar la variación de los procesos, porque permite identificar y controlar las variables de salida o entrada del proceso.

2.1 Etapa de Definición

Para la etapa de definición se necesitó de algunas herramientas como, por ejemplo: 4W + 1H, VOC, el diagrama de SIPOC y por último la identificación de los parámetros críticos de la calidad (o también llamado CTQ's), que permitió encontrar la variable respuesta al proyecto.

2.1.1 Levantamiento de información

La empresa presenta dos líneas de extrusión que producen alimentos para mascotas, motivo por el cual en este proyecto solo se enfoca en una de ellas.

En la figura 2.1 se presenta una línea de extrusión de alimentos para mascotas, que está compuesta por los siguientes procesos:

- Preparación de materia prima.
- Extruido.
- Secado.
- Enfriado.
- Baño de croquetas con aromas y aceites.
- Empaque.

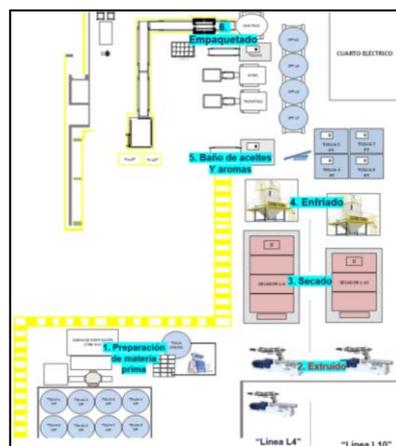


Figura 2.1 *Layout* de Líneas de producción de alimentos para mascotas

Fuente: Estrella Cumbe / Planta de Balanceados

Además, tener presente que la línea entera tiene varios tipos de setups en cada una de las etapas del proceso, y por lo general estos tiempos son diferentes.

Como se mencionó anteriormente hay dos líneas de macotas, una de ellas catalogada como Línea 4, ésta está compuesta por dos extrusoras que trabajan paralelamente, mientras que la otra línea posee solo una extrusora y es llamada Línea 10.

En la figura 2.2, se muestran los tiempos de setups promedio de las líneas L10 y L4 de la etapa de extrusión, y también se adjunta el tiempo deseado de setup promedio por parte de la empresa, el cual es de 2 horas, se concluye que durante los 7 primeros meses del año tienen en promedio un tiempo de setup de 2.48 horas.

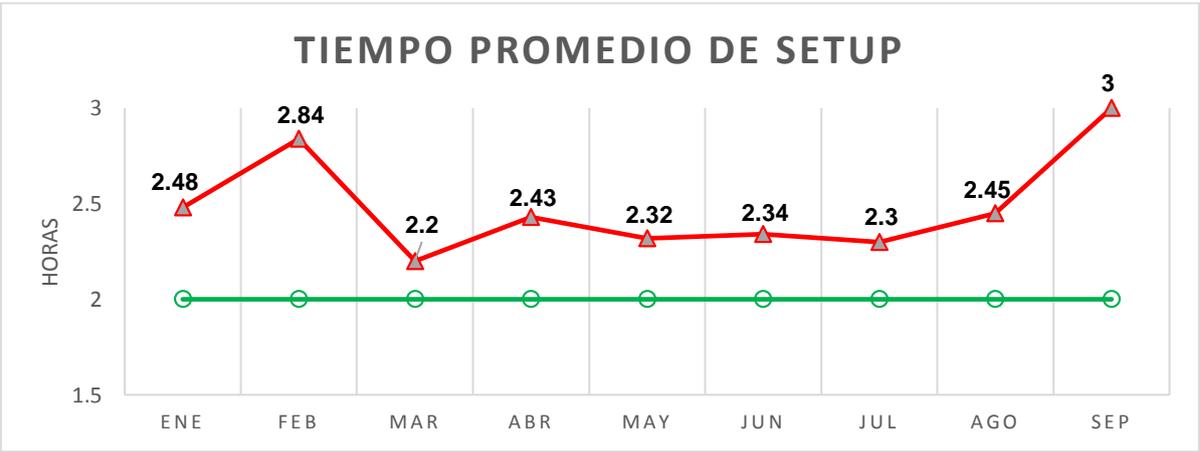


Figura 2.2 Serie de tiempos de setup de las líneas de extrusión

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.1.2 Declaración del problema

Dado el uso de la herramienta de 4W + 1H, observe la tabla 2.1 se exponen 5 preguntas que tienen como objetivo definir el problema general del proyecto. Este es el punto de partida, que permitirá encontrar las causas y la soluciones al problema.

Tabla 2.1 4W +1H, definición del problema

¿Qué?	Los altos tiempos promedios de setups.
¿Dónde?	En la etapa de extrusión.
¿Cuándo?	Cuando ocurren cambios de producto.
¿Qué tanto?	Cuya duración es en promedio de 2,48 horas.
¿Cómo lo sé?	Y la empresa en el peor de los casos quiere tener un tiempo promedio de setup de 2 horas.

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.1.3 Determinación del alcance

Se evalúan a todos los que intervienen en el proceso productivo de elaboración de croquetas para mascotas en el área de extrusión, cuando se realizan un setup (cambio de producto). Para determinar el alcance del problema se muestra el siguiente SIPOC.



Figura 2.3 Diagrama de SIPOC

Elaborado por: Estrella Cumbe.

En la figura 2.3 Diagrama de SIPOC, el proceso de setup posee entradas y salidas de recursos, que van desde el proveedor hasta los clientes. Dicho proceso de setup tiene 6 etapas, la cual inicia por el apagado de la máquina extrusora y termina en la puesta a punto de esta.

2.1.4 Voz del cliente

Con la herramienta “Voice of Customer” se registra los requerimientos que tienen los clientes, cabe recalcar que este tema se trató con el departamento comercial más el departamento de producción. Para después encontrar cuál es el conductor y de la misma manera encontrar la cualidad crítica de calidad (CTQ), para después encontrar las posibles variables respuestas a solucionar nuestro problema, observe la figura 2.4 en el que se detalla la voz del cliente.

Voz del cliente (VOC):

- Hay variabilidad en los tiempos de setups establecidos en las líneas de producción de alimento para mascotas.

- El tipo de setup más frecuente sucede cuando se realizan cambios de producto entre alimentos de mascotas, siendo este llamado “Setup corto” o solo setup.
- En ciertas actividades del proceso de setup sea corto o largo, toman mucho tiempo.
- Los clientes finales demandan una corta respuesta referente a sus pedidos, dado a que actualmente posee gran variedad de sku’s de alimentos (perros, gatos y peces).

Los conductores son los siguientes:

- Medir el tiempo.
- Flexibilidad.

Los indicadores que me permitirán medir la variable respuesta son:

- Tiempo promedio de setup.
- Plazo de entrega.

El indicador seleccionado es el Tiempo promedio de setup, dado a que éste es el que permitirá medir directamente el problema que notifica el cliente.

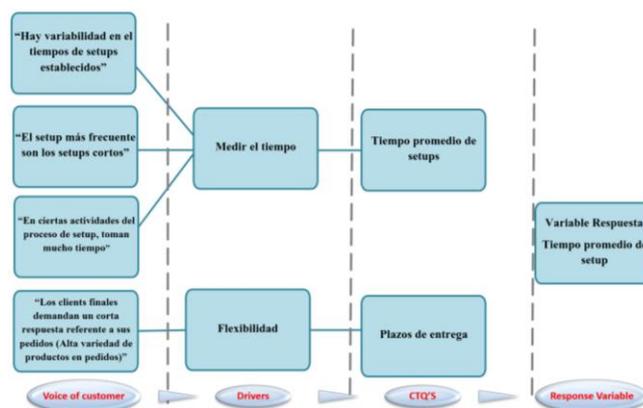


Figura 2.4 CTQ'S, Identificación de la variable respuesta

Elaborado por: Estrella Cumbe. / Dpto. de Producción de planta de Balanceado
 Para obtener la información del cliente, se realizó una entrevista, observe la tabla 2.2, en el cual se detallan las preguntas de la entrevista realizada al gerente de planta.

Tabla 2.2 Entrevista a los clientes - Planta de balanceado

Cientes entrevistados	Gerente de planta Supervisor de las líneas de mascotas Planificador de la producción	
Tipo de entrevista	Preguntas	¿Qué tipo de setup es más relevante en la línea de extrusión?
Objetivo de la entrevista	Elegir el setup que causa más impacto en la línea de mascotas, expuesto por el cliente	

Elaborado por: Estrella Cumbe. / Dpto. de Producción / Gerencia

En resumen, se obtuvo lo siguiente:

- Dada la nueva política de la compañía implementada en octubre, los Setups largos se realizarán cada que se necesite producir alimento para peces, disposiciones dadas por el departamento de planificación.
- Los setups cortos ahora son los más frecuentes, es decir en un mes existen en promedio 19 setups entre largos y cortos en una línea de extrusión, de los cuales 15 son setups cortos y 4 son setup largos.

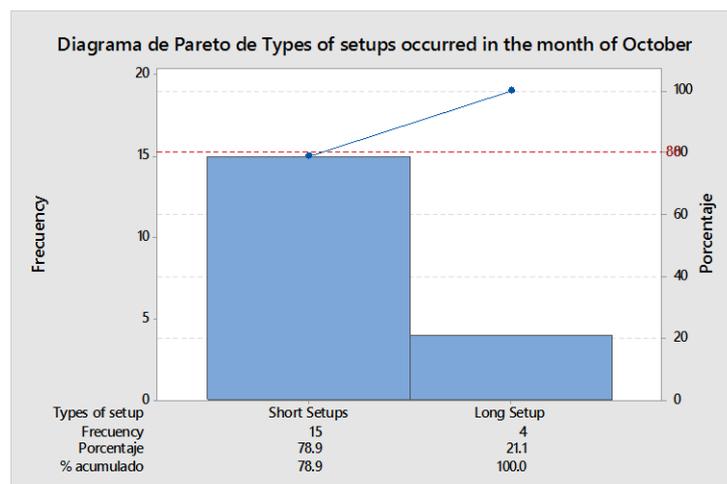


Figura 2.5 Diagrama de Pareto - Setups

Elaborado por: Estrella Cumbe / Planta de Balanceado.

En la figura 2.5 se detalla el diagrama de Pareto de los tiempos de setups en las líneas de extrusión de alimentos para mascotas, con lo cual se concluye que el 80% de los setups que ocurren en las líneas de mascotas en el mes, son causados por los "setups cortos" o también llamados "setups" en este proyecto. Los mismos que ocurren solo cuando hay cambios de producto entre alimentos de mascotas, es decir pasar de producir alimentos de perros a gatos o viceversa.

2.1.5 Restricciones del proyecto

Existen restricciones en la toma de datos, debido a que la línea de mascotas puede tener planificado que un alimento tenga varios días de extrusión, o también llamado corridas largas, según el departamento de planificación lo disponga.

Se listan en general las siguientes restricciones para el proyecto:

- Tiempo: dado a que la duración de un setup tiene más de dos horas.
- Disponibilidad: la persona a cargo del proyecto, tienen que estar presente justo cuando ocurren los setups, cabe recalcar que éstos setups pueden ocurrir en cualquier hora del día, de acuerdo con el plan de producción semanal. Actualmente, la empresa tiene 2 turnos de trabajo de 12 horas.

2.2 Etapa de Medición

En esta etapa se tiene como objetivo medir las variables importantes del proceso, estratificarlos y por último enfocar el problema.

2.2.1 Diagrama de flujo del proceso de setup en las máquinas extrusoras

En la figura 2.6 Diagrama Otida, se presenta el proceso de setup de la línea L4, con sus respectivos tiempos promedios en minutos, en el que se demoran cada una de las seis etapas del proceso del setup.

El Diagrama Otida contiene:

- Etapas del proceso de setup.
- Estratificación de actividades Externas e Internas.
- Nombre de la actividad.
- Número de actividades.
- Clasificación de las actividades en: Operación, Transporte, Control, Espera, y la combinación de actividades de Operación y Control.
- Tiempo de cada actividad, este es la suma de las actividades de las dos extrusoras, ya que se realizan en el setup las mismas actividades.
- Estratificación de las actividades que agregan y no agregan valor.

Extrusora E 200 -E131												
Etapas del proceso de cambio	Actividades Internas/ Externas	Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Time (min)	AV / NAV			
Apagar la máquina extrusora	Interna	1 Tiempo de espera por enfriamiento de extrusora						7	NAV	Red		
Sacar el portamatriz usado	Interna	2 Desatornillar el "conjunto de matriz" y portador de cuchillas.						10	AV	Green		
Limpieza del cañón de extrusora	Interna	3 Busca guante para tomar el conjunto y colocarlo en la mesa de trabajo						1	NAV	Red		
		4 Se trae el tanque de recolección de desperdicios hacia el área de extrusión						3	NAV	Red		
		5 Abre válvula de vapor						2	AV	Green		
		6 Enciende el cañón de extrusora para sacar la primera basura, haciendo fluir vapor en la extrusora.						5	AV	Green		
		7 Limpia la extrusora con escoba mientras sale desperdicio de la máquina.						4	AV	Green		
		8 Cierra válvula de vapor						1	AV	Green		
		9 Trae manguera de aire comprimido al área de extrusión						0.5	NAV	Red		
		10 Limpia extrusora con aire comprimido						2	AV	Green		
		Limpieza de cuchillas	Externa	11 Se desglaza y busca herramientas "T" en la mesa de trabajo						3	NAV	Red
				12 Sacar residuos de alimento seco que se encuentra la matriz (forma de caparazón)						4	AV	Green
13 Busca herramientas de desajuste de tuercas con llave alex #24								2	NAV	Red		
14 Desajusta y retiran tornillos de la parte superior del portacuchillas (84 tornillos)								4	AV	Green		
15 Desajusta y retira perno principal con llave alex #24								1	AV	Green		
16 Desmonta portacuchillas								0.6	AV	Green		
17 Busca espátula								3	NAV	Red		
18 Sacar residuos con espátula del disco base en los bordes								4	AV	Green		
19 Busca y toma la varilla de acero								1	NAV	Red		
20 Sacar residuos de alimento del dado usando alambre (orificios que tienen las formas de las croquetas)								20	AV	Green		
21 Desajusta #6 tuercas del portamatriz con llave alex #24 para sacar la matriz								4	AV	Green		
22 Busca nuevo dado								2	NAV	Red		
23 Limpia nuevo dado por medio de aire comprimido								2	AV	Green		
24 Busca trazo								2	NAV	Red		
25 Limpia la base								1	AV	Green		
26 Adjunta el dado nuevo								1	AV	Green		
27 Encuadre de huecos de la base del portamatriz con el nuevo dado						1.6	AV	Green				
28 Ajusta tuercas para unir el dado y la porta matriz						2	AV	Green				
29 Limpia las cuchillas						1	AV	Green				
30 Afila una parte de las cuchillas						6	AV	Green				
31 Adjunta y encuadra el portacuchillas con base de portamatriz						2	AV	Green				
32 Busca pedazos de papel para realizar la inspección de separación de cuchillas (Sipereencia, el periódico no tiene que pasar por las cuchillas)						0.8	NAV	Red				
33 Inspecciona separación de cuchillas						1	AV	Green				
34 Inspección de separación de cuchillas*						2	NAV	Red				
35 Coloca aceite en las cuchillas						1	AV	Green				
36 Inspección de separación de cuchillas						1	AV	Green				

Colocar conjunto en máquina extrusora	Interna	37	Se desplaza hacia la extrusora para colocar el conjunto (Matriz, Base y Cuchillas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	AV	
		38	Ajusta tuercas del conjunto con Extrusora (Cierra boca de extrusora y adjunta el motor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	AV	
		39	Inspecciona si está correctamente ajustada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.5	AV	
Puesta a punto de extrusora	Interna	40	Inspecciona que las tolvas esten llenas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	AV	
		41	Abrir las valvulas de vapor del distribuidor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	AV	
		42	Digita en el panel los parámetros de arranque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	AV	
		43	Abrir llaves de vapor del preacondicionador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	AV	
		44	Verificar humedad y temperatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	AV	
		45	Inspección de salida del producto y estabilizar los parámetros de arranque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	AV	
		46	Regular la cantidad de vapor, agua en el cañón en llaves del sistema y colorante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.8	AV	
		47	Activar el extractor neumático y válvula rotativa para que el alimento ingrese al secador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.8	AV	

Figura 2.6 Diagrama Otida del proceso de Setup

En el diagrama Otida que antecede, solo se presentan 47 actividades que se realizan en el setup de una sola extrusora, y como se tiene otra extrusora en la línea L4, entonces se cuenta con un total de 94 actividades para el proceso de setup, observe la tabla 2.3 Resumen de tiempos y actividades de setups de la línea 4, en cual se puede también resaltar que el setup tiene una duración de 147.6 minutos.

Observación: Cada extrusora presenta las mismas 47 actividades en el proceso de setup y la diferencia se ve por la línea de producción, es decir que en la línea L4 hay 94 actividades y en la línea L10 hay 47 actividades en el mencionado proceso de setup.

Tabla 2.3 Resumen de tiempos de actividades del proceso de setup (Antes)

Resumen del proceso de SETUP (Antes)		
Descripción de tiempos del proceso	Tiempo	Número de actividades
Tiempo total del proceso de setup (Min)	147.6	94
Tiempo total de las actividades que agregan valor (Min)	119	70
Tiempo total de las actividades que no agregan valor (Min)	15	10
Tiempo total de las actividades que no agregan valor, pero son necesarias (Min)	14	14

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.2.2 Plan de recolección de datos

Las etapas del setup, tienen actividades que se pueden medir por tiempo y además se tienen presente algunas variables de origen no numérico. A continuación, en la tabla 2.4 Plan de recolección de datos, se detallan las variables, definición operativa, etc.

Tabla 2.4 Plan de Recolección de datos

Persona a cargo		Estrella Carolina Cumbe. González					
Variable	¿Qué?			¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cómo?	
	Definición operativa	Unidad de medida	Tipo de información			¿Cómo se obtendrá el dato?	Cálculo de la variable
A1	Apagar la máquina extrusora	Hora	Continuo	Etapa de extrusión	Esto me permitirá medir la variable respuesta de mi problema	Observación Directa	Estudio de tiempos del proceso
A2	Sacar el portacuchillas y portamatriz usado	Hora	Continuo	Etapa de extrusión		Observación Directa	Estudio de tiempos del proceso
A3	Limpieza del cañón de extrusora del producto saliente	Hora	Continuo	Etapa de extrusión		Observación Directa	Estudio de tiempos del proceso
A4	Limpieza de cuchillas y matriz del conjunto	Hora	Continuo	Etapa de extrusión		Observación Directa	Estudio de tiempos del proceso
A5	Colocar conjunto en máquina extrusora	Hora	Continuo	Etapa de extrusión		Observación Directa	Estudio de tiempos del proceso
A6	Puesta a punto de la máquina e inspección del nuevo producto	Hora	Continuo	Etapa de extrusión		Observación Directa	Estudio de tiempos del proceso
YT	Tiempo de setup corto	Hora	Continuo	Etapa de extrusión		Observación Directa	Datos históricos
SW	Turno de trabajo	Cualitativo	Ordinal	Etapa de extrusión		Observación Directa	Datos históricos
FTS	Tipo de producto	Cualitativo	Nominal	Etapa de extrusión		Observación Directa	Datos históricos

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.2.3 Validación de datos

La empresa toma el tiempo que duración de cada setup, pero con observación directa en el puesto de trabajo se corrobora que los operarios no anotan la hora exacta, y tienden a redondear o poner una hora cercana, aproximadamente a la duración usual que tiene

el setup corto. Por lo que se realizó un estudio de tiempos de todas las actividades, los mismo que se puede observar en el Figura 2.6 del diagrama Otida.

Como el proceso de setup tiene una duración mayor a 2 horas, se selecciona el tamaño de muestra que recomienda General Electric Company.

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

Figura 2.7 Número recomendado de ciclos de observación.

Elaborado por: General Electric Company.

Se analiza la diferencia entre los turnos, tomando 2 muestras para el turno de las noches y 2 muestras para el turno de día. Con un total de 4 datos tomados de setups cortos por cada línea de producción.

Confiabilidad de los datos

La compañía registra el tiempo de configuración en los informes diarios de paras, el cual tiene el número de turno, la descripción del alimento que se extruye, tiempos y la razón de la paras tanto programadas como no programadas.

Turno	Producto	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo de Para (min)	# Individuos de Respuesta	Respuesta	Firma Responsable	Observaciones
1	pollo	03:00	03:10	56				limpieza total del sistema
1	pollo	12:20	13:50	30m				setups malicia pedera chuscas
1	pollo	14:00	14:40	30m				se está volviendo a ajustar
1	pollo	15:30	20:00	150m				se está extruendo
2	H. pollo	00:00	22:10	2 10				Para por abastecimiento de materia que dejó el turno siguiente
2	H. pollo	01:25	08:00	6 45				Para por falta de Energía

Figura 2.8 Formato de registro diario de paras programadas y no programadas.

Elaborado por: Planta de Balanceados.

Precisión de la toma de datos

Los datos de la duración de las actividades en la etapa de medición se tomaron con un cronómetro, cuyos valores de tiempo tomados tienen un error aproximadamente de 0.00833% a 0.00416%.

Estratificación del problema general

Condiciones de trabajo:

- Cada turno tiene un operario a cargo por la línea de extrusión.
- La empresa trabaja las 24 horas y cada turno dura 12 horas.
- Son 4 muestras por una línea de producción para realizar el análisis de estratificación del problema.

Hay tres criterios de estratificación por líneas de producción, Turno de trabajo y Operador

1. Por líneas de producción: L4 vs L10

Para evaluar si influye el criterio sobre el tipo de línea de mascotas, se realiza pruebas de Anova y Tukey el cual nos dará como resultado si estos datos pertenecen al mismo grupo.

- Prueba de hipótesis

H_0 : Las medias del tiempo de setup de la línea 4 y Línea 10 son iguales

H_1 : Por lo menos una media es diferente

ANOVA de un solo factor: Setup corto vs Líneas de Producción							Comparaciones en parejas de Tukey			
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$							Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
Análisis de Varianza							Líneas N Media Agrupación			
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	4	4	147.90	A	
Líneas	1	3200.0	3200.0	20.51	0.004	10	4	103.00	B	
Error	6	936.0	156.0			Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.				
Total	7	4136.0								

Figura 2.9 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs. Línea de Producción

Elaborado por: Estrella Cumbe / Programa Minitab.

Inferencia:

Aceptar hipótesis nula sí, el valor P es mayor que el valor de significancia.

En este caso el valor p es de 0.004 y el valor de significancia es de 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, observe en la figura 2.9 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs Líneas de producción.

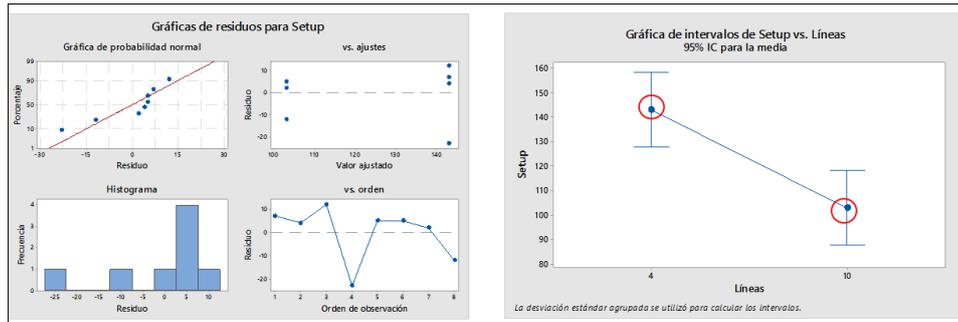


Figura 2.10 Gráfica de residuos -Líneas de producción

Elaborado por: Estrella Cumbe / Programa Minitab.

Conclusión:

Previo al análisis Anova, se concluye que las medias no son iguales, lo cual se corrobora también realizando el método de Tukey, éste último agrupa sus medias en diferentes categorías A y B, con un nivel de confianza del 95%.

Es decir, hay una diferencia significativa entre las medias de la línea 4 y 10, con respecto a los tiempos de setups cortos.

Motivo por el cual el presente Proyecto se enfoca en la línea 4 porque presenta en promedio un tiempo de 140 minutos de setups, el cual es mucho mayor que la línea 10.

2. Por turno de trabajo: Turno 1 vs Turno 2

Para evaluar si influye el criterio de turno de trabajo, realizamos una prueba de Anova y Tukey, el cual nos dará como resultado si estos datos pertenecen al mismo grupo.

Prueba de hipótesis:

H_0 : Las medias del tiempo de setup del Turno 1 y Turno 2 son iguales

H_1 : Por lo menos una media es diferente

ANOVA de un solo factor: T1, T2						Comparaciones en parejas de Tukey			
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$						Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.						Shift N Media Agrupación			
Análisis de Varianza						1	2	153.5	A
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	2	2	142.5	A
Shift	1	121.0	121.0	0.16	0.731	Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			
Error	2	1557.0	778.5						
Total	3	1678.0							

Figura 2.11 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs. Turno de Trabajo

Elaborado por: Estrella Cumbe / Programa Minitab.

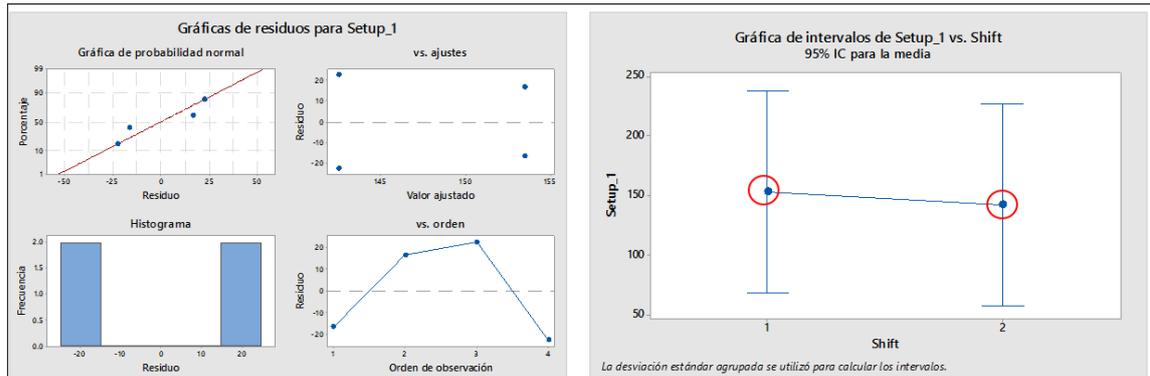


Figura 2.12 Gráfica de residuos - Turnos de trabajo

Elaborado por: Estrella Cumbe / Programa Minitab.

Conclusión:

Evaluando con las dos pruebas de Anova y Tukey, observe en la figura 2.11 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs Turnos de trabajo, se dice con un 95% que no hay una diferencia significativa entre las medias el Turno 1 y el Turno 2 con respecto a los tiempos de setups cortos. Se rechaza la hipótesis nula, debido a que el valor P (0.731) es mayor que el nivel de significancia 0.05 y por ende no se escoge este criterio.

3. Por operador de línea: Método de trabajo del Operador 1 vs Operador 2

Para evaluar si influye el criterio de turno de trabajo, realizamos una prueba de Anova y Tukey, el cual nos dará como resultado si estos datos pertenecen al mismo grupo.

Prueba de hipótesis:

H_0 : Las medias del tiempo de setup del Operador 1 y Operador 2 son iguales

H_1 : Por lo menos una media es diferente

ANOVA de un solo factor: Operador1, Operador2							Comparaciones en parejas de Tukey			
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$							Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.							Operador N Media Agrupación			
Análisis de Varianza							Torres	2	167.50	A
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Pilla	2	128.50	B	
Operador	1	1521.0	1521.00	19.38	0.048	Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.				
Error	2	157.0	78.50							
Total	3	1678.0								

Figura 2.13 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs. Operadores

Elaborado por: Estrella Cumbe / Programa Minitab.

ANOVA de un solo factor: Operador1, Operador2						Comparaciones en parejas de Tukey		
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$						Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%		
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis						Operator N Media Agrupación		
Análisis de Varianza						Torres 2 167.50 A		
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Pilla 2 128.50 B		
Operator	1	1521.0	1521.00	19.38	0.048	Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.		
Error	2	157.0	78.50					
Total	3	1678.0						

Figura 2.14 Análisis de Anova y Turkey – Operadores

Elaborado por: Estrella Cumbe / Programa Minitab.

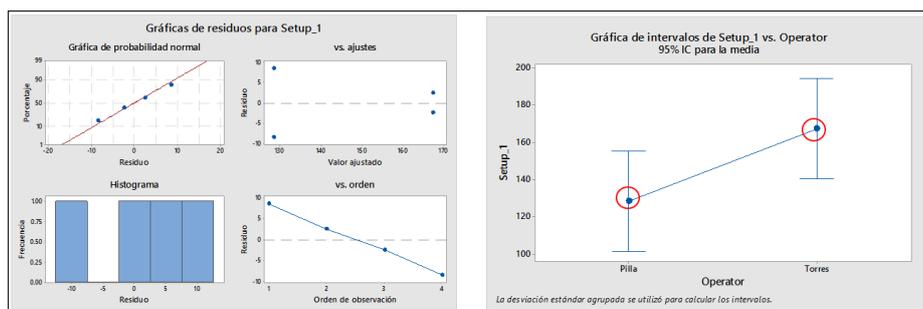


Figura 2.15 Gráfica de residuos – Operadores

Elaborado por: Estrella Cumbe. / Programa Minitab.

Evaluando con las dos pruebas de Anova y Tukey, observe en la figura 2.14 Prueba de Anova y Tukey de Setups vs Operadores, se dice con un 95% que hay una diferencia significativa entre las medias el Operador 1 y el Operador 2 con respecto a los tiempos de setups cortos. Se rechaza la hipótesis nula, debido a que el valor P (0.048) es menor que el nivel de significancia 0.05 y por ende se escoge este criterio también.

Muestras tomadas para la línea 4

Se presenta el tiempo según las etapas que tiene el proceso de setup, pero antes se especifica cuáles son esas actividades, observe la tabla 2.5 Actividades generales del proceso de setup corto.

Tabla 2.5 Actividades generales del proceso de setup corto

A1	Inicia setup desde la última pieza del lote que se está fabricado
A2	Apagar de máquina extrusora
A3	Limpieza del cañón de la extrusora
A4	Sacar el conjunto de portacuchillas y portamatrices de la máquina extrusora
A5	Limpieza del conjunto de portacuchillas y portamatrices
A6	Colocación del conjunto
A7	Puesta a punto de la máquina o arranque de máquina extrusora.

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Tabla 2.6 Recolección de datos del setup en la línea 4

Muestras de Setup	Y1: A2-A1	Y2: A3-A2	Y3: A4-A3	Y4: A5-A4	Y5: A6-A5	Y6: A7-A6	Tiempos de setup
S1	5.00	10.00	18.00	72.00	8.00	24.00	137.00
S2	11.00	14.00	21.00	76.00	16.00	32.00	170.00
S3	11.00	10.00	19.00	80.00	13.00	32.00	165.00
S4	5.00	6.00	16.00	64.00	9.00	20.00	120.00
S							
Promedio Antes	8.00	10.00	18.50	73.00	11.50	27.00	148.00

Elaborado por: Estrella Cumbe.

En la figura 2.16 Duración entre actividades del setup de las 4 muestras, se observa el tiempo en minutos de cada una de las actividades y también se resalta que el mayor tiempo lo tienen entre la finalización de la actividad A4 a la actividad A5, es decir en la etapa Y4, la cual es de limpieza con un tiempo promedio de 73 minutos, tal como se demuestra en la Tabla 2.6 Recolección de datos del setup en la línea 4.



Figura 2.16 Duración entre actividades del setup de las 4 muestras

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Definición del problema enfocado

Para la definición del problema enfocado, también se utilizó la herramienta 4W + 1H para definir el problema enfocado, observe la figura 2.17.

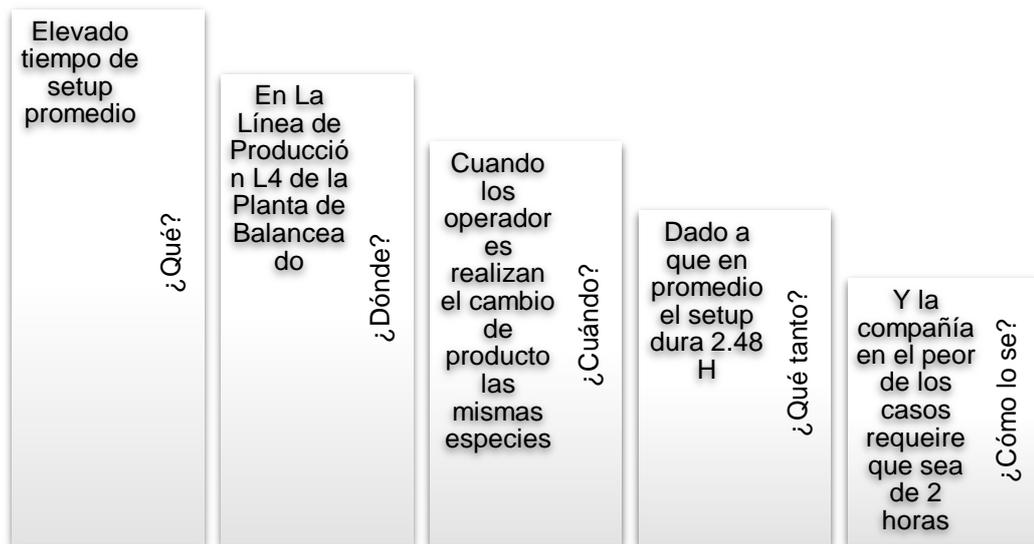


Figura 2.17 definición del problema enfocado

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Observación: recordar que luego de realizar el análisis estadístico se concluye que el proyecto se enfoca en el Línea L4 dado a que presenta en general un mayor número de actividades de setup y por ende un mayor tiempo.

2.3 Etapa de análisis

Para la fase de análisis de problema, se requirió ayuda de todo el personal implicado en el área de extrusión, es decir operadores, supervisores y jefe de producción. Con el objetivo de encontrar las causas raíces del problema.

2.3.1 Lluvia de ideas

Al iniciar la etapa de análisis primero se inició con una lluvia de ideas, para proceder a organizar y clasificar las ideas en un diagrama de ishikawa, observe la figura 2.18.

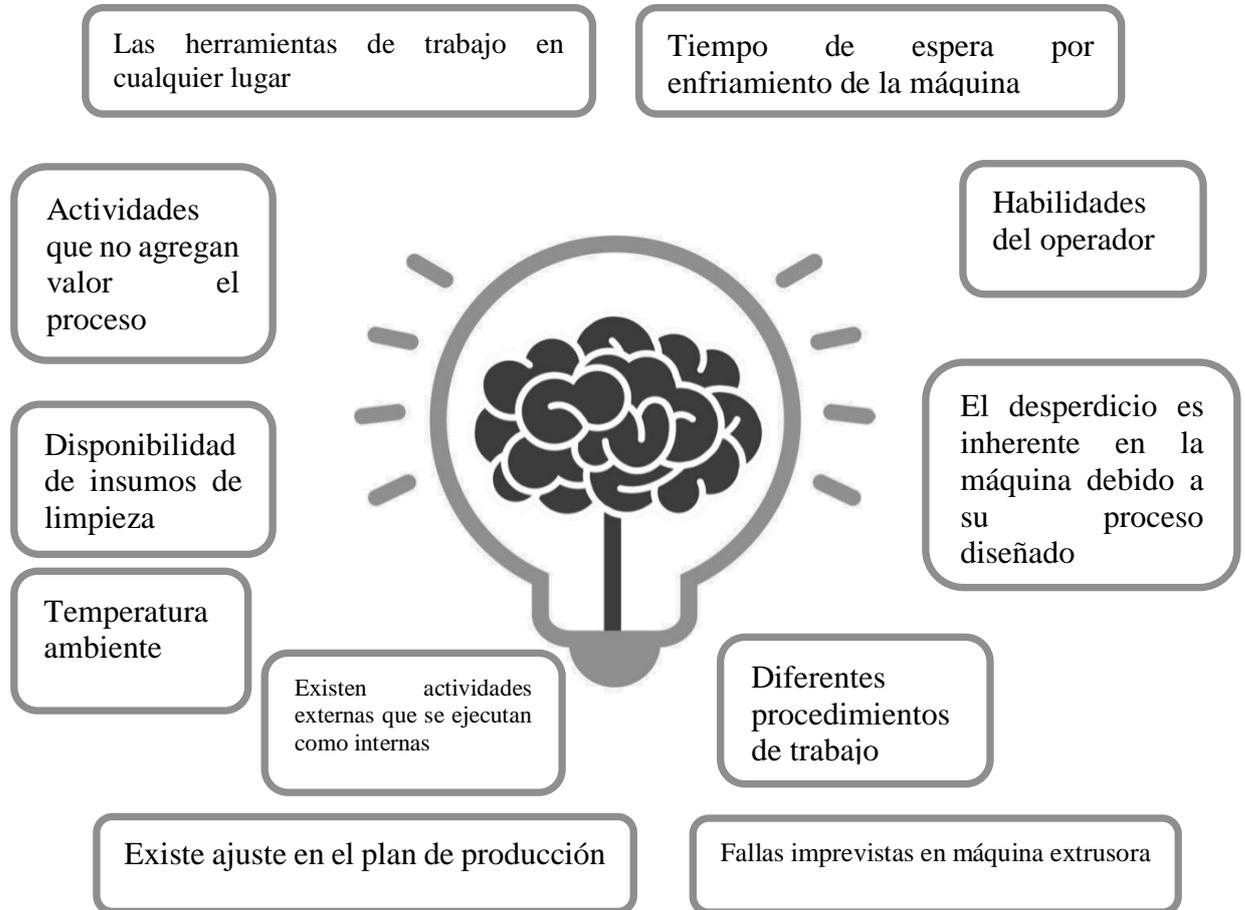


Figura 2.18 Lluvia de Ideas

Elaborado por: Estrella Cumbe, Supervisor de líneas de mascotas y Operadores extrusores.

2.3.2 Ishikawa

En el diagrama de Ishikawa se ordenan las ideas brindadas por todo el personal involucrado. En 5 categorías que son: Material, Ambiente, Fuerza de Trabajo, Método y Máquina.

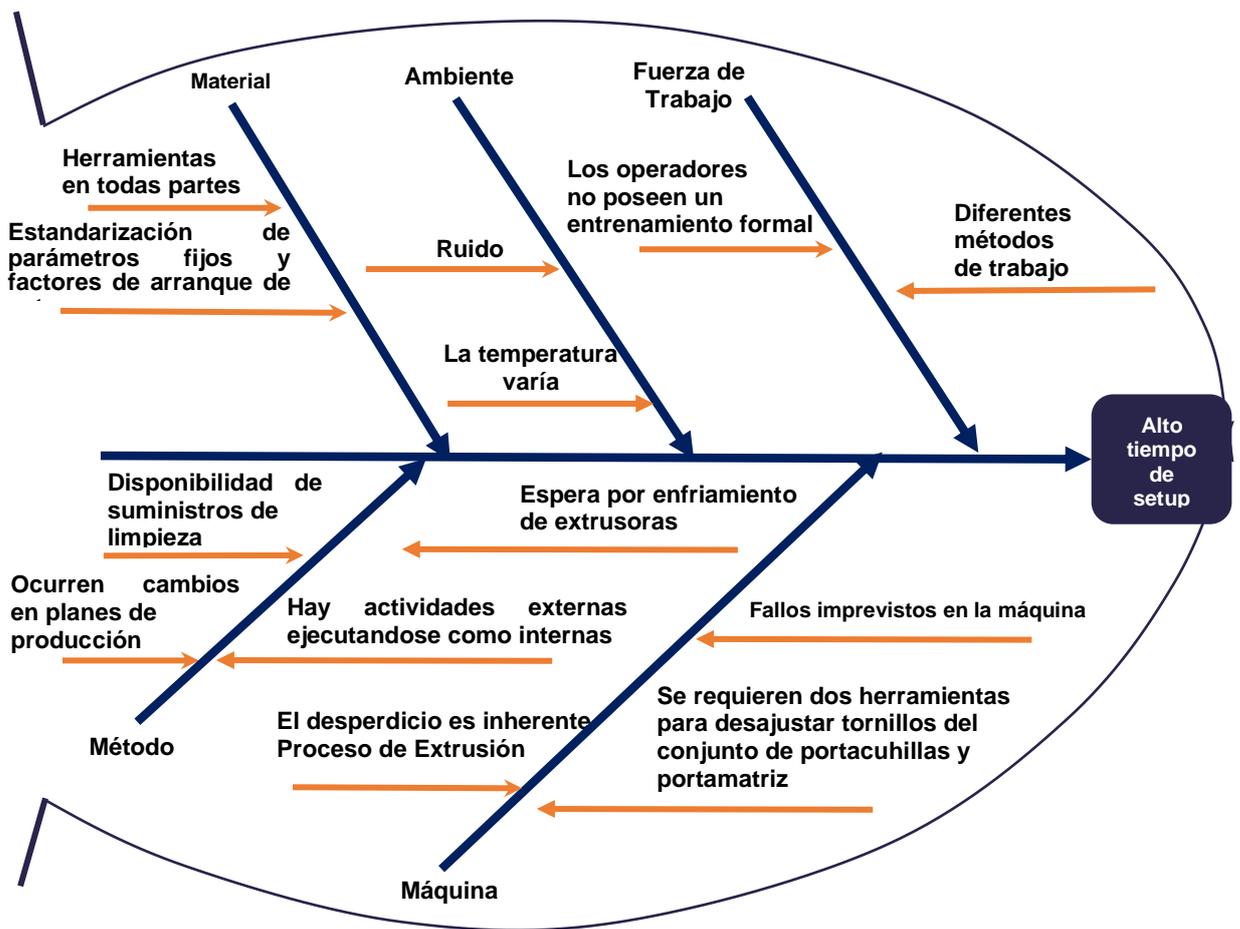


Figura 2.19 Ishikawa

Elaborado por: Estrella Cumbe.

En el siguiente punto que se lleva a cabo, se califican todas las causas que se encuentran en el diagrama Ishikawa.

2.3.3 Matriz de Causa – Efecto

Para elaborar la matriz de Causa- Efecto, las calificaciones que serán asignadas a las causas dependiendo del criterio tanto del autor del proyecto, así como también de los supervisores y jefes del área de producción.

A continuación, se presentan la tabla de calificaciones de cada causa con respecto el problema principal que es el elevado tiempo de setup, con el objetivo de elaborar la matriz de priorización de causas.

Tabla 2.7 Calificación de Relación con respecto el tiempo de Setup

Relación	
vacío	No importa
1	Baja relación
3	Mediana relación
9	Fuerte Relación

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Matriz de priorización de causas

En la tabla 2.8, la matriz posee 13 causas con su respectiva calificación de relación y control.

Tabla 2.8 Matriz de priorización de causas

Setup corto - Área de extrusión	Causas		Impacto	Control
X	1	Herramientas por todas partes	9	Fácil
	2	Disponibilidad de suministros de limpieza	3	Fácil
	3	Ruido	3	Fácil
	4	Temperatura varía	3	Difícil
	5	Capacitaciones formales	9	Difícil
	6	Diferentes procedimientos de trabajo	3	Difícil
	7	Estandarización de los parámetros fijos de arranque de máquina Extrusora	9	Difícil
	8	Desajustes en el plan de producción	3	Fácil
	9	Hay actividades externas que se ejecutan como internas	9	Difícil
	10	Los desperdicios son inherentes en la etapa de extruido	3	Fácil
	11	Tiempo de espera por enfriamiento de extrusora	3	Difícil
	12	Fallas imprevistas en la máquina extrusora	3	Difícil
	13	Dificultad en el ajuste y desajuste de tornillos y tuercas	9	Difícil

Elaborado por: Estrella Cumbe.

En la figura 2.20 Matriz de Impacto – Esfuerzo, se seleccionan las causas 1,6,7,9 y 13 que tienen mayor impacto con relación al aumento del tiempo de setup.

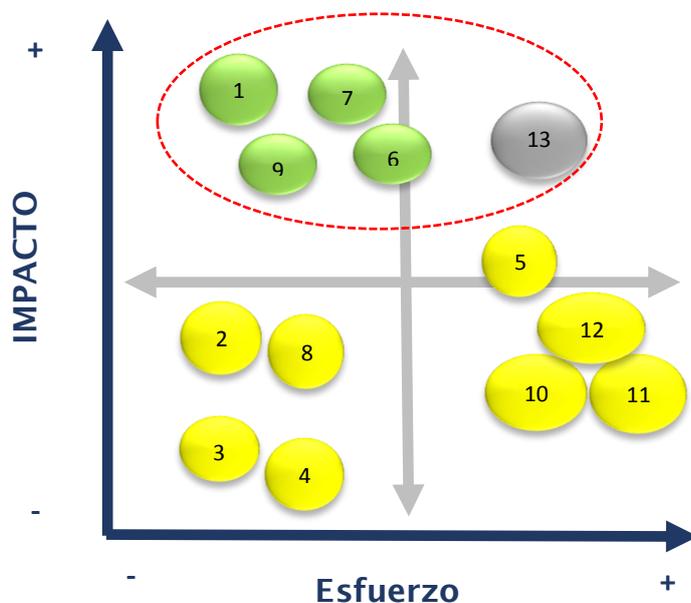


Figura 2.20 Matriz Impacto - Esfuerzo

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.3.4 Plan de verificación de causas

Se detalla a continuación las causas seleccionadas de la matriz de priorización de causas.

Tabla 2.9 Plan de Validación de causas

	Causas	Validación del modelo	Responsable
1	Herramientas por todas partes	Gemba	Estrella Cumbe.
6	Diferentes métodos de trabajo	Interview with the supervisor	Estrella Cumbe.
7	Estandarización de parámetros fijos de arranque de máquina extrusora	Otoda Diagram - Gemba	Estrella Cumbe.
9	Hay actividades externas ejecutandose como internas	List of activities - Gemba	Estrella Cumbe.
13	Dificultad en el ajuste y desajuste de tornillos y tuercas	Otoda Diagram - Gemba	Estrella Cumbe.

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Para la verificación se causas principalmente se llevó a cabo entrevistas y visitas al piso de trabajo (Gemba)



Matriz sin uso

Herramientas de trabajo

Figura 2.21 Gemba, verificación de causas

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.3.5 Matriz de 5 ¿Por qué?

A continuación, se detalla la matriz de los 5 porque, conforme a las principales causas del problema.

Tabla 2.10 Matriz de "los 5 por qué"

	Causas	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
1	Herramientas por doquier	Los operarios no dejan las herramientas en la mesa de trabajo	Porque el espacio de la caja de herramientas es reducido	No hay ubicaciones específicas para cada utensilio
6	Diferentes procedimientos de trabajo	cada trabajador realiza su trabajo en base a su experiencia	El procedimiento no está estandarizado	
7	Actividades que no agregan valor (Búsqueda de herramientas y demoras)	Porque los operadores olvidan donde dejaron las herramientas	No hay ubicaciones específicas para cada utensilio	
9	Hay actividades externas que se ejecutan como internas	Debido a la capacidad del operador para gestionar las actividades	Cada trabajador tiene su método de trabajo	El procedimiento no está estandarizado
13	Dificultad en el ajuste y desajuste de cuchillas	El diseño de sujeción de la máquina extrusora no es el adecuado	Los operadores necesitan dos herramientas para desajustar los tornillos	

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.3.6 Causas raíz.

Por lo tanto, después de un exhaustivo análisis, se obtienen las principales causas con sus causas raíz, que influyen en el incremento de tiempo en el proceso corto de setup. Tal como se muestra en el Figura 2.22 Causas raíces del problema.



Figura 2.22 Causas raíces del problema

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.4 Mejoras

Para la selección de mejoras potenciales se siguió la metodología de priorización y selección para el problema principal, el cual es la reducción del tiempo de cambio de producto.

2.4.1 Propuesta de Mejoras

A continuación, observe la Tabla 2.11, en el cual se muestra una lista de posibles soluciones que van a contrarrestar el elevado tiempo de setup en el área de extrusión. En la parte de análisis se priorizó las causas y después se obtuvo las causas raíces, motivo por el cual ahora se procede a plantear las siguientes propuestas de mejora o soluciones.

Tabla 2.11 Propuesta de posibles soluciones vs Causas raíces

Soluciones / Causas	Las herramientas de trabajo no tienen un lugar específico	El proceso de setup no está estandarizado	Dificultad en el ajuste y desajuste de tuercas y tornillos	Los parámetros fijos de la máquina de arranque no están estandarizados
Implementación SMED	X	X	X	X
Estandarización y capacitación del cambio de producto	X	X	X	X
Aplica la metodología 5 eses en el área de extrusión	X	X	X	
Estandarización de parámetros fijos y factores de arranque de máquina extrusora				X
Adquirir una caja de herramientas	X	X		
Adquirir una pistola neumática	X		X	
Adquirir un set de portamtrices y portacuchillas para extrusora E 200		X		

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.4.2 Evaluación y selección de propuestas de mejora

Para seleccionar las soluciones que más impactarán al problema, se realiza una matriz impacto - esfuerzo, para la valoración de las soluciones.

Se tienen 3 criterios que son: Inversión del costo, Esfuerzo (uso de recursos), y Beneficios (reducción de tiempo). Se observa los criterios de evaluación en la siguiente figura 2.23, cual indica los rangos de cada uno de los niveles de acuerdo con el criterio de evaluación, por ejemplo, el costo presenta 3 niveles:

- Nivel 5 indica que se requiere una baja inversión, es decir desde \$0 hasta \$ 5,000 dólares.
- Nivel 3 indica que se requiere una mediana inversión, es decir desde \$5,001 hasta \$ 10,000 dólares.
- Nivel 1 indica que se requiere una alta inversión, es decir mayor a \$10,001 dólares.

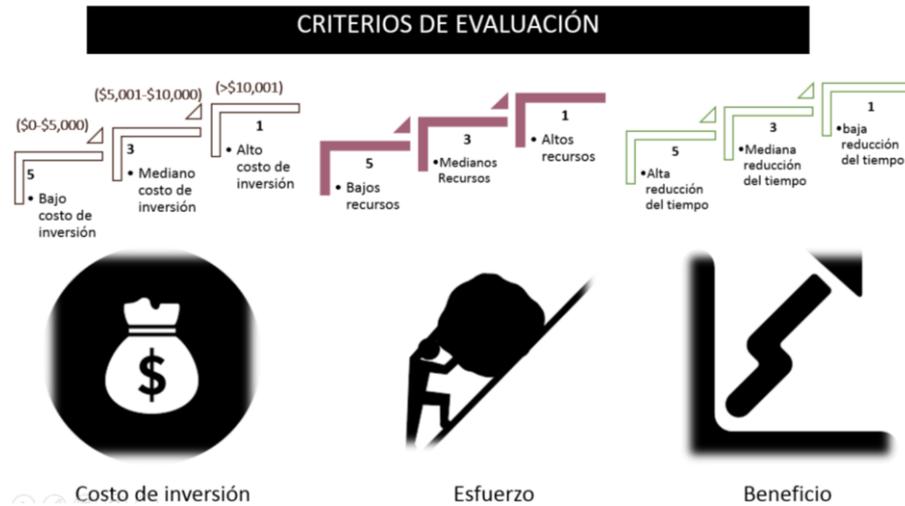


Figura 2.23 Criterios de evaluación de soluciones propuestas

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Evaluación de soluciones propuestas, cada uno de los criterios tienen valores que rondan desde el 1 hasta el 5, la factibilidad es el resultado de la multiplicación de los 3 criterios, tal como se ve en la tabla 2.12. Para evaluar la factibilidad de las soluciones se adjunta el criterio valoración de la empresa, resultando que todas las soluciones propuestas son factibles.

Tabla 2.12 Evaluación de soluciones propuestas

Evaluación de soluciones						Valoración de la empresa	
Causa raíz	Posibles soluciones	Costo de inversión	Esfuerzo	Beneficio	Factibilidad	Si	No
No está estandarizado el proceso de short setups	Implementación de la metodología SMED	5	5	5	15	X	
	Elaboración y capacitación de procedimientos de cambio de producto (Short setups)	5	5	5	15	X	
	Estandarización de los parámetros fijos de arranque de la máquina extrusora (En 2 alimentos tipo A)	5	5	5	15	X	
Orden de herramientas	Aplicación de 5's en el área de extrusión	5	5	5	15	X	
	Adquirir una caja de herramientas en extrusora (Herramientas que ayudan a sacar la matriz)	5	5	3	13	X	
	Adquirir un set de portamatrices y portacuchillas para la extrusora E200	3	5	5	13	X	
Dificultad en ajustar y desajustar tuercas	Adquirir una Pistola Neumática	5	3	5	13	X	

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Por lo tanto, las soluciones al problema son las que se presentan en la Figura 2.24 con un listado de 7 soluciones a implementar para la reducción de actividades y tiempos de setup.



Figura 2.24 Soluciones al problema

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.4.3 Implementación de las 5’s

La herramienta de las 5 ‘s aplicada al proyecto, sigue el esquema implando por la metodología, que cuenta con las siguientes etapas: Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina.

Para la clasificación de herramientas se tomó los siguientes criterios: Lo que uso y lo que no uso. Para después clasificar esas herramientas que sí se usan, ahora por la frecuencia, así como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2.13 Clasificación de herramientas

USO	UBICACIÓN
*A cada momento, Diario, Semanal	Cerca de nosotros
*Mensual	Cerca del área de trabajo (Cabina de supervisores)
*Trimestral	En bodega

Elaborado por: Estrella Cumbe.

En la figura 2.25, se observa como los operarios del área de extrusión clasifican las herramientas de acuerdo con el uso y ubicación tal como se detalla en la tabla 2.13 Clasificación de herramientas.



Figura 2.25 Clasificación de herramientas de trabajo en el área de extrusión

Elaborado por: Planta de Balanceado

Como segundo punto se estudió exhaustivamente las herramientas de trabajo actuales usados por los operarios del área de extrusión, y se analizó si hay algunas otras herramientas que en verdad agregan valor al proceso de setup, para después adquirirlas. En esta mejora se incluyen las otras soluciones como, por ejemplo: La compra de la pistola neumática y caja de herramientas.

Observe a continuación las herramientas remplazadas:

- Herramienta usada para limpiar los orificios de las matrices con el objetivo de retirar el alimento adherido

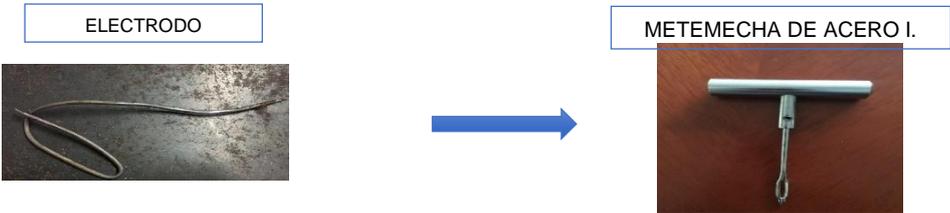


Figura 2.26 Herramienta para sacar alimento adherido en matrices

Elaborado por: Estrella Cumbe. / Planta de Balanceado

- Caja con croquetas / Muestras de tamaños de croquetas

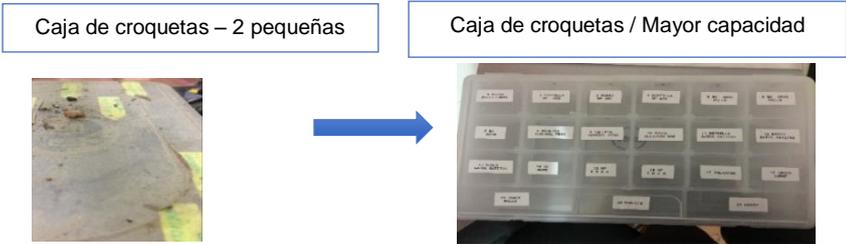


Figura 2.27 Caja de croquetas

Elaborado por: Estrella Cumbe. / Planta de Balanceado

- Herramienta para verificación de separación de cuchillas



Figura 2.28 Herramienta para calibración de cuchillas

Elaborado por: Estrella Cumbe.

- Lubricación de cuchillas



Figura 2.29 Herramienta para lubricación de cuchillas

Elaborado por: Estrella Cumbe.

- Caja de herramientas

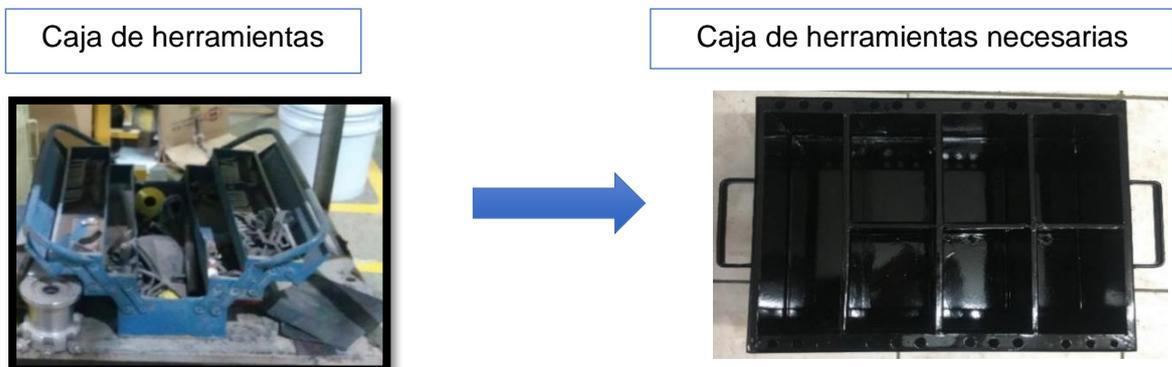


Figura 2.30 Caja de Herramientas para el área de extrusión

Elaborado por: Estrella Cumbe. / Planta de Balanceado

2.4.4 Estandarización de los parámetros fijos y factores de arranque de máquina extrusora

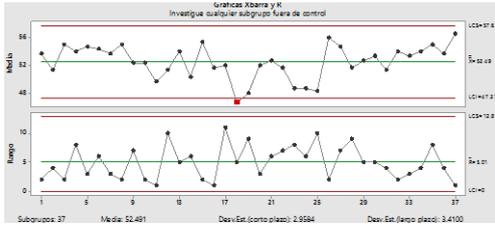
Para la reducción del tiempo que le toma al operador poner en marcha la máquina extrusora es en promedio $\bar{Y}_6 = (14.75 \pm 5.7)$ minutos, ese tiempo es elevado dado a existen actividades que no agregan valor cuando se ingresan los datos en los paneles principales y secundarios de la máquina extrusora. Es decir, actividades de demora y búsqueda son las que se presentan, debido a que no están estandarizados los parámetros fijos y las variables independientes que se ingresan en los paneles de control de la máquina extrusora. Motivo por el cual el operador no tiene claro cuáles son los parámetros para ingresar y pierde tiempo en el ingreso de datos en el panel.

Para aquello se toman los valores de las variables independientes que sí cumplan con la política de calidad de la línea, ésta es que la densidad debe estar entre 380 a 440 g/l. La estandarización se realiza solo en los 2 primeros productos (Buen Can y Michu) que corresponde a la categoría "A" de las líneas de extrusión, es decir son los alimentos que más se extruyen.

2.4.5 Determinación de valores que adquieren las variables independientes.

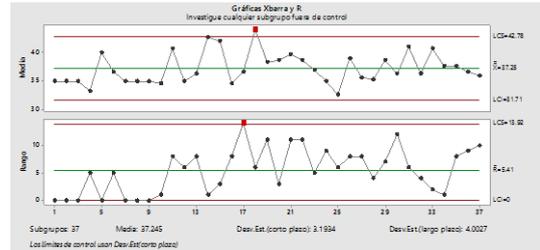
- Modelo: Cartas de control $\bar{X} - R$
- Variables independientes:
 - x_1 : rpm cuchillas.
 - x_2 : rpm alimentador.
 - x_3 : amperaje.
 - x_4 : temperatura alimento.
 - x_5 : temperatura extrusora.
- Se tienen 110 muestras por cada variable independiente, las mismas que posteriormente han sido validadas por el cumplimiento de densidad, es decir solo se toman datos de los productos que hayan salido buenos según su característica de calidad.
- Resultado de las cartas de control, realizada por un programa estadístico para los productos Michu y Balan Can, son lo que se presentan a continuación. La figura 2.31, 2.32, 2.33 y 2.34 corresponden a los valores de los factores, bajo los cuales se debe programar en el panel de control de cada extrusora, de acuerdo al tipo de producto.

RPM CUCHILLAS



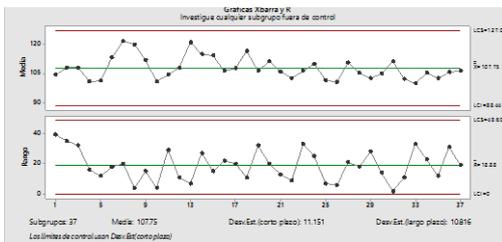
Límite Superior: 57.62
 Promedio: 52.49
 Límite Inferior: 47.37
 Desviación: 3.0

RPM ALIMENTADOR



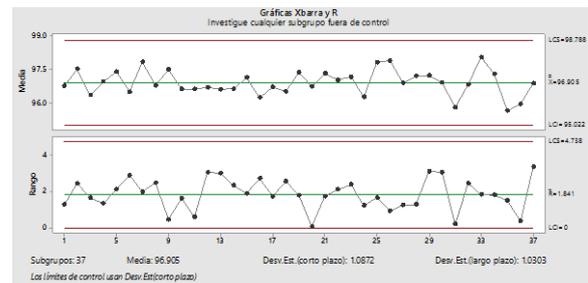
Límite Superior: 42.78
 Promedio: 37.25
 Límite Inferior: 31.71
 Desviación: 4.0

AMPERAJE



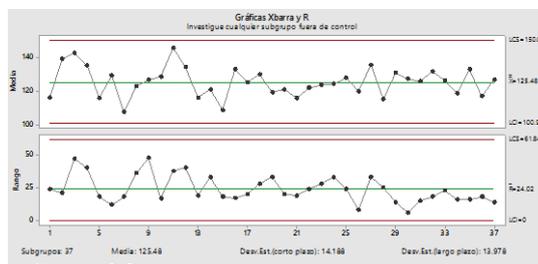
Límite Superior: 127.07
 Promedio: 107.75
 Límite Inferior: 88.44
 Desviación: 10.816

TEMPERATURA ALIMENTO



Límite Superior: 127.07
 Promedio: 107.75
 Límite Inferior: 88.44
 Desviación: 10.816

TEMPERATURA DE EXTRUSORA

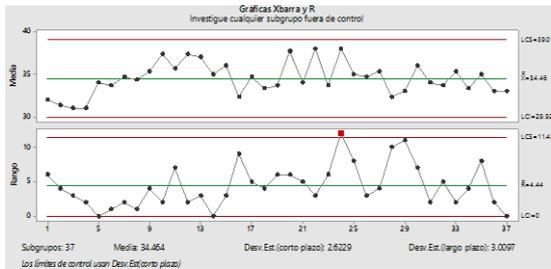


Límite Superior: 150.06
 Promedio: 125.48
 Límite Inferior: 100.91
 Desviación: 14

Figura 2.31 Carta de control X-R / Croqueta Michu / Extrusora E200

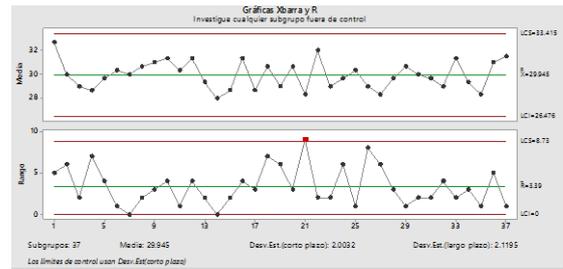
Elaborado por: Estrella Cumbe / Datos, Planta de Balanceado.

RPM CUCHILLAS



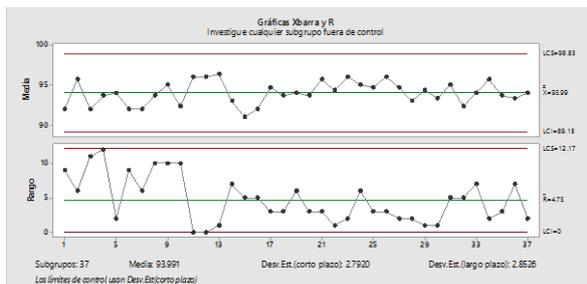
Límite Superior: 39.01
 Promedio: 34.86
 Límite Inferior: 29.92
 Desviación: 3.0

RPM ALIMENTADOR



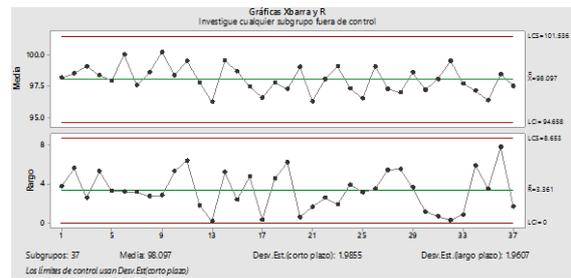
Límite Superior: 33.42
 Promedio: 29.94
 Límite Inferior: 26.47
 Desviación: 2.0

AMPERAJE



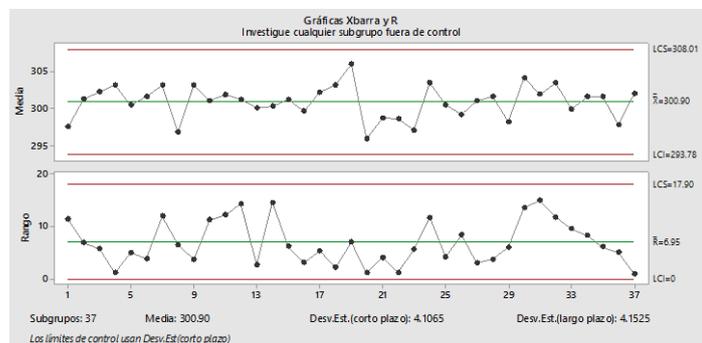
Límite Superior: 98.83
 Promedio: 93.99
 Límite Inferior: 89.15
 Desviación: 3.0

TEMPERATURA ALIMENTO



Límite Superior: 101.53
 Promedio: 98.08
 Límite Inferior: 94.66
 Desviación: 2.0

TEMPERATURA DE EXTRUSORA

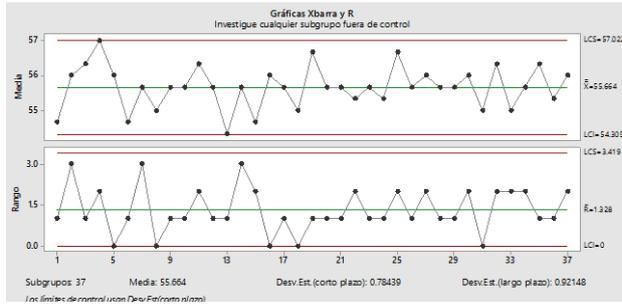


Límite Superior: 308.01
 Promedio: 300
 Límite Inferior: 293.78
 Desviación: 4

Figura 2.32 Carta de control X-R / Croqueta Michu / Extrusora E 131

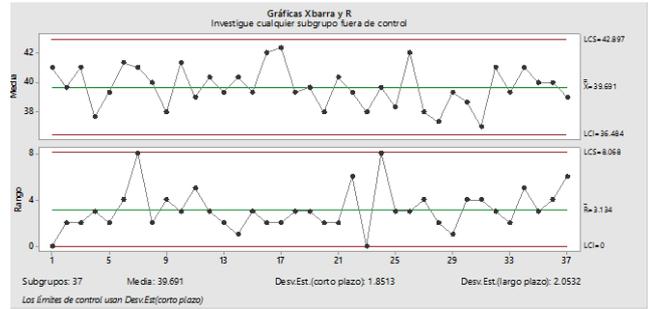
Elaborado por: Estrella Cumbe / Datos, Planta de Balanceado.

RPM CUCHILLAS



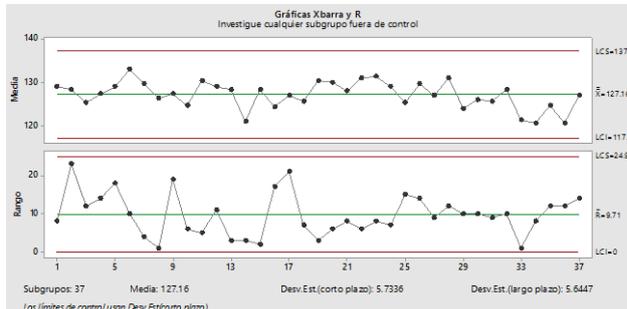
Límite Superior: 57.02
 Promedio: 55.66
 Límite Inferior: 54.30
 Desviación: 0.92

RPM ALIMENTADOR



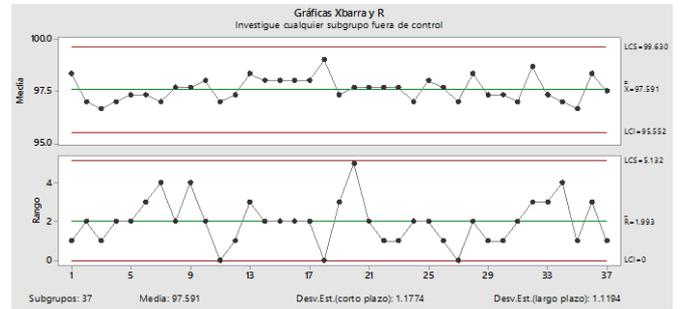
Límite Superior: 42.89
 Promedio: 39.69
 Límite Inferior: 36.48
 Desviación: 2.0

AMPERAJE



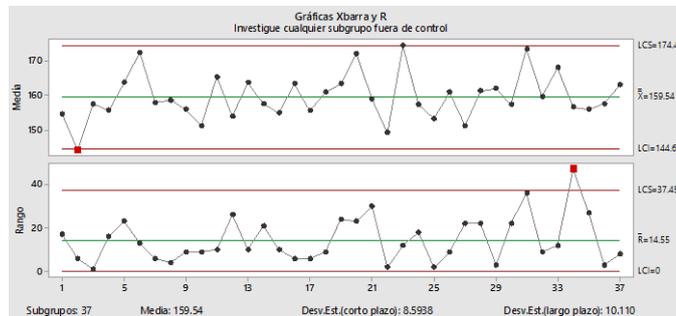
Límite Superior: 98.83
 Promedio: 93.99
 Límite Inferior: 89.15
 Desviación: 6

TEMPERATURA ALIMENTO



Límite Superior: 99.63
 Promedio: 97.91
 Límite Inferior: 95.55
 Desviación: 11

TEMPERATURA DE EXTRUSORA

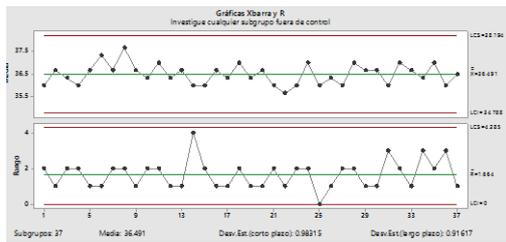


Límite Superior: 174.42
 Promedio: 159.54
 Límite Inferior: 144.65
 Desviación: 10

Figura 2.33 Carta de control X-R / Croqueta Balan Can / Extrusora E 200

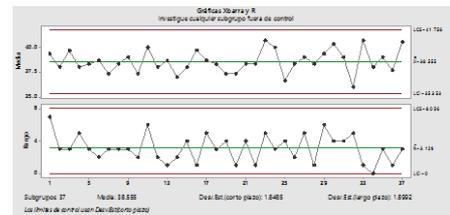
Elaborado por: Estrella Cumbe / Datos, Planta de Balanceado

RPM CUCHILLAS



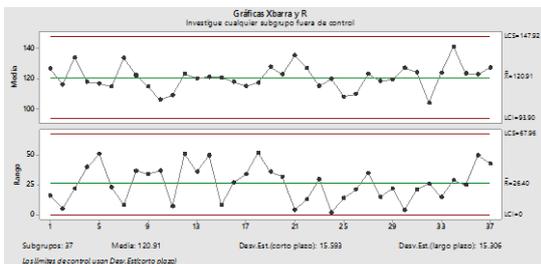
Límite Superior: 38.19
 Promedio: 36.788
 Límite Inferior: 34.78
 Desviación: 1.0

RPM ALIMENTADOR



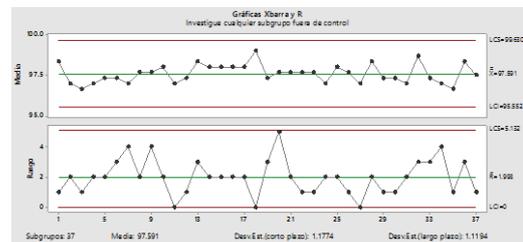
Límite Superior: 33.42
 Promedio: 29.94
 Límite Inferior: 26.47
 Desviación: 2.0

AMPERAJE



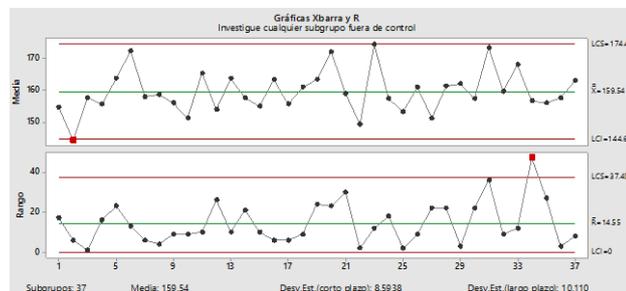
Límite Superior: 147.92
 Promedio: 120.91
 Límite Inferior: 93.90
 Desviación: 15

TEMPERATURA ALIMENTO



Límite Superior: 99.63
 Promedio: 97.91
 Límite Inferior: 95.55
 Desviación: 11

TEMPERATURA DE EXTRUSORA



Límite Superior: 174.72
 Promedio: 159.54
 Límite Inferior: 144.965
 Desviación: 10

Figura 2.34 Carta de control X-R / Croqueta Balan Can / Extrusora E 131

Elaborado por: Estrella Cumbe / Datos, Planta de Balanceado

Recomendaciones:

- Abarcar más de 100 muestras, aunque para análisis estadístico es recomendable tener 30 muestras
- Puede darse el caso de que la solución óptima podría no encontrarse en los recomendados
- Observar la factibilidad desde un punto de vista práctico
- Una vez seleccionada alguna solución óptima, realizar de 20 a 30 corridas para confirmación de los valores óptimos de las variables X's.

2.4.6 Implementación de la metodología SMED

Un punto muy importante que se recalca es que, para ejecutar esta metodología, se logra gracias a la compra de un set de portamatrices y cuchillas de la extrusora E200 de la línea L4, para que cuando suceda un cambio de producto el set ya esté listo y limpio con la presentación del alimento entrante.

Y es así como se obtiene la eliminación de las actividades de limpieza cuando ocurre el cambio de setup del set usado, ya que esas actividades de limpieza del set usado se ejecutan cuando la máquina está trabajando. Es decir, la limpieza de set usado de la Extrusora E200 se externalizan, de manera que solo se incluirá la limpieza del set de la Extrusora E 131 al proceso de setup de la línea L4 del área de extrusión.

Se presenta las fases de la metodología SMED, observe la figura 2.35, para alcanzar la estandarización se deben pasar antes por 4 fases o etapas desde observar hasta refinar.

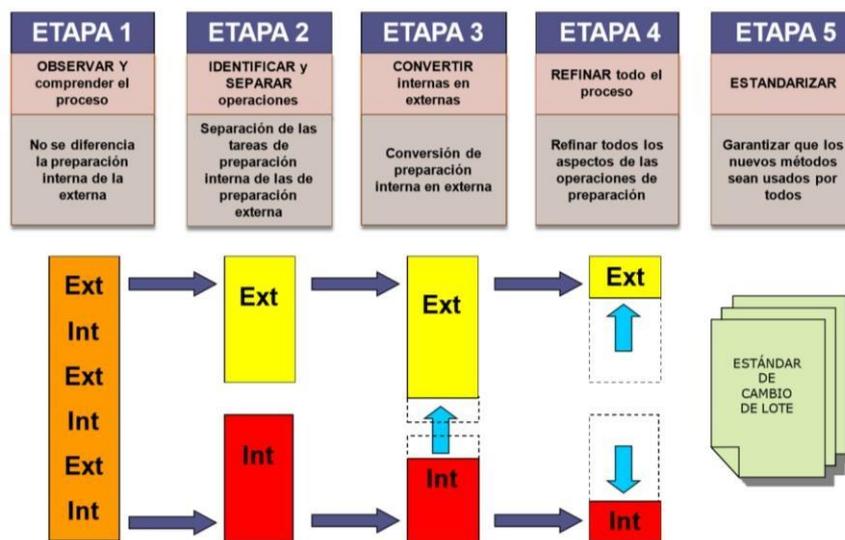


Figura 2.35 Fases de la metodología SMED

Elaborado por: Francisco Espin Carbonell - Socio Director de CDI *Lean Manufacturing*
(Carbonel, 2013)

En base a la metodología SMED, se requiere el uso del diagrama Otida, Las actividades externas son las que se presentan a continuación, estas actividades ya pasaron el paso de refinación tal como indica la cuarta fase, motivo por el cual se pueden observar actividades con tiempo 0 minutos y se redujo el tiempo de las actividades que presenta el Otida inicial de la Figura 2.6 Diagrama Otida.

Extrusora E 200 -E131								
Etapas del proceso de cambio	Actividades: Internas/ Externas	Descripción Actividades	Time (min)	AV / NAV				
Limpieza del portamatriz y portacuchillas	Externa	11	Se desplaza y busca herramientas "T" en la mesa de trabajo	0.5	NAVN			
		12	Saca residuos de alimento seco que se encuentra la matriz (forma de caparazón)	4	AV			
		13	Busca herramientas de desajuste de tuercas con llave Allen #24	0.5	NAVN			
		14	Desajusta y retiran tornillos de la parte superior del portacuchillas (#4 tornillos)	4	AV			
		15	Desajusta y retira perno principal con llave Allen #24	1	AV			
		16	Desmonta portacuchillas	0.6	AV			
		17	Busca espátula	3	NAV			
		18	Saca residuos con espátula del disco base en los bordes	4	AV			
		19	Busca y toma la varilla de acero	1	NAVN			
		20	Saca residuos de alimento del dado usando alambre (orificios que tienen las formas de las croquetas)	20	AV			
		Limpieza del portamatriz y portacuchillas	Externa	21	Desajusta #6 tuercas del portamatriz con llave Allen #24 para sacar la matriz	4	AV	
				22	Busca nuevo dado	0.5	NAVN	
				23	Limpia nuevo dado por medio de aire comprimido	2	AV	
24	Busca trapo			0	NAV			
25	Limpia la base			1	AV			
26	Adjunta el dado nuevo			1	AV			
27	Encuadre de huecos de la base del portamatriz con el nuevo dado			1.6	AV			
28	Ajusta tuercas para unir el dado y la porta matriz			2	AV			
29	Limpia las cuchillas			1	AV			
30	Afila una parte de las cuchillas			6	AV			
31	Adjunta y encuadra el portacuchillas con base de portamatriz			2	AV			
32	Busca pedazos de papel para realizar la inspección de separación de cuchillas (Sugerencia, el pedacito no tiene)			0.5	NAVN			
33	Affilar cuchillas			1	AV			
34	Inspección de separación de cuchillas #2			1	NAVN			
35	Coloca aceite en las cuchillas			1	AV			
36	Inspección de separación de cuchillas #3			1	AV			

Figura 2.36 Actividades de Limpieza del set saliente / Actividades Externas

Elaborado por: Estrella Cumbe.

2.5 Etapa de Control

Para controlar el proceso de setup, se exponen las siguientes ideas:

- Formato A3 emplastificado con estandarización de proceso de setup y que se ubique en el puesto de trabajo de los extrusores
- Formato A4 con emplastificado con estandarización de los parámetros fijos y factores de la máquina extrusora.
- Formato de Auditoria de la 5's, cuya frecuencia será de pasando un mes en el cual se realizará la auditoría por parte de los supervisores de la línea de extrusión.

Tabla 2.14 Plan de Control

¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	Costo	¿Cuándo?	Estado
Capacitación de la estandarización de cambio de producto	Porque es necesario para que cualquier operador así sea nuevo o antiguo conozca un mejor método para trabajar	Mediante el desarrollo de un Formato A3 en la cual se especifican las actividades a realizar en el proceso de cambio	En la línea de mascotas	Asistente de producción	\$ 0	Mensual	Ejecutado
Formato A4 de estandarización de factores y parámetros fijos de máquina extrusora	Para ahorrar tiempos en demora por llenado de parámetros fijos en el panel de máquina extrusora	Mediante el desarrollo de un Formato A4 en la cual se especifican los parámetros fijos y factores de las variables fluctuantes en el arranque de máquina extrusora	En la línea de mascotas	Supervisor de líneas	\$ 0	Diario	Ejecutado
Auditoria de las 5's	Porque se requiere mantener un lugar ordenado e higiénico	Realizando un formato de auditoría con puntos actualizados sobre el puesto de trabajo, es decir con relación a áreas de extrusión	En la línea de mascotas	Supervisor de líneas	\$ 0	Mensual	Planeado

Elaborado por: Estrella Cumbe.

CAPÍTULO 3

3. Resultados y Análisis

3.1 Implementación de las 5's

Tras la implementación de las 5 eses, el tener herramientas al alcance siempre, hace que el porcentaje de actividades que no agregan valor disminuya, tal como se muestra a continuación:

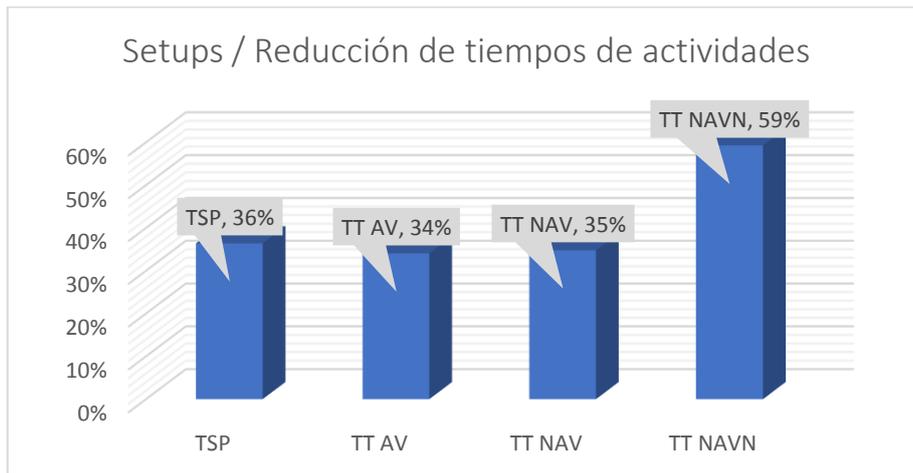


Figura 3.1 Setup Reducción de tiempos / Porcentajes

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Además, ahora el puesto de trabajo del extrusor se mantiene ordenado y limpio.



Figura 3.2 Resultados de aplicación de las 5 's

Elaborado por: Estrella Cumbe / Planta de Balanceados

3.2 Estandarización del proceso de cambio de producto

Con un total de 6 actividades son los pasos de proceso de cambio, los cuales son:

Actividades Internas

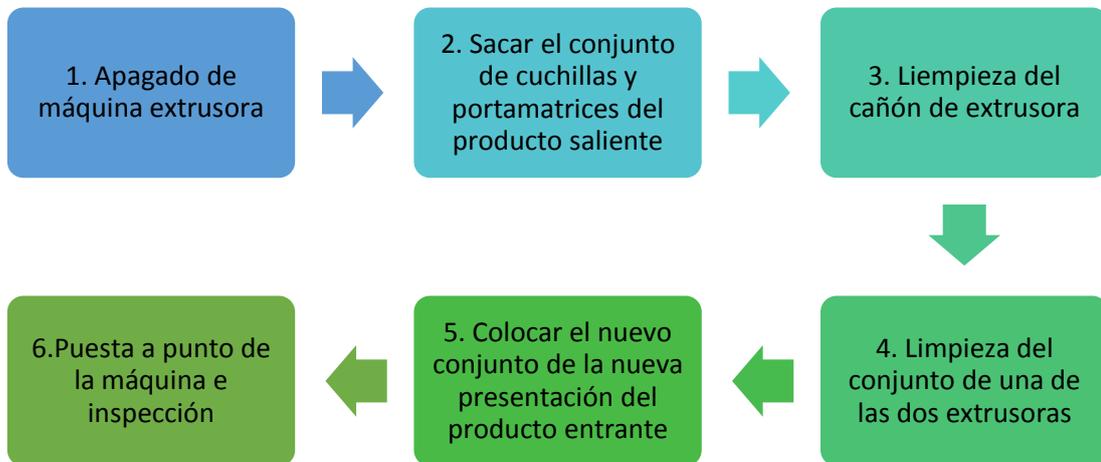


Figura 3.3 Actividades internas estándar del proceso de cambio

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Estas actividades internas se realizan cuando la máquina está apagada, y además se externalizó la limpieza de una máquina extrusora(E200) lo cual permite reducir el tiempo de setup.

Actividades Externas



Figura 3.4 Actividades externas estándar del proceso de cambio

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Las actividades externas son las que se pueden realizar cuando está la máquina está trabajando. Por lo cual se recalca que se externalizó el proceso de limpieza de la máquina extrusora E200, cuyo tiempo será similar a la etapa 4 del proceso estandarizado y no se adjuntó dicho tiempo al tiempo de setup.

La estandarización del proceso se llevó a cabo después de eliminar actividades que no agregan valor, adquisición de un set de un portacuchillas y portamatrices y adecuación del puesto de trabajo.

Los resultados de la implementación son los que se presentan en la tabla 3.1, cada una de las etapas del proceso Y1, Y2, hasta Y7 de setup, se redujo.

Tabla 3.1 Tiempo entre etapas del proceso de setup después de la implementar las mejoras

Duración entre etapas de setup (Min)							
	Y1: A2-A1	Y2: A3-A2	Y3: A4-A3	Y4: A5-A4	Y5: A6-A5	Y6: A7-A6	Tiempo de setup
S1	3.75	7.50	13.50	31.00	6.00	18.00	79.75
S2	8.25	10.50	15.75	34.00	12.00	24.00	104.50
S3	8.25	7.50	14.25	33.50	9.75	24.00	97.25
S4	7.00	8.50	15.00	35.00	9.00	22.00	96.50
SP Después	6.81	8.50	14.63	33.38	9.19	22.00	94.50

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Después de implementar las mejoras, observe la figura 3.5, se toman 4 muestras del tiempo de setup en el área de extrusión, y se obtiene los siguientes tiempos:

- Setup 1: 79.75 min.
- Setup 2: 104.5 min.
- Setup 3: 97.25 min.
- Setup 4: 96.50 min.



Figura 3.5 Setup después de implementar Mejoras

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Por lo tanto, se plantea la siguiente tabla 3.2, con el tiempo estandarizando de duración que debe seguir manteniendo la empresa con respecto al tiempo de setup.

Tabla 3.2 Duración entre actividades del setup después / Promedio y Desviación

Setup Después	
	Tiempo Promedio, Desviación (Min)
Setup Después (Etapas)	94.50 ± 10.47
Etapa Y1	6.81 ± 1.41
Etapa Y2	8.50 ± 0.97
Etapa Y3	14.63 ± 1705
Etapa Y4	33.38 ± 2.48
Etapa Y5	9.19 ± 2.83
Etapa Y6	22.00 ± 10.47

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Como conclusión general el Setup promedio mejorado (Después de implementar las mejoras), debe durar entre (94.50 ± 10.47) minutos, y además también se presenta los tiempos de las 6 etapas del proceso de setup, que tienen sus respectivos tiempos promedios y desviaciones medidos en minutos, observe la Tabla 3.2 Duración entre actividades del setup después / Promedio y Desviación.

El propósito de aplicar SMED, es estandarizar el proceso de setup, que motivo a plasmar cada una de las actividades que se deben realizar mientras la máquina esté apagada y encendida, es decir las cantidades internas y externas respectivamente. Observe la estandarización de cambio de producto que se muestra en la figura 3.6 y 3.7.

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE CAMBIO DE PRODUCTO

EXTRUSORA E200

Para realizar el cambio de producto o también llamado "setup", el operador debe llevar a cabo 6 etapas (desde A hasta F), cuyo objetivo es aumentar la disponibilidad de la máquina extrusora reduciendo el tiempo "setup".

¡Tú eres parte del cambio, mejorémoslo continuamente!

Observación: Las actividades que están catalogadas como externas deben hacer mientras la máquina está operando.

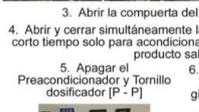
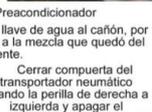
Actividades internas
"SETUP CORTO"

A. Apagado de máquina

1. Cerrar válvulas de vapor y agua al preacondicionador.
2. Apagar bomba dosificadora de color [P-S]

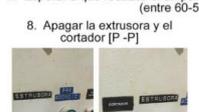



3. Abrir la compuerta del Preacondicionador
4. Abrir y cerrar simultáneamente la llave de agua al cañón, por corto tiempo solo para acondicionar a la mezcla que quedó del producto saliente.
5. Apagar el Preacondicionador y Tornillo dosificador [P - F]
6. Cerrar compuerta del transportador neumático girando la perilla de derecha a izquierda y apagar el transportador neumático [P -P]



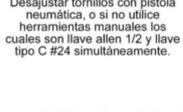
7. Esperar a que reduzca el amperaje del motor de la extrusora (entre 60-58 A)
8. Apagar la extrusora y el cortador [P -P]
9. Sacar el motor del cortador






B. Sacar conjunto de extrusora

1. Sacar el portamatriz (plato) del cañón de la extrusora. Desajustar tornillos con pistola neumática, o si no utilice herramientas manuales los cuales son llave allen 1/2 y llave tipo C #24 simultáneamente.
2. Llevar el conjunto a la mesa de trabajo.




C. Limpieza del cañón de extrusora

1. Colocar tina de desperdicios debajo de la extrusora
2. Prender extrusora para desalojar el material del producto anterior [P -P]
3. Abrir llaves de vapor para retirar impurezas que quedaron del paso anterior aproximadamente 1 minuto
4. Sopletear a 80 ó 60 psi de aire comprimido en el cañón, para despegar las impurezas que quedaron adheridas.
5. Apagar extrusora

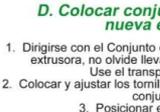
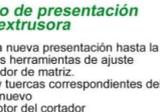
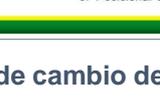






D. Colocar conjunto de presentación nueva en extrusora

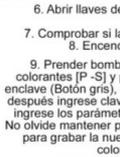
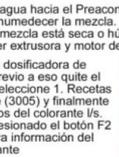
1. Dirigirse con el Conjunto de la nueva presentación hasta la extrusora, no olvide llevar las herramientas de ajuste Use el transportador de matriz.
2. Colocar y ajustar los tornillos y tuercas correspondientes del conjunto nuevo
3. Posicionar el motor del cortador

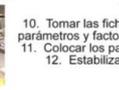




E. Puesta a punto de la máquina

1. Asegurarse de que la caída del Preacondicionador está abierta
2. Seleccionar y abrir el sitio de la extrusora [P -P]
3. Prender el tanque agitador de mezcla [P -P]
4. Prender el Preacondicionador y alimentador
5. Abrir las llaves de vapor, que están debajo del Preacondicionador.
6. Abrir llaves de agua hacia el Preacondicionador, para humedecer la mezcla.
7. Comprobar si la mezcla está seca o húmeda (mano foto)
8. Encender extrusora y motor del cortador
9. Prender bomba dosificadora de colorantes [P -S] y previo a eso quite el enclave (Botón gris), seleccione 1. Recetas después ingrese clave (3005) y finalmente ingrese los parámetros del colorante [S]. No olvide mantener presionado el botón F2 para grabar la nueva información del colorante
10. Tomar las fichas estándar de parámetros y factores del producto
11. Colocar los parámetros [P -P]
12. Estabilizar extrusora




F. Inspección del producto.

1. Asegurarse que el damper esté abierto para proceder a enviar producto conforme
2. Verificar formación de croqueta de acuerdo con las medidas especificadas
3. Si la croqueta no está conforme, establezca los parámetros en la extrusora
4. Cierro boca del Damper.






Figura 3.6 Estandarización de cambio de producto en línea 4 – Actividades Internas

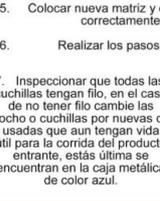
ACTIVIDADES EXTERNAS

Limpieza del conjunto (Matriz, portacuchillas y portamatriz) EXTRUSORA E200

1. Retirar la copa (brida del cabezote de corte) del portacuchilla. Desajustar (4 pernos) con llave Allen 8 mm
2. Retirar el tornillo principal de la base del portacuchillas con llave Allen 8 mm
3. Desacoplar el portacuchillas del portamatriz
4. Retirar la matriz del portamatriz (Plato). Retirar tornillos externos (#8) e internos (#4) del portamatriz con llave allen 8 mm (#8)
5. Colocar nueva matriz y encuadre los oficios de la matriz correctamente con el portamatriz.
6. Realizar los pasos 3,2 y 1 de manera inversa
7. Inspeccionar que todas las cuchillas tengan filo, en el caso de no tener filo cambie las ocho o cuchillas por nuevas o usadas que aun tengan vida útil para la corrida del producto entrante, está última se encuentran en la caja metálica de color azul.
8. Calibrar cuchillas. Para separación de cuchillas use el calibrador de válvulas y finalmente lubrique con aceite de pollo las mismas.
9. Clasifique las cuchillas que poseen vida útil de las que no tienen, las cuchillas que tienen aún vida útil colóquela en la caja plástica verde y después proceda a afilar las mismas, ubique en la caja de herramientas azul. Si no tienen vida útil, colocar en la parte de que corresponde en la misma caja, para que después sea llevado a bodega de materiales de la planta.










Actividades externas Preparación de Colores

1. Llenar tanques vacíos por cada 300 litros de agua se coloca 2 kg de color, que requiera el producto entrante.
2. Prender agitador de colorantes




Recomendaciones para realizar el cambio de producto:

- Al iniciar la operación de extrusión, normalmente la línea de vapor está fría, ocasionando la formación de condensados no deseables, se recomienda pasar vapor por las líneas antes que los equipos sean encendidos.
- Realizar inyección de vapor en el preacondicionador por todos los puntos de tal forma que el producto sufra un calentamiento progresivo.
- La inclinación de las paletas del preacondicionador son regulables, a fin de aumentar o disminuir el paso de la mezcla en su interior
- Después de cada cambio de producto, limpie la matriz usada usando el "mete mecha" o una varilla de acero inoxidable
- Tenga cuidado al calibrar las cuchillas, el ajustar demasiado puede romperlas.
- Use los equipos de protección personal por su seguridad
- No olvide realizar las tareas externas mientras la máquina está trabajando
- Ante cualquier duda sobre la preparación del colorante revise el Instructivo para Extrusión Línea 4-10 IN-BAL-407

Recomendaciones para tener producto conforme:

- Croqueta bien formada
- Verificar que medidas estén dentro de las especificaciones
- Densidad de 380-440 gr/ cm3, SOLO para mascotas
- Verificar pigmentación del color



Figura 3.7 Estandarización de cambio de producto en línea 4 – Actividades Externas

Elaborado por: Estrella Cumbe.

3.3 Estandarización de parámetros fijos y factores de arranque de máquina extrusora

Como resultado se obtiene una reducción en tiempo de arranque de máquina extrusora, de 27 minutos disminuyó a 21.5 minutos, gracias a la implementación de la estandarización de parámetros fijos y factores que se ingresan en los paneles de controles de la máquina extrusora.

En la figura 3.8 se presentan los parámetros fijos y factores estandarizados de la extrusora para producir alimentos clase de A, los cuales son: Michu y Buen Can.

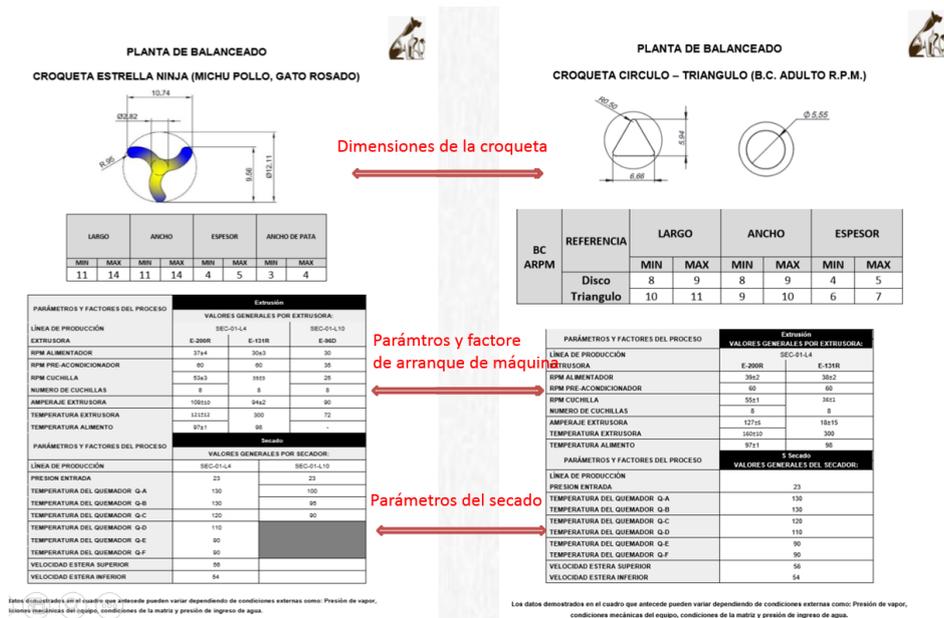


Figura 3.8 Fichas de Parámetros fijos y factores de arranque de máquina Extrusora para alimentos Michu y Balan Can.

Elaborado por: Estrella Cumbe.

3.4 Análisis de Beneficio / Costo

El análisis de costes / beneficios tiene como finalidad dar una medida a los costes de inversión del proyecto y contrastarlos con los beneficios.

$$\text{Beneficio neto} = \text{costo del problema} - \text{inversión total}$$

Dado que la empresa tiene una variedad de productos finales, el estudio se enfocó en los productos que se producen más en la línea "L4", siendo estos la croqueta Michu y Balan can, ambas de presentaciones de 2kg. Estos productos son catalogados como productos clase "A" en un sistema ABC de la empresa.

Previo al análisis de costos del problema se muestran los cálculos de cuantos kilogramos por hora se producen en la línea L4. Cabe recalcar que ésta última tiene dos extrusoras y en promedio presentan la siguiente capacidad de producción en kilogramos por hora, desde el mes de enero a septiembre del 2018, en la tabla 3.3 Ratio de producción de la línea 4.

Tabla 3.3 Ratio de producción de la línea 4

Mes	E200 T/h	E 131 T/h	Ratio total T/h
Enero	1.5	0.9	2.4
Febrero	1.7	0.8	2.5
Marzo	1.6	0.9	2.5
Abril	1.5	1.0	2.5
Mayo	1.7	0.9	2.6
Junio	1.6	0.8	2.4
Julio	1.4	0.8	2.2
Agosto	1.3	0.9	2.2
Septiembre	1.6	0.9	2.5
Promedio			2.4

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Se concluye que en promedio la línea L4 tiene una capacidad de producción de 2.400 kg/h.

Además, se calcula el número de horas perdidas por cambios de producto con respecto a los 7 primeros meses del año, que se presentan en la tabla 3.4 Tiempo perdido por realizar un setup.

Tabla 3.4 Tiempo perdido por realizar setup

Mes	Frecuencias del cambio al mes	Tiempo de setup promedio	Tiempo de setup promedio (h)	Tiempo perdido en realizar setup(h)
Enero	16	2.30	36.80	13.25
Febrero	12	2.64	31.68	11.40
Marzo	12	2.00	24.00	8.64
Abril	16	2.43	38.93	14.02
Mayo	16	2.32	37.10	13.36
Junio	8	2.26	18.08	6.51
Julio	16	2.10	33.64	12.11
Agosto	12	2.35	28.20	10.15
Septiembre	12	2.60	31.20	11.23
Promedio			31.07	11.19

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Se dice que la línea L4 utiliza en promedio 31.07 horas por cambios de setup al mes, los mismo que fueron calculados según su frecuencia y el tiempo de setup promedio durante cada mes.

Por otro lado, el costo del problema en este proyecto se presenta como la utilidad que se obtiene por producir los productos clase “A” en la línea de extrusión, que se observa en la tabla 3.5 Detalle del producto Clase “A”.

Motivo por el cual se adjudican los costos de materia prima, mano de obra directa, costo indirecto de fabricación, costo de máquina y precio de venta al cliente primario. El cálculo será realizado para una hora de producción.

Tabla 3.5 Detalle del producto clase "A"

PRODUCTO CLASE A	
<hr/> <hr/>	
2 kg cada Funda	
<hr/> <hr/>	
1200 Fundas producidas en 1 hora	
<hr/> <hr/>	
3.125 Costo del producto por unidad	
<hr/> <hr/>	
Elaborado por: Estrella Cumbe.	

Como resultado se tiene que el costo del problema es de \$1,407.6 por hora, este valor es el que se deja de ganar por no producir 2400 Kg, observe la tabla 3.6 Costo de producir un producto clase A en una hora.

Tabla 3.6 Costos de Producir un producto clase A en una hora

Costo de Materia prima	\$	1,132.44
<hr/> <hr/>		
Costos directos	\$	600.00
<hr/> <hr/>		
Máquina / Hora	\$	250.00
<hr/> <hr/>		
CIF / Hora	\$	360.00
<hr/> <hr/>		
Costo total	\$	2,342.44
<hr/> <hr/>		
Precio de venta	\$	3,750.00
<hr/> <hr/>		
Utilidad	\$	1407.60
<hr/> <hr/>		
Elaborado por: Estrella Cumbe.		

Congregando la información se calcula costo de problema al mes, observe la tabla 3.7, en el cual se muestra el costo de pérdida al mes, este costo viene dado por la multiplicación de la utilidad de producción por hora con las horas que se pudieron haber ahorrado por aplicar la mejora en dichos meses.

Tabla 3.7 Kilogramos de alimentos producidos al mes y costo de pérdida.

Mes	Kilogramos no producidos al mes (Kg)	Costo de pérdida (\$)
	31,795.20	\$ 18,647.30
Enero	27,371.52	\$ 16,052.89
Febrero	20,736	\$ 12,161.28
Marzo	33,636.70	\$ 19,727.31
Abril	32,055.57	\$ 18,800.01
Mayo	15,621.12	\$ 9,161.50
Junio	29,067.39	\$ 17,047.50
Julio	24,364.80	\$ 14,289.51
Agosto	26,956.80	\$ 15,809.67
Septiembre	26,845.01	\$ 15,744.11
Promedio		\$ 15,744.11

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Como conclusión general sobre el cálculo del costo del problema es en promedio al mes de \$15,744.11 dólares.

La inversión realizada en el proyecto tras aplicar la metodología SMED es de \$1,430.00 dólares, cuyos rubros se presentan por la adquisición de herramientas, insumos de papelería y piezas de cambio para la maquinaria, estos se detallan en la tabla 3.8 Inversión del proyecto.

Tabla 3.8 Inversión del proyecto

Rubros	Costo
Herramientas de limpieza para realizar el cambio de producto	\$ 50.00
Insumos de impresiones	\$ 20.00
Caja de Herramientas	\$ 30.00
Pistola Neumática	\$ 150.00
Set de portamatriz y portacuchillas	\$ 1,180.00
Costo Total	\$ 1,430.00

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Relación Costo – Beneficio

$$\text{Relación Costo – Beneficio} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Inversión}}$$

$$\text{Relación Costo – Beneficio} = \frac{\$15,744.11}{1,180.00} = 13.34$$

Como la relación beneficio / costo es de 13.34, y éste es un valor positivo se concluye que el proyecto es factible.

PlayBack

Para analizar cuando se retornará la inversión del costo, se plantea el siguiente Playback con periodo de 12 meses, observe la tabla 3.9 Flujo discontinuo mensual, en el cual se tiene las utilidades que se ganaría al mes por implementar las mejoras y la inversión inicial que se realiza, teniendo como resultado que en el segundo mes tengo de regreso la cantidad invertida.

Retorno de la inversión:

Tabla 3.9 Flujo discontinuo mensual

Mes	Flujo discontinuo	Acumulado
	\$ (1,430.00)	
1	\$ 10,502.43	\$ 11,932.43
2	\$ 10,502.43	\$ 22,434.85
3	\$ 10,502.43	\$ 32,937.28
4	\$ 10,502.43	\$ 43,439.71
5	\$ 10,502.43	\$ 53,942.13
6	\$ 10,502.43	\$ 64,444.56
7	\$ 10,502.43	\$ 74,946.99
8	\$ 10,502.43	\$ 85,449.41
9	\$ 10,502.43	\$ 95,951.84
10	\$ 10,502.43	\$ 106,454.27
11	\$ 10,502.43	\$ 116,956.69
12	\$ 10,502.43	\$ 127,459.12

Elaborado por: Estrella Cumbe.

Es decir, en el mismo mes que se implementa las soluciones de mejora, se retorna la cantidad de \$1,430.00 dólares que se invirtió.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se redujo un 36% del tiempo promedio de setup, es decir de 148 minutos a 94.5 minutos.
- La reducción del tiempo de setup se logró gracias a la estandarización del proceso de cambio de producto, en el cual se estableció que las actividades de limpieza del conjunto de portamtrices y portacuhillas se externalizaron, que como resultado se se tiene en promedio un tiempo de setup mejorado de minutos.
- Se tiene 0.9 horas para producir más, el mismo que corresponde a extruir 2.16 toneladas de las croquetas Michu o Balan Can.
- El retorno de la inversión de los \$1,430.00 se obtiene en el mismo mes de implementación, ya que se compensa la utilidad que se espera ganar.

4.2 Recomendaciones

- Se puede replicar las mismas soluciones a la otra línea de producción "L10".
- Que se cumpla el plan de control establecido para mantener un área adecuado de trabajo y además los operadores conozcan previamente las características, parámetros fijos y factores de arranque de extrusora, etc. que necesita el producto entrante, cuando sucede el cambio de producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación española para la calidad. (2018)(© Asociación Española para la Calidad (AEC) 2018) Recuperado el 31 de 01 de 2019, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
- Buestan, M. (2013)Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* . Cancun, Mexico. .
- Carbonel, F. E. (2013)*Técnica SMED*.
- Castaño, R. (1 de Noviembre de 2017)*Centro Tecnológico CIDETER*. Recuperado el 8 de Enero de 2019, de http://www.cecma.com.ar/__mm/biblioteca/SMED-cambio-rapido.pdf
- Cubiles, M. R. (1966)*Introducción al estudio de los métodos de trabajo*. Madrid.
- Espin Carbonell, F. (2013)TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DEL TIEMPO PREPARACIÓN. *3 Ciencias*, 5-8.
- Faulí Marín, A., Ruano Casado, L., Latorre Gómez, M. E., & Ballestar Tarín, M. (2013)Implantación del sistema de calidad 5s en un centro integrado . *Revista Electrónica Interuniversitaria de formación de profesorado*. doi:<http://dx.doi.org/10.6018/reifop.16.2.181081>
- Fernando Ulpiano Pantoja Agreda, H. C. (2016)*Aplicación de la técnica SMED en el procedimiento de cambio de tintas de la referencia bolsa Kraft colanta enter a 3c A bolsa Kraft Amtex tAnnus 2c*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. doi:10.22490/25394088.2256
- Global Voice of Quality . (4 de Agosto de 2016)*Global Voice of Quality* . Recuperado el Enero de 2019, de <http://asq.org/sixsigma/2008/04/fishbone-cause-and-effect-diagram.html?shl=088684>
- Kleber F. Barcia Villacreses, P. (Octubre de 2006)Implementación de una Metodología con la Técnica 5S para Mejorar el Área. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18(1), 69-75. doi: ISSN : 0257-1749
- Krick, E. V. (2015)*Ingeniería de Métodos*. Lima: Limusa.
- Latus, O. M. (16-19 de Noviembre de 2014)Comparación entre extruído y pelletizado en alimentos de camarones. *Memoris del VII simposium internacional de nutrición acuícola*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de http://eprints.uanl.mx/8392/1/22Oswaldo_Munoz.pdf

- Mentory. (21 de Agosto de 2014)*Mentory*. (Mentory) Recuperado el 31 de Enero de 2019, de <https://mentory.online/2014/08/3-pasos-para-desarrollar-el-diagrama-ctq.html>
- Sacristán, F. R. (Diciembre de 2009)*Técnica Industrial*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/66/77/a77.pdf>
- Service Quality Division . (06 de Mayo de 2016)*Service Quality Division* . Recuperado el 31 de Enero de 2019, de <http://asqservicequality.org/glossary/voice-of-the-customer-voc/>
- Vara Salazar, R., & Gutiérrez Pulido, H. (2009)*CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA* (Segunda edición ed.)México: McGRAW-HILL.
- Vega, E. C. (2005)*Administración de Materiales*. EUNED.