

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Reducción de paras no programadas en una línea de alimentos
para mascotas

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Andrea Solange Landivar Urbina

Bianca Fiorella Macías Guerrero

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios porque sin él nada de esto fuera posible, agradezco por todo lo proveído, por mantenerme constante y perseverante. Expreso un agradecimiento especial a mis padres Christian y Mireya, a Any y hermanos por ser un pilar indispensable en mi vida, por todo el esfuerzo realizado y la confianza que han depositado en mis estudios y en mis capacidades.

También doy gracias por las personas que me han acompañado en el proceso, a los amigos que se convierten en familia, a Jerry por el apoyo y creer en mí, y a los profesores que han sabido inculcar los valores y el conocimiento de un profesional.

Finalmente, doy gracias a Bianca Macías por ser parte de este gran equipo, por su calidad de amiga y compañera de tesis, a la empresa que nos abrió sus puertas y confió en nosotras, así como también al equipo de trabajo que siempre se mostró dispuesto a colaborar.

Andrea Landivar

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios por guiarme en todas las etapas de mi vida.

A mis padres Ottón y Blanca, a mi familia en general por el sustento y el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mis amigos que me han apoyado y con quien he compartido momentos inolvidables. A los profesores que me han inculcado conocimientos y valores para mi desarrollo personal y profesional.

Finalmente, doy gracias a mi compañera de tesis por los resultados obtenidos y a la compañía por la apertura que nos brindó para la realización de este proyecto.

Bianca Macías

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Andrea Solange Landivar Urbina* y *Bianca Fiorella Macías Guerrero* y damos nuestro 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”



Andrea Solange Landivar
Urbina

AUTOR 1



Bianca Fiorella Macías
Guerrero

AUTOR 2

EVALUADORES

Jorge Abad M., Ph.D.
PROFESOR DE LA MATERIA



Kléber Barcia V., Ph.D.
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Actualmente, las industrias presentan un tiempo promedio de inactividad no programada de aproximadamente 17 días al año. Si una máquina no está funcionando, no genera ingresos y representa costos adicionales, dificultando alcanzar la máxima eficiencia. La línea 12 presenta la menor disponibilidad de la planta, el presente proyecto se centra en las paras no programadas que presentan un promedio de 19.13 horas mientras que lo requerido es de 10 horas mensuales, consecuentemente, se plantea un objetivo de reducción del 30% de esta diferencia.

Se utilizó la metodología de mejora continua DMAIC y distintas herramientas de mejora continua con el fin de analizar la problemática, encontrar causas y proponer soluciones que permitan alcanzar los objetivos planteados. Una vez identificadas las causas raíz, se propuso soluciones que incluían la estandarización de procesos, medidas preventivas para cuerpos extraños, lista de verificación mecánica y un tablero para control visual que permita un seguimiento actualizado diario del indicador propuesto.

Con una inversión de \$1425,58.00 se logra un ahorro anual de \$21,381.12 reduciendo en un 23% el número de paras no programadas y un 13% las horas de paras no programadas al mes. Sin embargo, a largo plazo se espera un ahorro mayor anual de \$25,898.04. Para finalizar, cabe recalcar que con este proyecto se contribuye al desarrollo sostenible de la organización, puesto que se disminuye el desperdicio generado para la calibración de equipos.

Palabras Clave: paras no programadas, DMAIC, mejora continua, estandarización.

ABSTRACT

Currently, industries have an average unscheduled downtime of approximately 17 days per year. If a machine is not working, it does not generate income and represents additional costs, making it difficult to achieve maximum efficiency. Line 12 presents the lowest availability of the plant, this project focuses on unscheduled stops that present an average of 19.13 hours while the required is 10 hours per month, consequently a reduction objective of 30% of this difference is proposed.

The DMAIC continuous improvement methodology and different continuous improvement tools were used to analyze the problem, find causes, and propose solutions that allow achieving the objectives set.

Once the root causes were identified, solutions were proposed that included the standardization of processes, preventive measures for strange bodies, a mechanical checklist and a visual control dashboard that allows daily updated monitoring of the proposed indicator.

With an investment of 1,425.58, an annual saving of \$ 21,381.12 is achieved, reducing the number of non-scheduled pauses by 23% and the number of unscheduled pauses per month by 13%. However, in the long term an additional annual saving of \$ 25,898.04 is expected. Finally, it should be noted that this project contributes to the sustainable development of the organization, since the waste generated for the calibration of equipment is reduced.

Keywords: unscheduled stops, DMAIC, continuous improvement, standardization.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Marco Teórico.....	3
1.4.1 Mejora Continua.....	3
1.4.2 DMAIC	3
1.4.3 VOC	3
1.4.4 CTQ tree	3
1.4.5 SIPOC.....	4
1.4.6 Diagrama Ishikawa.....	4
1.4.7 Paras no programadas.....	4
1.4.8 Disponibilidad.....	5
1.4.9 OEE	5
CAPÍTULO 2	6
2. Metodología.....	6
2.1 Definición.....	6
2.1.1 Voz del Cliente (VOC).....	6
2.1.2 Árbol CTQ y variable de respuesta	7
2.1.3 Definición del Problema	7
2.1.4 Alcance del proyecto.....	8
2.1.5 Restricciones del Proyecto	10
2.1.6 Triple Balance de Beneficio.....	10
2.2 Medición	11
2.2.1 Estratificación.....	11
2.2.2 Diagrama de Procesos.....	15

2.2.3	Plan de recolección de datos	21
2.2.4	Confiabledad de los datos	23
2.3	Análisis	25
2.3.1	Lluvia de ideas	25
2.3.2	Diagrama Ishikawa.....	27
2.3.3	Matriz Causa-Efecto.....	29
2.3.4	Matriz Impacto vs Esfuerzo	31
2.3.5	Plan de Verificación de Causas.....	32
2.3.6	5 Porqué	37
2.4	Mejoras.....	38
2.4.1	Propuestas de mejora y selección.....	39
2.4.2	Plan de implementación	42
2.4.3	Implementación de un plan de inspección.....	43
2.4.4	Medidas preventivas para cuerpos extraños en el área de dosificación	45
2.4.5	Medidas preventivas para cuerpos extraños (uso de zaranda).	46
2.4.6	Establecimiento de rangos de parámetros	46
2.4.7	Programación de cambios de cuchillas	48
2.4.8	Estandarización del proceso de cambio de cuchilla	49
CAPÍTULO 3		52
3.	Resultados y análisis	52
3.1	Implementación	52
3.2	Análisis Económico	54
3.3	Resultados	55
3.3.1	Resultados en la variable de salida Y.....	55
3.3.2	Resultados CTQ's	56
3.3.3	Resultados de Sostenibilidad	57
3.4	Control.....	57
3.4.1	Plan de Control Operativo	57
3.4.2	Control Visual.....	58
3.4.3	Plan de Reacción	59
CAPÍTULO 4		61
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	61
4.1	Conclusiones.....	61
4.2	Recomendaciones.....	61
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
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

SIMBOLOGÍA

H, h	Horas
Min	Minutos
Kg	Kilogramos
T	Toneladas
Ho	Hipótesis Nula
H1	Hipótesis Alternativa
L	Litros
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje
\$	Dólar
Rpm	Revoluciones por minuto

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ideas destacadas del VOC	6
Figura 2.2 Árbol CTQ	7
Figura 2.3 Serie de Tiempos de horas de para no planeada por mes.....	8
Figura 2.4 Factores de Estratificación.....	11
Figura 2.5 A) Estratificación por tipo de producto. B) Alimentos producidos en la línea	12
Figura 2.6 Estratificación por departamento	12
Figura 2.7 Estratificación por tipo de para	13
Figura 2.8 Gráfica de cajas Horas vs Operadores	13
Figura 2.9 Prueba T de dos muestras.....	14
Figura 2.10 Diagrama de Flujo de Proceso en la línea 12	16
Figura 2.11 Tasa de salida de cada proceso de la línea 12	17
Figura 2.12 Diagrama Ishikawa del problema enfocado 1	28
Figura 2.13 Diagrama Ishikawa del problema enfocado 2	28
Figura 2.14 Matriz Impacto vs Esfuerzo.....	31
Figura 2.15 Atoramientos en pre acondicionadores.....	33
Figura 2.16 Datos de Verificación de Atoramiento en cañón	34
Figura 2.17 Croquetas conforme y no conforme	35
Figura 2.18 Formato de Cambio de cuchillas.....	35
Figura 2.19 Cambio de cuchilla por Operador 1	36
Figura 2.20 Cambio de cuchilla por Operador 2	36
Figura 2.21 Matriz impacto-esfuerzo de soluciones	40
Figura 2.22 Plan de inspección.....	43
Figura 2.23 Lista de verificación extrusión	44
Figura 2.24 Embalaje antes	45
Figura 2.25 Embalaje actual	45
Figura 2.26 Proceso estandarizado cambio de cuchilla	50
Figura 2.27 SOP cambio de cuchilla.....	51
Figura 3.1 Actualización de formatos propuestos para proceso de extrusión.....	53
Figura 3.2 Actualización de formatos propuestos para proceso de secado	53
Figura 3.3 Resultados actuales de variable de respuesta.....	55
Figura 3.4 Resultados a largo plazo de variable de respuesta.....	56
Figura 3.5 Resultados de sostenibilidad	57
Figura 3.6 Tablero Control.....	59
Figura 3.7 Socialización control visual	59
Figura 3.8 Plan de reacción.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Metodología 3W+2H para definir problemas	8
Tabla 2.2 SIPOC	9
Tabla 2.3 Proceso de Para por Atoramiento/Ajuste de Extrusión.....	18
Tabla 2.4 Proceso de Para por Cambio de Cuchilla	19
Tabla 2.5 Plan de recolección de datos	21
Tabla 2.6 Tamaño de la muestra	22
Tabla 2.7 Matriz de Confiabilidad de los Datos.....	24
Tabla 2.8 Matriz Causa-Efecto Problema enfocado 1	29
Tabla 2.9 Matriz Causa-Efecto Problema enfocado 2	30
Tabla 2.10 Plan de Verificación de Causas	32
Tabla 2.11 Datos de Verificación de Atoramiento en pre acondicionadores	33
Tabla 2.12 Datos de Verificación de Atoramiento en cañón.....	34
Tabla 2.13 Toneladas extruidas por producto.....	36
Tabla 2.14 Análisis 5 Porqué de Problema enfocado 1	37
Tabla 2.15 Análisis 5 Porqué de Problema enfocado 1	38
Tabla 2.16 Análisis 5 Porqué de Problema enfocado 1	39
Tabla 2.17 Plan de implementación.....	42
Tabla 2.18 Parámetros proceso de extrusión	47
Tabla 2.19 Parámetros proceso de secado	47
Tabla 2.20 Parámetros proceso de enfriado	48
Tabla 2.21 Características de muestra	48
Tabla 2.22 Resumen data recolectado desgaste de cuchilla	49
Tabla 2.23 Flujo de actividades operador 1	49
Tabla 2.24 Flujo de actividades operador 2	50
Tabla 3.1 Tabla comparativa resultados de implementación	52
Tabla 3.2 Análisis económico de soluciones propuestas	54
Tabla 3.3 Resultados CTQ'S	56
Tabla 3.4 Plan de control operativo	58

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto fue realizado en una empresa que produce, distribuye y comercializa insumos agropecuarios e industriales nacional e internacionalmente. La planta donde se desarrolla el proyecto se encarga de la producción de balanceados para camarón, pollo, ganado, cerdos y mascotas.

La planta cuenta con tres divisiones, cada división produce productos para diferentes familias de animales. La división del proyecto cuenta tres líneas de producción de comida para perros y gatos. Actualmente, la división realiza varios productos comercializados en diferentes presentaciones para la venta. Cada producto cuenta con diferentes recetas y tamaño de croquetas dependiendo de los valores nutricionales requeridos por el consumidor objetivo.

La línea 12 es nueva en la división, realizó pruebas en noviembre y diciembre del 2019 y empezó sus actividades de producción para la venta en enero del presente año. Esta línea cuenta con la mayor salida de producto terminado por hora de la división y realiza productos diferentes, con diversas presentaciones y especificaciones en las croquetas debido a las limitaciones de datos del proceso de extrusión.

El proceso de producción inicia con el abastecimiento y dosificación de materias primas. Posteriormente, estas son mezcladas y molidas. Luego, se procede a extruir la mezcla en donde la croqueta sale con forma definida hacia el secador para ser bañadas con aceites, son enfriadas y pasan a tolvas de producto terminado para finalmente ser envasadas.

Diariamente, planificación envía un plan de producción para las envasadoras y extrusoras de cada línea en donde se detallan las horas de producción, el tipo de producto, las toneladas de producto a procesar, así como los ratios requeridos en las máquinas, las paras programadas y el tiempo de ajuste planificado. El presente proyecto se centra en reducir aquellas paras que no están detalladas en el plan de producción y que afectan directamente a las horas de producción planificadas y consecuentemente a la disponibilidad de máquina de la línea.

En el transcurso del año, la línea 12 presenta gran variabilidad en el indicador por paras no programas con una tendencia decreciente desde junio del presente año. Con el fin de

identificar el problema, se eligió los tres últimos meses de referencia puesto que se considera que el proceso en la línea ya se ha estabilizado.

1.1 Descripción del problema

La línea 12 de una empresa que produce alimento balanceado presenta un alto número de horas de paras no programadas de agosto a octubre de 2020. Esto se muestra en una línea de tiempo, en el que se evidencia un promedio 19.13 horas de paras no programadas por mes cuando lo establecido por la compañía es máximo 10 horas.

1.2 Justificación del problema

Con el fin de identificar la línea de proyecto, se revisa los datos históricos del presente año y se identifica a la línea 12 como la que menor disponibilidad presenta en la división de consumo, siendo las horas de paras imprevistas un factor importante en este indicador, impidiendo el cumplimiento de los planes de producción y a su vez impactando directamente a factores de confiabilidad y calidad, puesto que las mezclas esperan más tiempo en ser procesadas, se retrasan las órdenes y la demanda no es satisfecha.

1.3 Objetivos

Para la definición de los objetivos se define un GAP de 9.13 horas no programadas por mes, el cual es calculado mediante la diferencia del promedio de los meses de agosto, septiembre y octubre, y el valor máximo establecido por la compañía que es de 10 horas de paras no programadas mensuales.

1.3.1 Objetivo General

Reducir el 30% del GAP de horas de paras no programadas por mes en la línea 12 de la división de consumo antes del mes de febrero del año 2021.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1) Levantar información de las paras no planeadas para la identificación de sus mayores causas.

- 2) Medir los tiempos y frecuencias de las paras no planeadas que son necesarias en el proceso.
- 3) Estandarizar los parámetros de arranque de extrusión.
- 4) Justificar económicamente las soluciones propuestas demostrando su viabilidad.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Mejora Continua

La mejora continua es una mentalidad de las organizaciones para hacer procesos más eficientes y óptimos de acuerdo con las necesidades del mercado. Mediante esta ideología las organizaciones son capaces de reducir costos, desperdicios, mejorar la calidad de los productos y mejorar el rendimiento de los procesos (siilearning, n.d.).

1.4.2 DMAIC

Definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) es una estrategia de calidad basada en datos que se utiliza para mejorar los procesos. Las letras del acrónimo representan las cinco fases que componen el proceso, incluidas las herramientas que se utilizarán para completar las fases. Es una parte integral de una iniciativa Seis Sigma, pero en general se puede implementar como una cualidad independiente. procedimiento de mejora o como parte de otras iniciativas de mejora de procesos como lean (The Certified Quality Engineer Handbook, 2017).

1.4.3 VOC

Mediante la voz del cliente, se recolecta las preferencias, comentarios, expectativas, requerimientos tanto de clientes internos como de externos. Para la recolección de información se pueden usar encuestas, entrevistas, grupos focales, sugerencias y observaciones (International SIx Sigma Institute, n.d.).

1.4.4 CTQ tree

Esta herramienta se centra en las métricas clave de satisfacción del cliente. Para esto, las necesidades del cliente son recolectadas mediante el VOC y deberán ser traducidas en características medibles para poder conectarlas con las actividades de la organización (Stroud, n.d.).

Para satisfacer los diversos requisitos del cliente, un producto debe poseer las correspondientes características de calidad, que son las propiedades inherentes del producto y los portadores de la calidad del producto. Con el fin de medir eficazmente la calidad del producto en el diseño, el control de calidad debe ser un objeto polimorfo que satisfaga simultáneamente los requisitos de cognición y medición proveniente de clientes, empresas e ingenieros en diferentes perspectivas (Liliana, 'Research Gate, 2016).

1.4.5 SIPOC

SIPOC es un mapa del proceso de alto nivel que describe cómo el proceso dado está sirviendo al cliente. Es un acrónimo de Proveedores, Insumos, Proceso, Salidas y Clientes. Por lo general, se usa durante la fase de definición de un proyecto de mejora de procesos, con el fin de comprender claramente el propósito y el alcance del proyecto. Mediante esta herramienta, se identifican las variables de entrada y el impacto sobre la variable de salida definida. También se convierte en una entrada principal para la construcción de mapas de procesos detallados (Saxena, 2007).

1.4.6 Diagrama Ishikawa

El concepto básico se utilizó por primera vez en la década de 1920, pero el diagrama de espina de pescado real fue popularizado en la década de 1960 por Kaoru Ishikawa, quien fue pionero en los procesos de gestión de calidad en los astilleros de Kawasaki.

El diagrama se centra en las múltiples causas fundamentales de un problema de calidad de los datos. Cada causa raíz o motivo de la mala calidad de los datos se agrega al diagrama y se agrupa en categorías para identificar y clasificar estas causas (Liliana, Research Gate, 2016).

1.4.7 Paras no programadas

Estas pérdidas resultan en pérdidas de tiempo (productividad reducida) y pérdidas de cantidad (aparición de productos defectuosos). Son producto de fallas esporádicas o crónicas. Las fallas esporádicas ocurren cuando ocurren cambios en algunas condiciones (plantillas / herramientas, método de trabajo y estado del equipo). Estos requieren medidas para revertirlos a su estado original. Las fallas crónicas ocurren

cuando hay algunos defectos ocultos en el funcionamiento del equipo y requieren de mayores esfuerzos para ser solucionados (Osama, s.f.).

1.4.8 Disponibilidad

Se descubre que si la salida es cero y el sistema no produce nada, o cuando la máquina funciona, pero no produce ningún producto durante el período de examen, entonces se denomina pérdidas por tiempo de inactividad, y principalmente debido a dos factores, a saber, una pérdida por avería, que se refiere a fallas de piezas donde ya no pueden funcionar correctamente y se requiere reparación o reemplazo y las pérdidas son medidas por el tiempo necesario para la mano de obra o las piezas para solucionar el problema; y tiempo de configuración y ajuste que están relacionados con los cambios en las diversas condiciones de funcionamiento (Sayuti, 2019).

La disponibilidad mide el tiempo de actividad real del equipo durante el tiempo de producción planificado. En otras palabras, la cantidad de tiempo que la máquina estuvo disponible para fabricar piezas cuando la máquina estaba programada para fabricarlas. La forma más sencilla de medir el tiempo de actividad es medir el tiempo de inactividad y restarlo del tiempo que el equipo está disponible.

1.4.9 OEE

En 1998, Nakajima introdujo el concepto de efectividad general del equipo (OEE), un elemento clave para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM). El indicador OEE proporciona una medida de la productividad real de una máquina con respecto a la teórica. Las causas de esta diferencia están asociadas a las llamadas seis grandes pérdidas, que suelen definirse en función de disponibilidad, rendimiento y calidad (Yanto, Research Gate, 2018).

La eficiencia general del equipo (OEE) es un enfoque que califica efectividad y eficiencia del desempeño de la operación durante su trabajo tiempo. La OEE también puede medir seis grandes pérdidas que son fallas de equipo, configuración o ajuste de producción, menores paradas, velocidad reducida, rendimiento reducido que se produce desde el inicio hasta defecto de estabilización y calidad (Yanto, Research Gate, 2018).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se lo llevó a cabo bajo la metodología DMAIC, que consta de 5 fases. A continuación, se describe cada una de estas fases.

2.1 Definición

2.1.1 Voz del Cliente (VOC)

Durante la primera etapa de definición del problema se realizó una serie de entrevistas para identificar las necesidades a satisfacer y las opiniones que tienen los involucrados sobre la problemática. Éstas fueron realizadas a operadores, supervisores y jefes de producción del cual se obtuvieron algunos de los motivos “preliminares” causantes de las paras no programadas detallados a continuación en la figura 2.1:



Figura 2.1 Ideas destacadas del VOC

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

2.1.2 Árbol CTQ y variable de respuesta

Con las ideas obtenidas en el VOC, se procede a realizar un árbol CTQ, en donde se identifican las necesidades y los factores que permitirán cumplir con los objetivos establecidos. A su vez, se definen variables cuantitativas denominadas CTQ, las cuales serán utilizadas para medir los resultados del proyecto. En la figura 2.2, se encuentran todas las posibles variables de respuestas y se identifica a su vez la variable de salida, como el número de horas de paras no planeadas por mes.



Figura 2.2 Árbol CTQ

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

2.1.3 Definición del Problema

Para la definición del problema, se utilizó la serie de tiempos mostrada en la figura 2.3, en la que se incluye todos los meses operativos de la línea. Esto permitió identificar que en los meses de agosto, septiembre y octubre se estabiliza el proceso, razón por la cual estos meses fueron considerados para el análisis.

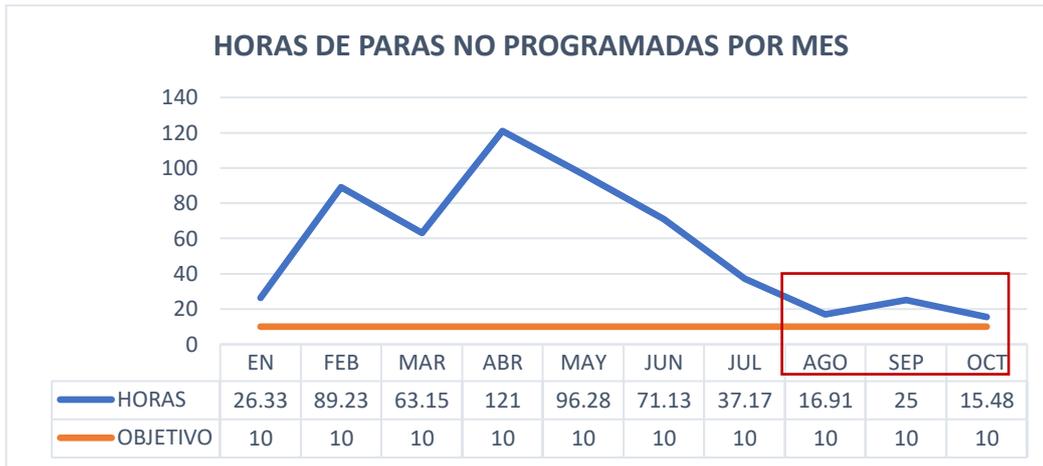


Figura 2.3 Serie de Tiempos de horas de para no planeada por mes

Fuente: Elaboración Propia

Andrea Landivar / Bianca Macías

En la tabla 2.1 se detalla la utilización de la herramienta 3W+2H para la declaración del problema.

Tabla 2.1 Metodología 3W+2H para definir problemas

Fuente: Elaboración Propia

Andrea Landivar / Bianca Macías

QUÉ?	Horas de paras no programadas por mes.
CUÁNDO?	De Agosto a Octubre de 2020.
DONDE?	En la línea 12 de una compañía que produce alimento balanceado
QUÉ TANTO?	La serie de tiempo muestra un promedio de 19.13 horas por mes.
COMO LO SÉ?	La meta establecida de la compañía es 10 horas de paras no programadas máximo.

La declaración del problema queda establecida de la siguiente manera:

“La línea 12 de una compañía que produce alimento balanceado presenta un alto número de horas de **paras no programadas** de **agosto** a **octubre** de 2020. Esto se muestra en una **línea de tiempo**, en el **que se evidencia un promedio 19.13 horas de paras no programadas por mes cuando lo establecido por la compañía es máximo 10 horas**”.

2.1.4 Alcance del proyecto

El enfoque del proyecto se centra en el proceso de extrusión, debido a que este recurso es el cuello de botella de la línea. Por esta razón, se considerarán los procesos

necesarios previos al ingreso de la mezcla a la extrusora hasta el envasado del producto y paletizado de este. La tabla 2.2, muestra el diagrama SIPOC, donde se identifican estos procesos.

Tabla 2.2 SIPOC

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Bodega de materia prima	Materia prima	Abastecimiento y dosificación	Materia prima necesaria para una corrida de producción almacenada en tolvas, reporte de tolvas	Operador de Molino
Operador de cabina	Materia prima necesaria para una corrida de producción almacenada en tolvas, plan de producción, orden de proceso	Mezcla y molienda	Mezcla molida, orden de proceso llena, registro diario de molienda	Extrusor
Molino	Mezcla molida	Extrusión	Croquetas con alto porcentaje de humedad, reporte de parámetros de extrusión, reporte de paras de extrusión	Extrusor
Extrusora	Croquetas con alto porcentaje de humedad	Secado, baño y enfriado	Croquetas almacenadas en tolvas de producto terminado, reporte general de pérdidas de producción, registro diario de parámetros de secado	Operador de envasado
Secador	Croquetas almacenadas en tolvas de producto terminado	Envasado y paletizado	Pallets de producto terminado, plan de envasado	Asistente de producción

Como muestra la tabla 2.2, el proceso se inicia con el abastecimiento manual por parte del abastecedor y la dosificación de materias primas, que es realizada de forma automática por el operador de cabina. Una vez realizada la dosificación, esta es almacenada en tres tolvas de mezcla; luego el molinero debe mezclar y moler la materia prima para obtener una mezcla con un grado de retenido específico dependiendo del producto; la mezcla molida es almacenada en tolvas. Luego, el producto es transportado a la extrusora mediante un transportador. En la extrusora, la mezcla adquiere forma

debido a la adhesión de vapor, agua, energía y colorantes. La muestra deberá ser secada para disminuir el porcentaje de humedad; luego recibe un baño de aceite, cuyo tipo depende del producto. La muestra es enfriada para luego ser almacenada en las tolvas de producto terminado. Finalmente, el producto es envasado en presentaciones específicas para luego ser paletizado.

Una vez escuchado los requerimientos de las personas involucradas en el proceso y el registro de paras no programadas, se define el alcance del proyecto incluirá los procesos que afecten de manera directa o indirectamente la extrusión.

2.1.5 Restricciones del Proyecto

Se encontraron algunos factores que podrían dificultar el desarrollo del proyecto los cuales se enlistan a continuación:

- Receta: Algunos ingredientes de la receta dependen del costo de materia prima, por lo tanto, la fórmula no es constante. Las condiciones del proceso difieren debido a esto, lo que dificultaría una posible estandarización de parámetros.
- Inversión: Las propuestas deben ser de alto impacto y bajo costo económico.
- Variabilidad: Los datos históricos presentan altos niveles de variabilidad en sus observaciones y causas, lo que demanda mucho tiempo en obtener la información correcta.

2.1.6 Triple Balance de Beneficio

La sostenibilidad se enfoca en cumplir con las necesidades presente sin comprometer las necesidades de generaciones futuros. El triple Balance de Beneficio se enfoca en los tres pilares fundamentales que son economía, beneficio y medio ambiente.

- El beneficio a la sociedad será que los operadores conocerán las actividades a realizar basados en procedimientos operativos estándares, minimizando los errores e incrementando la seguridad de los colaboradores.
- El beneficio al planeta será la reducción de desperdicio mediante la disminución de arranques de equipos.
- El beneficio económico será que al reducir el número de horas de paras no programadas, se ahorraría aproximadamente \$1,500 mensuales.

2.2 Medición

2.2.1 Estratificación

En esta etapa se inició definiendo todos los factores que influyen en el problema establecido en la fase anterior. Estos factores fueron considerados como las posibles variables que permitirán estratificar el problema definido y son mostradas en la figura 2.4.



Figura 2.4 Factores de Estratificación

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Para establecer los factores a utilizar para definir los problemas enfocados, se realizó diagramas Pareto y pruebas estadísticas de diferencias de medias. Mediante los diagramas de Pareto se identificó aquellos factores con mayor impacto en la variable de salida. Mediante las pruebas estadísticas fue posible establecer si existe diferencias significativas y consecuentemente determinar si es relevante estratificar por determinados factores.

El primer factor que se analizó fue el tipo de producto, mediante la gráfica 2.5 se puede visualizar que el mayor tiempo de paras se da cuando producen 3 tipos de producto particulares. No obstante, estos son los productos con mayor planificación de horas de producción, en consecuencia, se descarta la estratificación por producto para paras nos programadas.



Figura 2.5 A) Estratificación por tipo de producto. B) Alimentos producidos en la línea

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

El diagrama Pareto correspondiente al factor de departamentos se muestra en la gráfica 2.6, en el cual se visualiza que el mayor número de horas de paras no programadas son asignadas al departamento de producción.

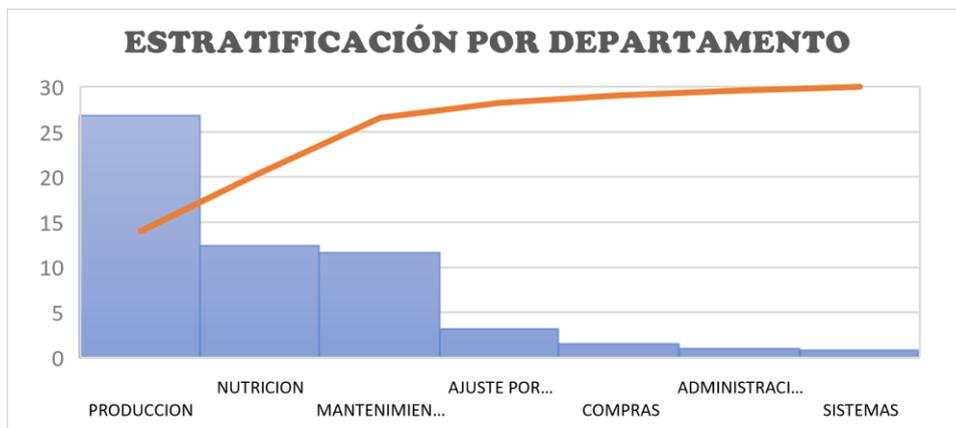


Figura 2.6 Estratificación por departamento

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Establecido esto, procedemos al análisis del factor de tipos de paras no programadas en este departamento, gráfica 2.7, en donde se identificó que el mayor número de tiempo de paras se da a causa de atoramientos, ajustes de extrusión y cambio de cuchillas, cabe recalcar que de estas tres, se considera al cambio de cuchillas como una para necesaria mientras que las otras dos son paras que no deberían ocasionarse.

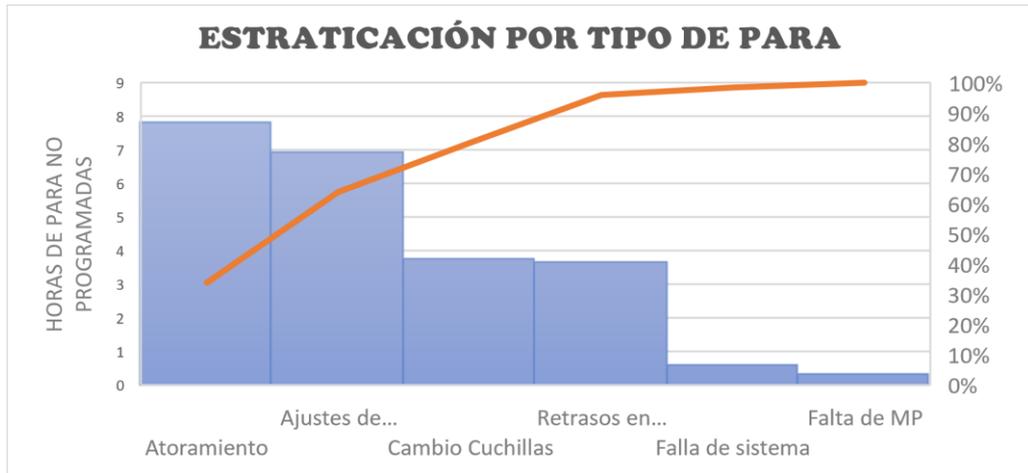


Figura 2.7 Estratificación por tipo de para

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Finalmente, se realizó el análisis estadístico de diferencia de medias T student, para saber si el factor “Operadores” es relevante en las horas por paras imprevistas que se ocasionan. Para ello se plantearon las siguientes hipótesis:

Ho: Las medias de horas por paras no programadas son iguales para Operador 1 y 2.

H1: Las medias no son iguales.

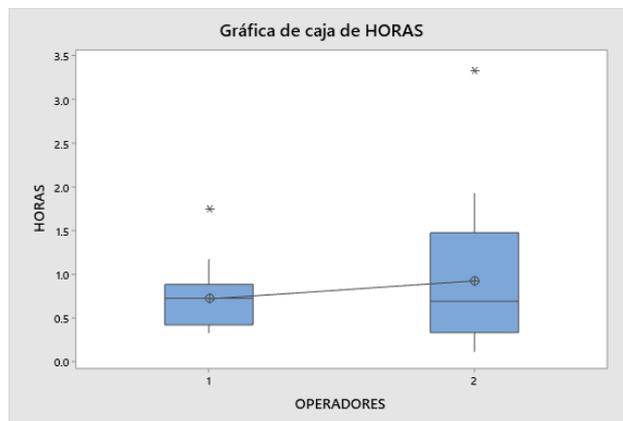


Figura 2.8 Gráfica de cajas Horas vs Operadores

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

En la figura 2.8 se muestra el diagrama de cajas obtenido de esta prueba en la cual no se percibe gráficamente alguna diferencia significativa entre las medias propuestas. Esto se complementa con la figura 2.9 que muestra como resultado un valor p de 0.38, por lo

que hay suficiente prueba estadística para no rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de las horas por para no programada entre operadores son las mismas y este factor no se considera para la estratificación.

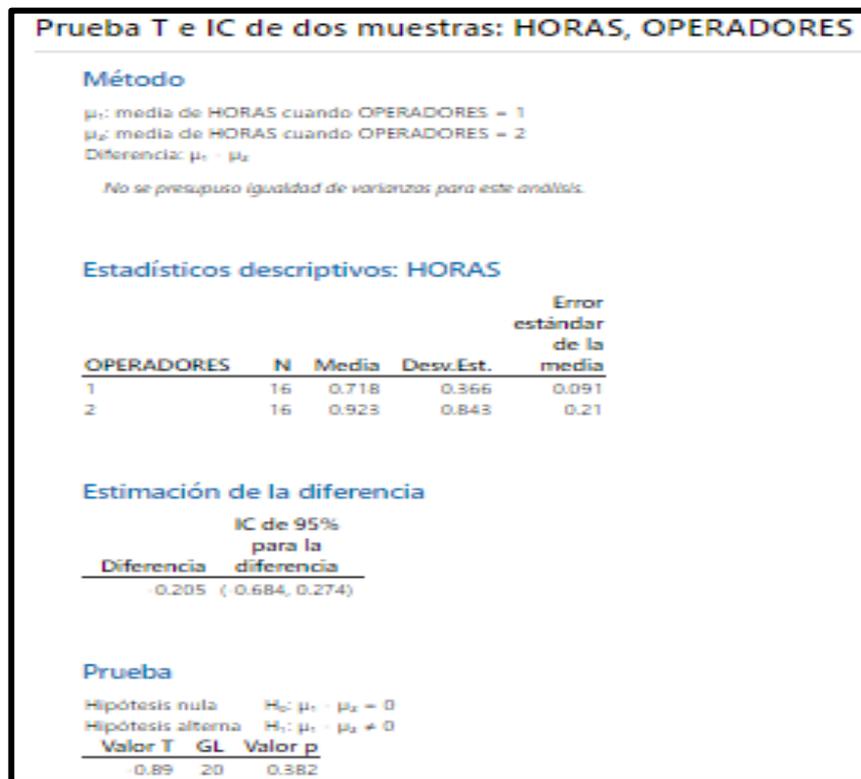


Figura 2.9 Prueba T de dos muestras

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Descrito esto, se procede a declarar los problemas enfocados a continuación:

Problema enfocado 1:

“La línea 12 de una empresa dedicada a la producción de balanceado, presenta un alto número de horas de paras no programadas por atoramiento y ajustes de extrusión de agosto a octubre de 2020. Esto se muestra en la figura 2.7, en el que se evidencia que estos tipos de para representan el 55.1% del total de horas de paras no programas del departamento de producción”.

Problema enfocado 2:

“La línea 12 de una empresa dedicada a la producción de balanceado, presenta un alto número de horas de paras no programadas por cambio de cuchillas de agosto a octubre de 2020. Esto se muestra en la figura 2.7, en el que se evidencia

que este tipo de para representa el 14% del total de horas de paras no programas del departamento de producción”.

2.2.2 Diagrama de Procesos

En la figura 2.10, se muestra el diagrama de flujo de proceso en la línea 12, en donde el cuello de botella es el proceso de extrusión. Por ello, las paras imprevistas consideradas son aquellas que hacen que la extrusora pare. Sin embargo, se analizarán todos los procesos puesto que el proceso de extrusión puede verse afectado por alguna para en otra máquina localizada antes del proceso de extrusión, o después. Un claro ejemplo de ello se evidencia cuando la extrusora no funciona por falta de materia prima (fallas en el proceso de abastecimiento antes de extrusión) o que se pare de extruir porque las tolvas donde se almacena el producto terminado están llenas (fallas en el proceso de envasado después de la extrusión).

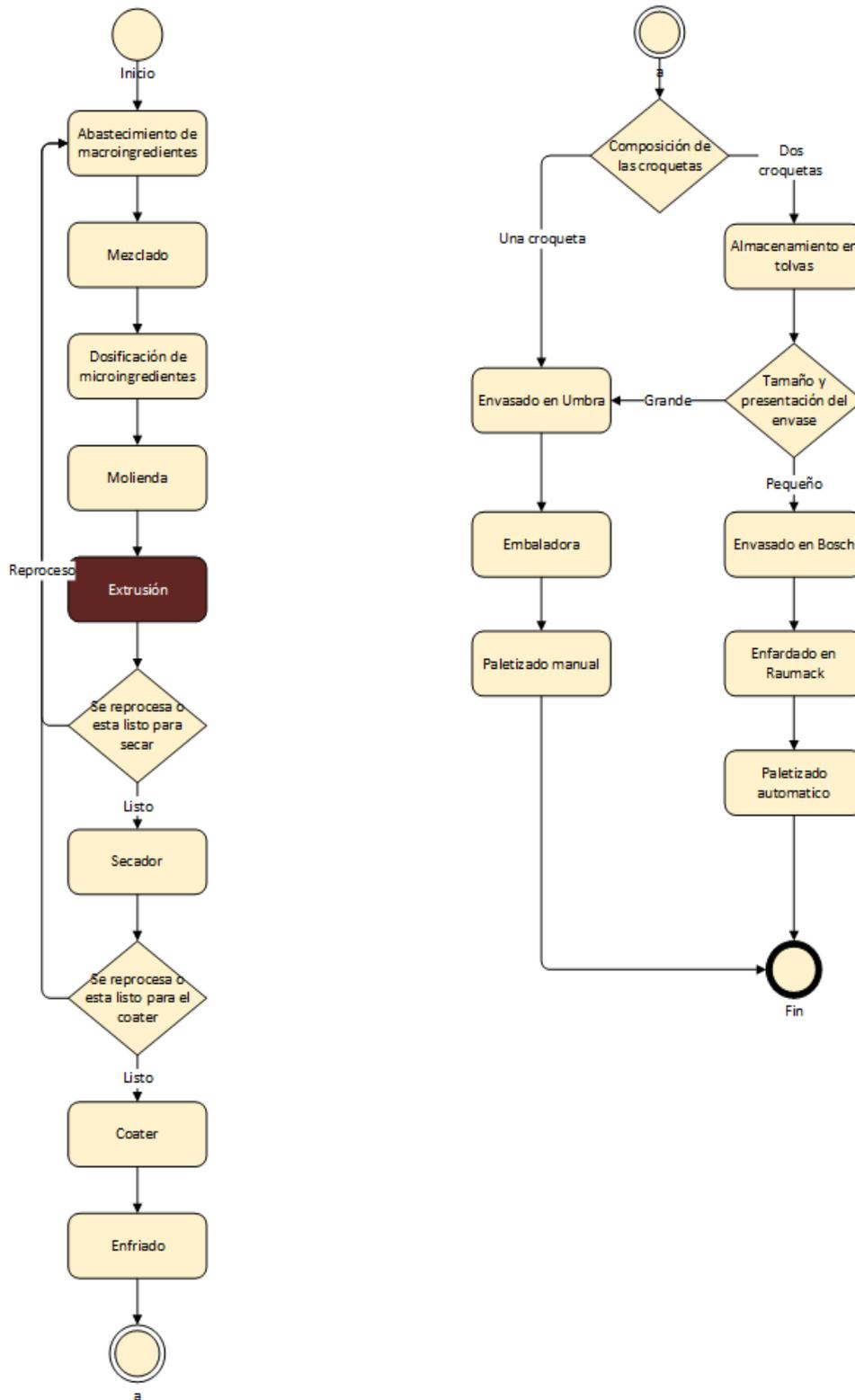


Figura 2.10 Diagrama de Flujo de Proceso en la línea 12

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Para demostrar que la extrusión es el cuello de botella se elaboró el diagrama presentado en la figura 2.11, donde se muestran los ratios de producción de cada máquina del proceso y se evidencia que la extrusora tiene el ratio menor equivalente a 8 toneladas/h.



Figura 2.11 Tasa de salida de cada proceso de la línea 12

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

A través de conversaciones con supervisores y operadores, y el gemba realizado en esta etapa se evidencian las siguientes fábricas ocultas:

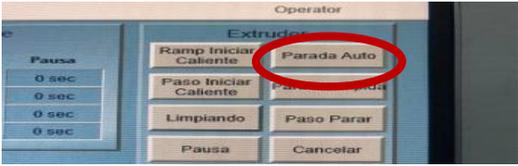
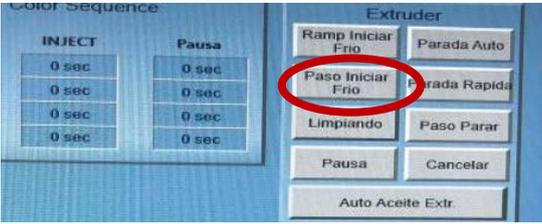
- Existe distorsión de información entre los reportes de los distintos departamentos de la organización.
- La causa de paras no programadas debería ser asignada a los departamentos por una persona que no pertenezca a ninguno de ellos.
- Existen holguras en la planificación de la producción que ocasionan imprecisión en la línea de producción.
- Las ratios de producción de máquinas deberían ser redefinidos, puesto que se pueden ver afectados por el tipo de producto.
- Los operadores muchas veces no trabajan con el ratio establecido en el plan de producción.

Dentro de los procesos considerados en los problemas enfocados se tiene: Proceso de para atoramiento, ajuste de extrusión y proceso de para por cambio de cuchilla. A continuación, se describen cada uno de ellos, y a su vez se identifican las actividades que agregan y no agregan valor. Los procesos de para por atoramiento y ajuste de extrusión se detallan en una misma tabla 2.3, puesto que sus procesos son muy similares.

Tabla 2.3 Proceso de Para por Atoramiento/Ajuste de Extrusión

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

PASO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	AV	NAV
1		Se evidencia alarmas de falla en el monitor de la extrusora.		X
2		Se presiona la opción "Parada Auto" en el panel de control de la esquina derecha superior para detener la extrusora.		X
3		Se verifica que la falla se ocasiona por un atoramiento y se comunica al supervisor.		X
4		Supervisor analiza si el atoramiento requiere la intervención de mecánico o solo se necesita limpiar la zona atorada		X
5		Se realiza el debido mantenimiento/limpieza.		X
6		Se ajusta los parámetros a los cambios realizados y se presiona la opción "Paso Iniciar Frío" en el panel de control de la esquina derecha superior para iniciar arranque después de para.		X
7		Se habilita la opción pos secadora para mandar el producto al secador.		X

Dado que son paras que no deberían efectuarse, su frecuencia es impredecible y aún no se puede determinar el tiempo ni la naturaleza de cada una de ellas, no se incluye tiempos en los procesos de estas. De la misma manera no se considera ni uno de los

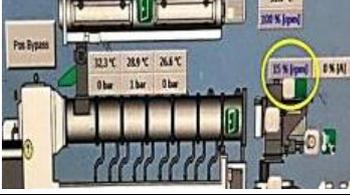
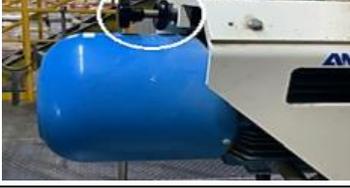
pasos como actividad que agrega valor, por ello la finalidad será de eliminar estas paras. La duración de estas paras dependerán también de que tan efectivo sea el mantenimiento/limpieza propuesta en el paso 5 por lo que podría demandar mucho más tiempo y el proceso tal como se diagrama podría repetirse por algunas ocasiones. En la tabla 2.4 se muestra el proceso de para por cambio de cuchilla en el que las actividades que agregan valor representan solo el 7% de los pasos. El resto de las actividades son asignadas a no agregan valor, pero son necesarias para el cambio.

Tabla 2.4 Proceso de Para por Cambio de Cuchilla

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

PASO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	AV	NAVN
1		Se presiona "PARADA AUTO" en la pantalla de control de extrusora. Se abre el portacuchilla,		X
2		Se quita el eje portacuchilla y se separa la cabeza de cuchilla y el eje. Se limpia el portacuchilla.		X
3		Se limpia la cabeza de cuchilla, se quitan las cuchillas desgastadas.		X
4		Se ubican las nuevas cuchillas en la cabeza portacuchilla, se las aseguran con las chavetas y los pernos correspondientes.		X
5		Para calibrar las cuchillas, se ubica la cabeza de cuchilla sobre la matriz. Se ejerce presión sobre cada par de cuchillas opuestas y se verifica que no se balanceen. Si existe balanceo, se deberá aflojar todos los pernos y volver a calibrar.	X	

6		Se ubica la cabeza de cuchilla en el eje de matriz, se lo ubica en el portacuchilla y se lo ajusta.		X
7		Se coloca y se ajusta la matriz y se esparce grasa vegetal sobre la superficie. Se cierra el motor del portacuchilla.		X
8		En la pantalla de mando se cambia el sistema manual y se configura la velocidad del portacuchilla a 15 % rpm.		X
9		Se calibra la distancia entre la matriz y la cabeza de cuchilla mediante la rueda de ajuste manual.		X
10		Se enciende el motor con START, después de algunos segundos se lo apaga con STOP.		X
11		Para verificar la calibración de las cuchillas, se deberá revisar la superficie de la matriz. Si existe descalibración se deberá ajustar los pernos calibradores.		X
12		Una vez calibrado se cierra el portacuchilla.		X
13		Se presiona la opción "Paso Iniciar Frío" en el panel de control de la esquina derecha superior para iniciar arranque después de para.		X

Cabe recalcar que aunque esta para sea necesaria en el proceso de extrusión aún no se considera como para programada en el plan de producción. Por ello en este proyecto se dirigirá un plan de acción para estandarizar este proceso en etapas futuras.

2.2.3 Plan de recolección de datos

Mediante el plan de recolección de datos, se describe los pasos exactos, así como la secuencia que se debe seguir para recopilar la información que afecte a la variable de respuesta y a su vez permita probar supuestos actuales. En la tabla 2.5 se presenta el nombre de las medidas, su tipo y la razón por la cual se está recolectando dicha información, así como también las personas que intervienen en la recopilación.

Tabla 2.5 Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
MEDIDA	TIPO DE DATA	¿POR QUÉ?	MÉTODO	¿QUIÉN ?	¿CÓMO?
Tipo de para no programada	Cualitativa	Verificar el tipo de para no programada que mayor impacto tiene en la variable de salida	Observación directa	Operador de cabina, Andrea Landívar, Bianca Macías	Preguntar a personas involucradas el motivo de la para
Tiempo de para no programadas	Cuantitativa	Verificar y cuantificar el tipo de para no programada que tiene mayor impacto sobre la variable de salida,	Observación directa	Andrea Landívar, Bianca Macías	Revisar las tendencias de la extrusora, anotar en el momento de la para
Tiempo de cambio de cuchilla por para no programada	Cuantitativa	Verificar y cuantificar el tiempo de cambio de cuchilla	Revisión de tendencias diarias	Andrea Landívar, Bianca Macías	Revisar tendencias de extrusora
Toneladas extruidas antes del cambio de cuchilla	Cuantitativa	Verificarla la vida útil de las cuchillas medido en toneladas extruidas	Observación directa	Andrea Landívar, Bianca Macías	Revisar pantalla en cabina de control
Tipo de producto extruido antes del cambio de cuchillas	Cualitativa	Verificar si el desgaste de cuchilla depende del producto extruido	Observación directa	Andrea Landívar, Bianca Macías	Revisar plan de producción

Para obtener el tamaño de la muestra se clasificaron los datos por los tipos de paras en la que se enfocaron los problemas previamente, y se define mediante la ecuación 2.1 que se presenta a continuación.

$$N = Z_{\alpha}^2 * \frac{\sigma^2}{\delta^2} \quad (2.1)$$

Donde:

Z_{α} : Nivel de confianza del 95%

σ^2 : Varianza de la muestra obtenida de la data histórica

δ^2 : error absoluto establecido de la muestra

La tabla 2.6 contiene las muestras de los tres tipos de paras elegidas, con las respectivas medidas que permiten calcular el N, estos datos se obtuvieron de la data histórica de los tres meses del análisis.

Tabla 2.6 Tamaño de la muestra

Fuente: Elaboración Propia

Andrea Landivar / Bianca Macías

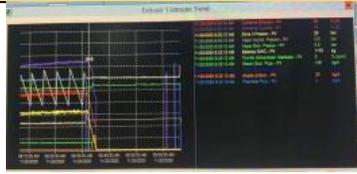
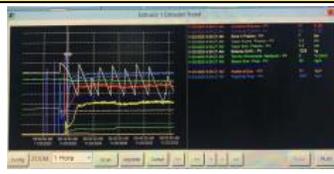
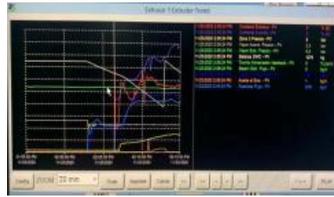
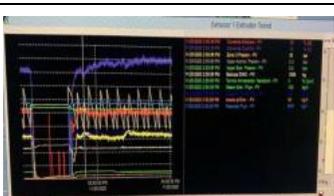
# Muestra	Tiempo de para por atoramientos	Tiempo de para por ajustes de extrusión	Tiempo de para por cambios de cuchilla
1	0.417	1.917	0.833
2	0.417	1.750	0.500
3	0.333	1.700	0.283
4	0.800	0.683	0.117
5	1.167	0.900	0.700
6	1.667	-	0.900
7	0.750	-	0.433
8	0.417	-	
9	0.283	-	-
10	0.333	-	-
Desviación estándar	0.451	0.557	0.288
Varianza	0.203	0.311	0.083
Media	0.658	1.390	0.538
Z	1.960	1.960	1.960
Error	0.198	0.417	0.161
N	20	7	12

Se asignaron 20 muestras de tiempo de para por atoramiento, 7 por ajustes de extrusión y 12 por cambios de cuchilla.

2.2.4 Confiabilidad de los datos

Se realiza la respectiva comparación entre las data recolectada, los reportes registrados por los operadores y las tendencias de la extrusora y son mostrados en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Matriz de Confiabilidad de los Datos

FECHA	TOMA DE TIEMPOS (GEMBA)				MONITOR EXTRUSORA		REGISTRO PARA
	HORA INICIO PARA	HORA FIN PARA	TIPO DE PARA	DURA. (MIN)	HORA INICIO DE PARA	HORA FIN DE PARA	
20-Nov	8:32	9:09	Cambio de cuchillas	38			
23-Nov	12:18	14:06	Ajuste de cuchilla, extrusor almuerzo, prueba en el secador	108			
23-Nov	14:29	15:04	Subida de amperaje en motor de cuchilla	35			
25-Nov	2:19	2:50	Problema con válvula del baño	31			

Para demostrar la confiabilidad de los datos de tiempo por para no programadas, variable de salida definida, se hizo uso de las tendencias que muestra el monitor de extrusora donde contiene la fecha y hora en la que se detiene la máquina. Esto permite determinar si las paras registradas por los operadores son verídicas en cuanto al tiempo y la hora, sin embargo, esto no demuestra la correcta asignación del tipo de causa, ya que no es registrado por el monitor. Por lo tanto, se realiza una comparación que comprende las tendencias de la extrusora, las mediciones en la toma de tiempo (gemba) y los registros de para llenados por el operador, en donde estos dos últimos permitirán confirmar la veracidad de las causas de cada uno de los tipos de para que se registran.

En la tabla 2.8 se presenta la matriz donde se realizan estas comparaciones con cuatro de las muestras obtenidas en donde se puede evidenciar que la hora y los tiempos coincidan con mucha exactitud entre la toma de tiempos, reportes y tendencias. De la misma manera se encuentra que las causas, a veces descritas con otras palabras, son las mismas que las observadas en el gemba.

Sin embargo, al momento de la recolección de datos se pudo observar que los operadores de cabina, que son los encargados de llenar los reportes, a veces encuentran confuso asignar la causa de la para, por lo cual se propone un seguimiento a los reportes entre supervisores, operadores y auxiliares de producción para que se registre de manera oportuna y correcta cada tipo de para y a su vez que el desglose del tiempo de las actividades de producción y paras registrados en los reportes completen a totalidad la duración del turno.

2.3 Análisis

En esta etapa se establecieron las posibles causas de los problemas enfocados, así como el análisis de cada una de ellas. Para esto, se trabajó en conjunto con un equipo conformado por: jefe de producción, supervisores, extrusores, jefe de mantenimiento y técnicos de la línea.

2.3.1 Lluvia de ideas

Como primer paso se procedió a consultar todas aquellas causas que el equipo de trabajo consideraba que podrían ocasionar las paras imprevistas, ya sean estas por

atoramientos y ajustes de extrusión como por cambios de cuchillas. A continuación, se enlistan cada una de ellas de acuerdo con el problema enfocado:

Problema enfocado 1: Atoramientos y ajustes de extrusión

- La materia prima no siempre es la misma.
- Variaciones de amperaje.
- Falta de mantenimiento.
- La mezcla es muy seca.
- Fallas en la balanza.
- Disminución en la velocidad del tornillo.
- Mezcla atorada en los pre acondicionadores.
- Mezcla atorada en la garganta de la extrusora.
- Operadores trabajan con diferentes parámetros en la extrusión.
- Botón de emergencia se presiona accidentalmente.
- Se encuentran cribas en la mezcla.
- Cambios en las condiciones ambientales.
- Operadores no han sido entrenados por un especialista.
- Falta de limpieza del cañón.
- Se encuentran cuerpos extraños en la materia prima.
- Operadores no tienen conocimientos sobre fundamentos de extrusión.
- Las croquetas salen con rebaba de la extrusora.
- Taponamiento de dado.
- Extrusora envía falsas alarmas las cuales hacen que el operador pare la máquina.
- Aumento de la tasa de producción a 9 toneladas/hora.

Problema enfocado 2: Cambios de cuchillas

- Las cuchillas usadas son de diferentes proveedores.
- Algunos operadores incluyen limpieza del cañón durante el cambio de cuchillas.

- Hay materiales más abrasivos que otros y esto hace que se desgaste más rápido la cuchilla.
- La frecuencia de este cambio no está definida para corridas largas.
- Operadores no siguen el mismo procedimiento para realizar este cambio.
- Operadores reúsan las cuchillas que ellos consideran que no están lo suficientemente desgastadas.
- El desgaste depende del producto que está siendo extruido.
- Cambio de cuchillas se considera solo durante los tiempos de cambio de producto.
- Variaciones en la velocidad del tornillo.
- El desgaste de la cuchilla no está definido.
- Variaciones de amperaje.
- El cambio de cuchillas debe ser estandarizado.
- La calibración del portacuchillas toma tiempo significativo durante el cambio de cuchillas.
- Durante los cambios de producto, la cuchilla se cambia y no siempre está desgastada.

2.3.2 Diagrama Ishikawa

Una vez realizada la lluvia de ideas se procede a analizar cada una de ellas y eliminamos aquellas que eran similares o eran consecuentes la una con la otra y se las ubica en un diagrama Ishikawa por cada problema enfocado y de acuerdo con las 5 M: materiales, método, mano de obra, máquina y medio ambiente; como se muestra en las figuras 2.12 y 2.13.

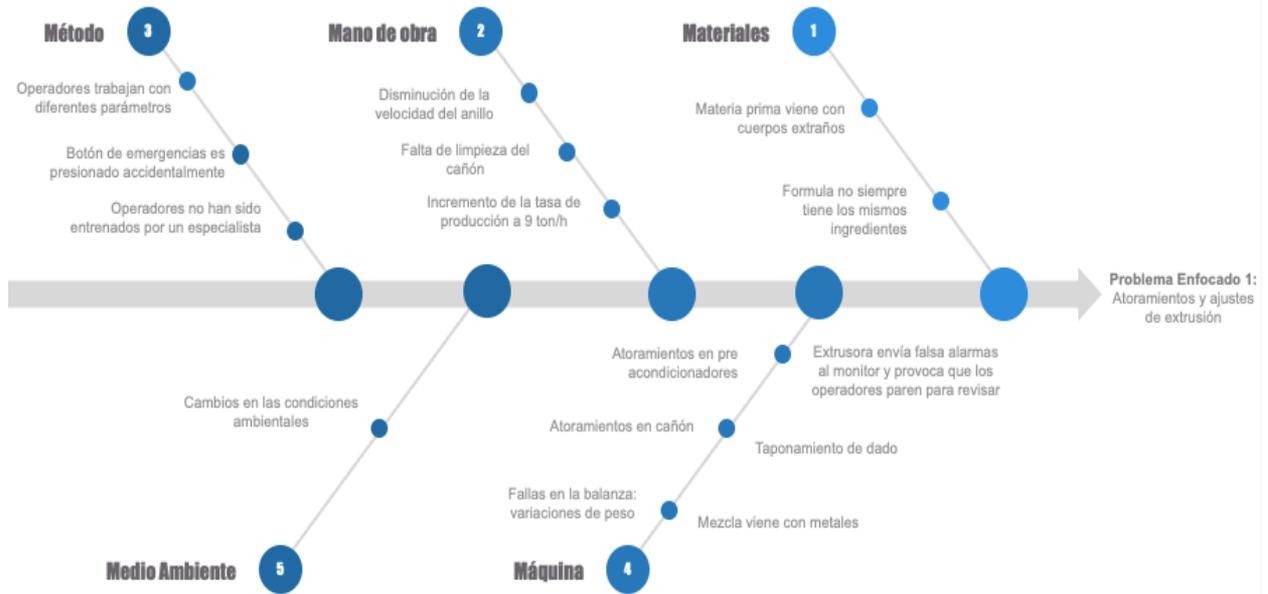


Figura 2.12 Diagrama Ishikawa del problema enfocado 1

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

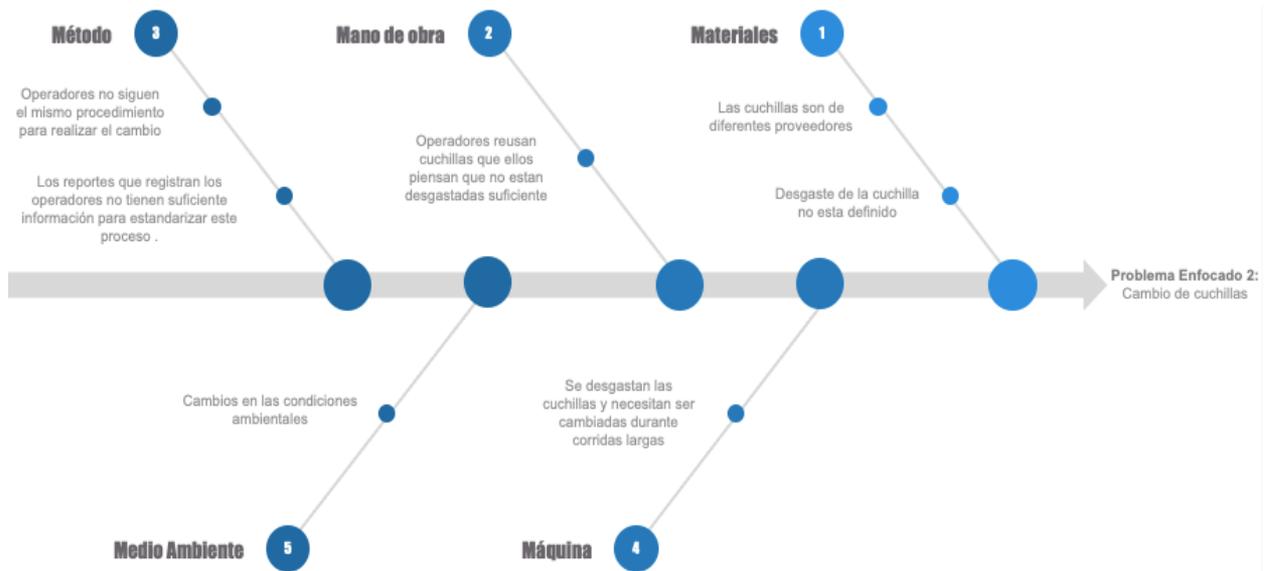


Figura 2.13 Diagrama Ishikawa del problema enfocado 2

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

2.3.3 Matriz Causa-Efecto

Para obtener la correcta ponderación en las causas establecidas en los Ishikawa, se creó un equipo de evaluación conformado por supervisores, asistente de producción, jefe de producción, extrusores y jefe de mantenimiento, los cuales son los encargados de llenar las matrices individualmente. Esto último es indispensable para obtener ponderaciones verídicas y evitar sesgos en la información.

Luego de haber realizado esta dinámica con el equipo, se procede a llenar las matrices con las calificaciones que ellos han llenado siendo estas: 9 para correlación directa, 3 correlación moderada, 1 correlación remota y 0 no se correlaciona. En las tablas 2.8 y 2.9 se muestra la moda de las ponderaciones obtenidas con su respectiva causa de acuerdo con su problema enfocado.

Tabla 2.8 Matriz Causa-Efecto Problema enfocado 1

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Causas Xs		Y ₁
Materiales	Cuerpos extraños se encuentran en la materia prima.	9
	Formula no siempre tiene los mismos ingredientes.	1
Mano de Obra	Disminución de la velocidad del tornillo.	3
	Falta de limpieza del cañón.	3
	Aumento de la tasa de producción a 9 ton/h.	1
Método	Operadores trabajan con diferentes parámetros en la extrusora.	9
	Operadores no han sido entrenados por un especialista.	3
	Botón de emergencias se presiona accidentalmente.	1
Máquina	Atoramientos en pre acondicionadores.	9
	Atoramientos en cañón.	9
	Fallas en la balanza (variaciones de peso).	1
	Taponamiento de dado.	3
	Mezcla viene con metales de la molienda	9
	Extrusora envía falsas alarmas y provoca que pare la extrusora.	1
Medio Ambiente	Cambios en las condiciones ambientales.	1

En lo que respecta al problema enfocado 2 se calificó que tanto impacta cada causa al efecto de tener mayor número de horas por esta para, esto debido a que las cuchillas son una herramienta consumible y es una para inevitable, siendo Y_2 horas de paras no planeadas por cambio de cuchilla, mientras que en el problema enfocado 1 se calificó el impacto de las causas que provocan que se generen estas paras puesto a que estas no deben ocurrir y se pueden evitar, donde Y_1 horas de para no planeada debido a atoramientos y ajustes de extrusión.

Tabla 2.9 Matriz Causa-Efecto Problema enfocado 2

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

Causas Xs		Y ₂
Materiales	Las cuchillas provienen de diferentes proveedores.	3
	El desgaste de la cuchilla no está definido.	9
Mano de Obra	Operadores reúsan las cuchillas porque piensan que no están lo suficientemente desgastadas.	3
Método	Operadores no siguen el mismo procedimiento para el cambio de cuchillas.	9
	Los reportes no tienen la suficiente información para estandarizar esta parada.	9
Máquina	Cuchillas muestran desgaste durante las corridas largas.	9
Medio Ambiente	Cambios en las condiciones ambientales.	1

Las causas con ponderaciones de 9 son las escogidas para proceder a la siguiente herramienta de selección de causas y se enlistan a continuación:

1. Se encuentran elementos extraños en materia prima.
2. Atoramientos en pre acondicionadores.
3. Operadores trabajan con diferentes parámetros en la extrusora.
4. Atoramientos en cañón de la extrusora.
5. Mezcla viene con metales de molienda.
6. Desgaste de cuchilla no está definido.
7. Operadores no siguen el mismo procedimiento para el cambio de cuchillas.

8. Cuchillas muestran desgaste y necesitan ser cambiadas durante corridas largas.
9. Los reportes registrados por operadores no tienen suficiente información para estandarizar el cambio de cuchillas.

2.3.4 Matriz Impacto vs Esfuerzo

La figura 2.14 muestra cada cuadrante de la matriz Impacto vs Efecto en donde las causas enlistadas previamente se van asignando de acuerdo de la siguiente manera:

- Para asignar el impacto se considerará el tiempo que ha representado esta causa en los registros históricos siendo de alto impacto las que mayores horas de para hayan provocado y bajo las de menor tiempo registrado.
- Para considerar a que cuadrante de esfuerzo asignar las causas consultamos con el equipo evaluador de acuerdo con mano de obra, tiempo e inversión requerida.



Figura 2.14 Matriz Impacto vs Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Finalmente se eligen las causas ubicadas en el cuadrante Alta Impacto- Bajo Esfuerzo en donde después de realizar las respectivas reuniones y consultas concluimos que las causas 6 y 8, así como las causas relacionadas a atoramientos con la 5, son consecuentes

la una de la otra, por lo tanto dejamos una de ellas y tenemos las siguientes causas potenciales las cuales son:

- Atoramientos en pre acondicionadores.
- Atoramientos en el cañón de la extrusora.
- Desgaste de cuchilla no está definido.
- Cuchillas muestran desgaste y necesitan ser cambiadas durante corridas largas.

2.3.5 Plan de Verificación de Causas

Una vez definidas las causas potenciales realizamos el plan para verificarlas, en la tabla 2.10 se detalla su teoría del impacto y el método a utilizar.

Tabla 2.10 Plan de Verificación de Causas

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

Causas Potenciales Xs	Teoría del Impacto	Método de Verificación	Estado
Atoramiento en pre acondicionadores	Causa variaciones de amperaje que provocan que la extrusora pare aumentando así, las horas de paras imprevistas.	Gemba, 5 Porqué	Completado
Atoramiento en cañón de la extrusora	Las croquetas empiezan a salir con rebaba y el producto se acumula cerca de los dados disminuyendo el flujo y haciendo que la extrusora pare.	Gemba, 5 Porqué	Completado
Desgaste de cuchilla no está definido	El desgaste de cuchillas debido a la naturaleza del proceso hace que produzcan producto no conforme, por lo tanto, deben parar para ser cambiadas.	Cuantitativo	Completado
Operadores no siguen el mismo procedimiento para cambiar cuchilla	Un operador toma más tiempo que otros en realizar la actividad, razón por la cual el número de horas de paras no programadas incrementen.	Estudios de tiempos y movimientos	Completado

- **Atoramiento en pre acondicionadores**

Durante los últimos dos meses se han evidenciado dos paras no programadas debido a atoramiento en pre acondicionadores, en la figura 2.15 muestra una de ellas en donde la máquina se encuentra con producto acumulado y el operador se encuentra retirando el producto atascado.



Figura 2.15 Atoramientos en pre acondicionadores

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

La tabla 2.11 muestra las medias de cada mes en donde en noviembre esta para representa el 2% de las paras totales y el 3% de las paras asignadas al departamento de producción, mientras en diciembre representa el 5% y 8% respectivamente.

Tabla 2.11 Datos de Verificación de Atoramiento en pre acondicionadores

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

	Noviembre	Diciembre
n	1	1
μ (horas)	1.05	0.78
% Representación en Paras Totales	2%	5%
% Representación en Paras de Producción	3%	8%

- **Atoramientos en cañón de la extrusora**

Este tipo de paras se evidenciaron ocho veces durante los últimos dos meses, en la figura 2.16 muestra los metales encontrados y el taponamiento de dado que es causado al ingreso de estos metales en los orificios del dado.



Figura 2.16 Datos de Verificación de Atoramiento en cañón

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

La tabla 2.12 muestra las medias de cada mes en donde en noviembre esta para representa el 2% de las paras totales y el 3% de las paras asignadas al departamento de producción, mientras en diciembre representa el 5% y 8% respectivamente.

Tabla 2.12 Datos de Verificación de Atoramiento en cañón

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

	Nov	Dec
n	3	5
μ (horas)	180	31
σ (horas)	235.52	4.12
% Representación en Paras Totales	11.46%	16%
% Representación en Paras de Producción	23%	26%

- **Desgaste de cuchilla no definido**

Actualmente, el factor decisivo que se considera por los operadores para cambiar la cuchilla es el estado del producto puesto que este empieza a salir deforme. En la figura 2.17 se puede comparar una croqueta conforme y una croqueta con rebaba, cuando esta última se presenta se procede a cambiar la cuchilla.

Sin embargo, esta referencia no es precisa puesto a que depende de cada operador que tanto producto con rebaba aceptar y en que momento realizar la para puesto que no existe una estandarización de la frecuencia de este cambio.



Figura 2.17 Croquetas conforme y no conforme

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

Una vez evidenciado esto, se definen las frecuencias de acuerdo las toneladas que se extruyen por producto antes de que se evidencia desgaste en la cuchilla, esta información se obtuvo mediante el registro del formato mostrado en la figura 2.18 y se ha recolectado desde la etapa de Medición. La tabla 2.13 detalla las muestras tomadas por producto durante los meses noviembre y diciembre con sus respectivas medias.

FORMATO CAMBIO DE CUCHILLA											
FECHA	LÍNEA	TURNO	EXTRUSOR	PRODUCTO	INICIO EXTRUSIÓN (HORA)	FIN EXTRUSIÓN (HORA)	RATIO DE PRODUCCIÓN (HZ)	TONELADAS EXTRUIDAS	CAMBIO DE CUCHILLAS		DURACIÓN DE CAMBIO DE CUCHILLAS (minutos)
									SI	NO	
11/11	12	2	Báceros	Nutria Rio Adulto PMS	7:00	7:00	800	27	✓		
12/11	12	1	Villagomez	Nutria Rio Adulto PMS	7:00	15:24	800	65.45	✓		
13/11	12	2	Báceros	Alcon Dog Food	21:30	5:45	800	41.72	✓		
13/11	12	1	Villagomez	Alcon Dog Food	10:17	3:20	800	39.85	✓		
11/13/2020	12	1	Villagomez	BATAVIA Dog Food			800	3.5	✓		
11/16	12	1	Villagomez	B/C adulto pollo PMS	3:38	19:00		4.86	✓		16
11/16	12	2	Borrero	B/C adulto pollo PMS	19:00	3:15	900	159.6	✓		16
11/16	12	2	Borrero	B/C adulto pollo PMS	3:31	7:00	900	30	✓		
11/17	12	1	Villagomez	B/C adulto pollo PMS	7:00	11:43	900		✓		
11/17	12	1	Villagomez	B/C adulto pollo PMS	14:58	16:32		52.08	✓		
11/18	12	2	Borrero	B/C adulto pollo PMS	19:03	7:05	950	108.31	✓		
11/19	12	1	Villagomez	B/C cachorro PMS	14:12	7:00	800		✓		
11/19	12	2	Borrero	B/C cachorro PMS	19:50	20:30	800	9	✓		
11/19	12	2	Borrero	B/C cachorro PMS	20:30	02:48	830	38	✓		
11/20	12	2	Borrero/11	B/C cachorro PMS	3:22	8:35	830	41.5	✓		33 min
11/20	12	1	Villagomez	B/C CEMG P+Y	08:35	09:08	880	15	✓		33 min

Figura 2.18 Formato de Cambio de cuchillas

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

Tabla 2.13 Toneladas extruidas por producto

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

PRODUCTO	TAMAÑO DE MUESTRA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
PRODUCTO 1	4	145.4	18.61
PRODUCTO 2	2	101.3	6.1
PRODUCTO 3	3	47.16	2.02
PRODUCTO 4	7	61.02	9.11
PRODUCTO 5	2	64.1	3.23
PRODUCTO 6	1	55	0

- **Operadores no siguen el mismo procedimiento para cambiar de cuchilla**

Para evidenciar esta causa se identificaron las actividades que cada operador realiza para realizar el cambio de cuchilla. En las figuras 2.19 y 2.20 se muestran los procedimientos de los operadores 1 y 2 respectivamente.



Figura 2.19 Cambio de cuchilla por Operador 1

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

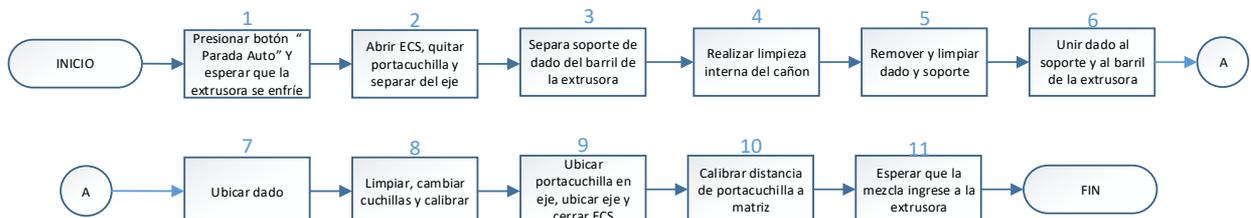


Figura 2.20 Cambio de cuchilla por Operador 2

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

Se puede evidenciar que el operador 2 realiza más actividades que el operador 1 debido a que este realiza la limpieza del cañón durante esta parada, siendo el tiempo promedio del operador 1 igual a 25 minutos y del operador 2 igual a 37 minutos.

2.3.6 5 Porqué

Una vez verificadas las causas se realiza el análisis del 5 porqué para determinar la causa raíz de cada problema enfocado, este se desarrolla en las tablas 2.14 y 2.15 respectivamente.

Tabla 2.14 Análisis 5 Porqué de Problema enfocado 1

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

1° PORQUÉ	Verificación	2° PORQUÉ	Verificación	3° PORQUÉ	Verificación	4° PORQUÉ	Verificación	5° PORQUÉ	Verificación
Atoramientos en la garganta de la extrusora	OK	Bloqueo en entrada de la extrusora	OK	Excesivo desgaste del tornillo	OK	Excesivo tiempo de uso sin hacer cambios	OK		
				Alto nivel de vapor en el cañón de la extrusora	OK	No hay un valor máximo de vapor de adición en la extrusora	X		
Atoramientos en el cañón de la extrusora	OK	Taponamiento de dado	OK	Cuerpos extraños bloquean el dado	OK	Algunos elementos entran al sistema y no son detectados por el imán	OK	Método dosificado ignora presencia de metales	OK
								Los imanes solo detentan metales ferrosos	X
						La zaranda que evita la entrada de elementos extraños a la extrusora no se usa	OK	El uso de la zaranda disminuye el TH	OK
		Excesivo uso de cribas hace que se desprendan en el sistema	OK	Operadores realizan su trabajo en base a su experiencia	OK				
La configuración de la extrusora durante las corridas son deficientes	OK								
		La mezcla es muy seca	OK	Bajos niveles de adición de agua	OK				

Tabla 2.15 Análisis 5 Porqué de Problema enfocado 1

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

1° PORQUÉ	Verificación	2° PORQUÉ	Verificación	3° PORQUÉ	Verificación
El cambio de cuchillas se da durante corridas largas	OK	La cuchilla se cambia cuando la croqueta empieza a salir con rebaba	OK	Se desconoce las toneladas extruidas por producto antes de que se desgaste la cuchilla	OK
Operadores no siguen el mismo procedimiento para realizar este cambio	OK	En ocasiones se incluye a limpieza del cañón durante esta parada	OK	El procedimiento para cambiar cuchilla se lo realiza en base a la experiencia	OK

Finalmente, se enlistan las causas raíz encontradas en el análisis.

Para el problema enfocado 1:

1. Excesivo tiempo de uso sin hacer cambios.
2. Método dosificado ignora presencia de metales.
3. El uso de la zaranda disminuye el TH.
4. Operadores realizan su trabajo en base a su experiencia.

Problema enfocado 2:

1. Se desconoce las toneladas extruidas por producto antes de que se desgaste la cuchilla.
2. El procedimiento para cambiar cuchilla se lo realiza en base a la experiencia.

2.4 Mejoras

Inicialmente se propuso soluciones para cada causa raíz previamente identificada con el fin de seleccionar las que van a ser aplicadas dependiendo del impacto-dificultad que estas tienen en la variable de respuesta.

2.4.1 Propuestas de mejora y selección

En la tabla presentada a continuación se detallan las posibles soluciones propuestas para cada causa raíz identificada previamente.

Tabla 2.16 Análisis 5 Porqué de Problema enfocado 1

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

CAUSA RAÍZ	PROPUESTAS DE MEJORA
Tiempo excesivo sin realizar cambios	1. Implementar un plan de inspección
El proceso de dosificación ignora medidas preventivas para evitar la entrada de grapas.	2. Llevar las materias primas que vienen en cajas al área de dosificación sin la caja. 3. Retire las grapas de las cajas antes de llevarlas al área de dosificación. 4. Preguntar al proveedor por otra alternativa que no incluya grapas en las cajas de materia prima.
La malla de la zaranda disminuye la velocidad de alimentación de la mezcla hacia la extrusora.	5. Cambiar la malla del tamiz. 6. Implementar un sistema como un sombrero chino, por lo tanto, cuando el producto cae hacia la malla, se extiende. 7. Aumente la distancia entre la parte superior y la malla del tamiz. 8. Baje la malla para que la mezcla no se atasque en la caída del producto
Los operadores establecen parámetros basados en sus experiencias.	9. Establezca un rango de parámetros para el proceso de extrusión.
Se desconocen las toneladas extruidas por producto antes de que se desgaste la hoja.	10. Configure los cambios de cuchillas como parada programada midiendo las toneladas en las que dura el desgaste.
El procedimiento de cambio de cuchillas se realiza en función de las experiencias de los operadores.	11. Estandarizar el proceso de cambio de cuchillas.

Posteriormente, se analizó cada propuesta con las personas miembros del equipo con el fin de escoger cuáles serán implementadas. Para asignar a una propuesta como alto

esfuerzo, estas deben involucrar rediseño, reingeniería o alta inversión económica. Para asignar a una propuesta como alto impacto se requiere de alta disminución de números de paras no programadas, alta disminución de tiempo de paras no programadas y acciones que eliminan la existencia de metales del sistema. Consecuentemente, se obtuvo la matriz mostrada a continuación en la figura 2.21.

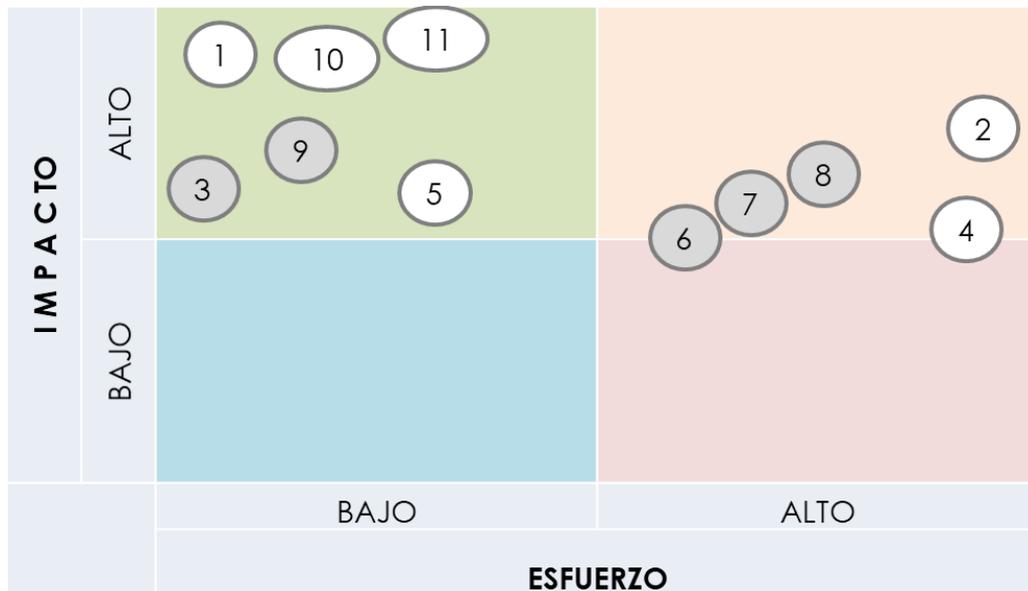


Figura 2.21 Matriz impacto-esfuerzo de soluciones

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Posteriormente, se escogieron aquellas mejoras que requerían de bajo esfuerzo y representen un alto impacto en la variable de salida.

Para el problema enfocado de alto tiempos de paras no programadas por producto atascado y ajuste de parámetros se identificaron las siguientes soluciones:

- Implementar un plan de inspección.
- Retire las grapas de las cajas antes de llevarlas al área de dosificación.
- Cambiar la malla de la zaranda.
- Establecer un rango de parámetros para el proceso de extrusión.

Para el problema enfocado de altos tiempos de paras no programadas por cambio de cuchilla, se identificaron las siguientes soluciones:

- Configurar los cambios de cuchillas como parada programada midiendo las toneladas en las que dura el desgaste.
- Estandarizar el proceso de cambio de cuchillas.

2.4.2 Plan de implementación

Tabla 2.17 Plan de implementación

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

PLANEAR				HACER	CHEQUEAR	ACTUAR
SOLUCIÓN	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	RESULTADOS	ESTANDARIZACIÓN
Implementación de un plan de inspección	Línea 12 - Extrusión	Desde enero 15	Definir frecuencia de inspección	Andrea Landívar, Bianca Macías, Departamento de Mantenimiento	Frecuencias correctas de inspección	Plan de inspección
Remover grapas antes de llevar cajas al área de dosificación	Línea 12 - Área de Dosificación	Enero	Pedir al proveedor enviar cajas sin grapas en la parte superior	Operadores	Ausencia de grapas en la mezcla	Método de dosificación
Cambiar la malla de la zaranda	Línea 12 - Zaranda	Desde enero 11	Construir una malla con huecos con tamaños apropiados para que el flujo de la línea no decrezca y elementos extraños no ingresen a la extrusora.	Departamentos de producción y mantenimiento	Ausencia de metales y cuerpos extraños	Uso de zaranda
Fijar rango de parámetros para el proceso de extrusión	Línea 12 - Extrusión	Desde enero 11	Recolectar data de parámetros de extrusión, secado y verificar si la muestra de producto cumple con las especificaciones en cada punto.	Andrea Landívar, Bianca Macías	Parámetros correctos durante el proceso de extrusión	Parámetros de extrusión
Programar cambios de cuchillas	Línea 12 - Extrusión	Desde enero 11	Medir toneladas extruidas antes que las cuchillas se desgasten.	Andrea Landívar, Bianca Macías	Cambio de cuchilla no incrementa tiempo de para no programada	Cambios de cuchillas planificados
Estandarizar proceso de cambio de cuchillas	Línea 12 - Extrusión	Enero	Diagramar el procedimiento ideal con la menor duración posible.	Andrea Landívar, Bianca Macías	Estandarización	Procedimiento de cambio de cuchilla

2.4.3 Implementación de un plan de inspección

En base a la información obtenida correspondiente al año 2020, la mayoría de las acciones de mantenimiento fueron correctivas. Algunas de estas paradas fueron asignadas al área de producción debido al desconocimiento de su causa raíz. Para evitarlo, se implementó un plan de inspección renovado para evitar acciones correctivas. El plan se basó en el mantenimiento correctivo realizado a lo largo de 2020, el manual de la extrusora y la experiencia del personal del departamento de mantenimiento.

	INSPECCIÓN MECÁNICA DE EXTRUSORA L12	TEMPERATURA	RUIDO	VIBRACION	DESGASTE	NIVEL DE ACEITE/GRASA	ALINEACION/ACOPLAMIENTO/AJUSTE	FUGAS LIQUIDOS/MATERIAL	LIMPIEZA	ESTADO	OBSERVACIONES
DDC	Cajeras (Delanteras/Traseras).										
	Válvulas de vapor.										
	Válvulas de agua										
	Paletas.										
	Carcaza del transportador.										
	Caja reductora.										
	Sistema de entrada de vapor										
	Motor										
Preacondicionador 1 M30250	Sistema de trasmision.										
	Cajeras (Delanteras/Traseras).										
	Sistema de entrada de vapor										
	Paletas										
	Carcaza del transportador.										
	Caja reductora.										
	Motor										
	Paletas										
Preacondicionador 2 M30200	Sistema de trasmision.										
	Cajeras (Delanteras/Traseras).										
	Sistema de entrada de vapor										
	Paletas										
	Carcaza del transportador.										
	Caja reductora.										
	Motor										
	Paletas										
Extrusora	Sistema de trasmision.										
	Estado de camisas										
	Motor										
	Pernos de ajuste.										
	Válvulas de agua										
	Válvulas de vapor										
	Válvulas de aceite										
	Bandas trapezoidales										
	Cajas de cojinetes										
	Eje										
	Bypass										
	Central Bomba Hidraulica										
	Sistema de entrada de vapor										
	Flexitex										
	Tanques de colorantes	Sistema de vacio									
Motor de cortador											
Paletas											
Motor											
Filtros											
Estado de tuberías											
Sistema neumático											

Figura 2.22 Plan de inspección

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

Además, se implementó una lista de verificación de arranque en la extrusora con el fin de asegurar la debida preparación de máquina y evitar posibles paras por fallas operacionales.

CHECKLIST PARA ARRANQUE DE LA EXTRUSORA

Nombre de extrusor: _____ Fecha: _____

Toneladas disponibles en tolva de mezcla: _____ Hora: _____

Producto a extruir: _____

- Se purgó el distribuidor de vapor general de la línea.
- Se verificó que el nivel de aceite de la caja reductora se encuentre mínimo a la mitad de su nivel.
- Se verificó que la presión del vapor sea 5 bares a la salida del distribuidor de vapor general.
- Se verificó que el nivel de agua se encuentre mínimo al mínimo nivel de agua requerida en los tanques de agua de la línea 12.
- Se realizó limpieza de caldas y entradas a preacondicionadores.
- Se realizó la limpieza de bypass antes de la entrada a la extrusora.
- Se verificó que las tulas de los bypasses tengan capacidad disponible.
- Se realizó el lavado de los filtros de todos los tanques de colorantes.
- Se realizó el lavado de tanques de colorante y preparación de tanques con colorantes.
- Se realizó cambio de venturi y matriz según el tipo de producto a extruir.
- Se realizó cambio y calibración de cuchillas.
- Se realizó la limpieza interna del cañon.
- Se verificó que el sistema de la extrusora se encuentre en automático.
- Se realizó la limpieza del ducto de desfogue de vapor.
- Si el producto es Nutra Pro, se prendió la bomba para el llenado de los tanques de aceite de pescado.

OBSERVACIONES: _____

Figura 2.23 Lista de verificación extrusión

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

2.4.4 Medidas preventivas para cuerpos extraños en el área de dosificación

Previamente, el microingrediente Micofix Select provenía en cajas las cuales estaban aseguradas por grapas. Para la dosificación, el operador abría la caja y la giraba con el fin de introducir el contenido en las tolvas, esto se muestra en la figura 2.24. Muchas veces, las grapas entraban en el sistema y tapaban los dados causando una para.



Figura 2.24 Embalaje antes

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

Por lo tanto, se propuso que el departamento de compras solicite al proveedor otra alternativa que no incluya grapas para el envío de materia prima, mientras tanto, los operadores debían retirar las grapas de las cajas antes de llevarlas al área de dosificación. La solicitud fue aprobada por el proveedor, ofreciendo realizar el retiro manual de las grapas situadas en la cara superior de la caja como se puede observar en la figura 2.25.



Figura 2.25 Embalaje actual

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

2.4.5 Medidas preventivas para cuerpos extraños (uso de zaranda).

Para evitar la entrada de cuerpos extraños a la extrusora se propone el uso de la zaranda que se encuentra antes de la extrusora. Actualmente, la zaranda disminuye el flujo de la línea, puesto que los agujeros de estas son muy pequeños, por ende, se trabaja a velocidades bajas para no crear que la mezcla se atore y es utilizada solo cuando es necesaria. Por esta razón, para poder usarla de manera constante y evitar atoramientos en la extrusora a causa de cuerpos extraños, se propone el cambio de la malla 1 y 3 a una malla mesh 5. Las medidas de las mallas fueron analizadas por el departamento de mantenimiento y el jefe de producción. Para el periodo de finalización del presente documento, las malla 1 ya se había cambiado del soporte por el departamento de mantenimiento en las instalaciones de la organización, sin embargo, para la malla 3 se requería de un servicio tercerizado puesto que la organización no contaba con los equipos necesarios. Por lo tanto, la solución quedo en proceso.

Con la instalación de la malla, se espera como resultado que el tiempo de para disminuya en 0.81 horas mensuales.

2.4.6 Establecimiento de rangos de parámetros

Para la estandarización de parámetros, se procedió a recolectar datos de los valores de las variables independientes de ajustes de extrusora, secador y enfriador de los dos productos más producidos que cumplan con las especificaciones de la croqueta. Durante las producciones del producto A, la tasa de alimentación estaba entre 8000 y 9000 toneladas/hora y en las producciones del producto B la tasa de alimentación estaban entre 9000 y 9100 toneladas/hora. Consecuentemente, se obtuvo los siguientes rangos de parámetros de extrusión mostrados en la tabla 2.18.

Tabla 2.18 Parámetros proceso de extrusión

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN			
PARÁMETRO	UNIDAD	PRODUCTO	
		PRODUCTO A	PRODUCTO B
ALIMENTACIÓN	KG/H	8000,8500	9000,9100
VELOCIDAD MOTOR EXTRUSORA	%(RPM)	85,95	85,90
VELOCIDAD MOTOR PRE 1	%(RPM)	80,85	80
VELOCIDAD MOTOR PRE 2	%(RPM)	90,100	90,95
VELOCIDAD MOTOR PRE 3	%(RPM)	90,100	90,95
VELOCIDAD MOTOR CORTADOR	%(RPM)	30,40	25,38
VAPOR PREACONDICIONADOR	%	65,68	68,69
AGUA PREACONDICIONADOR	%	11	11,13
VAPOR EXTRUSORA	%	10,25	28,50
AGUA EXTRUSORA	%	2,2.5	2,2.3
ACEITE EXTRUSORA	%	0,1	0,0.5

En las tablas 2.19 y 2.20 se muestran los parámetros obtenidos en el secador y enfriador.

Tabla 2.19 Parámetros proceso de secado

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

PARÁMETROS SECADOR			
PARÁMETRO	UNIDAD	PRODUCTO	
		PRODUCTO A	PRODUCTO B
VELOCIDAD VÁLVULA DOSIFICADO	HZ	(35,40)	(39,50)
VENT 1 EXPULSIÓN	KG/H	(34000,39000)	(32000,45000)
VENT 1 RECIRCULACIÓN	KG/H	32000	(32000,40000)
VENT 2 RECIRCULACIÓN	KG/H	32000	(32000,40000)
TEMPERATURA CAL 1	°C	(121,135)	(115,135)
TEMPERATURA CAL 1	°C	(90,119)	(100,117)

Tabla 2.20 Parámetros proceso de enfriado

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

PARÁMETROS ENFRIADOR			
PARÁMETRO	PARÁMETRO	PARÁMETRO	
		PRODUCTO A	PRODUCTO B
CIRCULACIÓN AIRE	KG/H	28000	(22000,28000)
RETRASO DESCARGA PISO T	S	35	35
RETRASO DESCARGA PISO T1	S	10	10
POSICIÓN PISO ABIERTO	%	(38,40)	(30,40)
POSICIÓN PISO CERRADO	%	(9,10)	12

Adicional a esto, también se llevó a cabo una toma de datos de muestras de calidad analizadas en dos puntos específicos: salida de secador y enfriador o en donde los factores recolectados fueron densidad, humedad y actividad de agua (AW). En la tabla 2.21 se muestran los datos mencionados por producto.

Tabla 2.21 Características de muestra

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRAS			
CONDICIONES	UNIDAD	PRODUCTO	
		PRODUCTO A	PRODUCTO B
DENSIDAD SALIDA EXTRUSORA	Kg/m ³	440 – 470	440 – 490
HUMEDAD SALIDA DEL SECADOR	NA	6.44 – 8.06	6.14 – 7.33
ACTIVIDAD DE AGUA SALIDA SECADOR	%	42.62 – 56.64	40.45 – 47.97
DENSIDAD PRODUCTO FINAL	Kg/m ³	462 - 476	447.2 – 459.5
HUMEDAD PRODUCTO FINAL	NA	8.31 – 9.04	7.03 – 8.26
ACTIVIDAD DE AGUA PRODUCTO FINAL	%	58.27 - 62.50	52.44 – 59.56

La deducción de estos parámetros se la obtuvo mediante diagramas de cajas. (Ver Apéndice).

2.4.7 Programación de cambios de cuchillas

Las toneladas de desgaste por producto fueron recolectadas desde noviembre 16 y la data resumida se presenta a continuación:

Tabla 2.22 Resumen data recolectado desgaste de cuchilla

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

PRODUCTO	TAMAÑO DE MUESTRA	PROMEDIO (TONELADAS EXTRUIDAS)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Producto 1	6	134.22	11.60
Producto 2	5	103.96	3.48
Producto 3	3	47.17	2.02
Producto 4	9	62.24	9.11
Producto 5	5	45.25	4.19
Producto 6	3	58.03	3.46

La data recolectada no fue suficiente para la planificación, sin embargo, a petición de gerencia se capacitó a los extrusores para que llenen los formatos y a futuro poder realizar esta programación. El formato establecido es el mismo utilizado en la recolección de datos y se muestra en la figura 2.18.

2.4.8 Estandarización del proceso de cambio de cuchilla

Para la estandarización, se realizó un análisis más profundo del realizado en la etapa de análisis en donde obtuvimos las actividades realizadas por operador y los diagramas mostrados en las figuras 2.19 y 2.20. En esta fase se identifica la actividad cuellos de botella.

El operador 1 se tomaba en promedio 23 minutos, se diagramó el flujo y se lo detalló por actividad en la tabla 2.23.

Tabla 2.23 Flujo de actividades operador 1

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

N	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	MINUTOS	%
1	Apagar y enfriar extrusora	Interna	3	13.04%
2	Abrir ecs, sacar portacuchilla y separar de eje	Interna	1	4.35%
3	Limpiar, cambiar , calibrar	Externa	12	52.17%
4	Ubicar portacuchilla	Interna	2	8.70%
5	Calibrar distancia matriz	Interna	2	8.70%
6	Mezcla entra extrusora	Externa	3	13.04%
	Total		23	

El operador 2 se tomaba en promedio 37 minutos, se diagramó el flujo y se lo detalló por actividad:

Tabla 2.24 Flujo de actividades operador 2

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

N	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	MINUTOS	%
1	Apagar y enfriar extrusora	Interna	4	10.00%
2	Abrir ecs, sacar portacuchilla y separar del eje	Interna	1	2.50%
3	Separar soporte de matriz de extrusora	Interna	3	7.50%
4	Realizar limpieza interna del cañón, del área	Interna	4	10.00%
5	Sacar y limpieza del dado y soporte	Interna	5	12.50%
6	Unir soporte de matriz a camisas	Interna	2	5.00%
7	Ubicar dado	Interna	2	5.00%
8	Limpiar, cambiar, calibrar	Externa	12	30.00%
9	Ubicar portacuchilla en eje, ubicar eje y cerrar ecs	Interna	2	5.00%
10	Calibrar distancia matriz	Interna	2	5.00%
11	Mezcla entra extrusora	Externa	3	7.50%
Total			40	

A diferencia del operador 1, el operador 2 realizaba la limpieza de cañón y del dado con el fin de evitar posible futuros taponamientos del dado por falta de limpieza. Sin embargo, el operador 1 no la realizaba y no presentaba problemas de taponamiento.

Mediante la aplicación de la metodología SMED, se identificó que la actividad cuello de botella era externa, por lo tanto, se planteó realizarlo cuando la máquina esté operativa. De esta forma, se disminuye el tiempo. Para esto, se propuso la compra de un portacuchilla adicional valorado en \$ 1300 y realizar prueba sin la respectiva limpieza del dado con el fin de verificar si la limpieza era necesaria. Las pruebas fueron realizadas durante tres semanas y no se presentó taponamientos a causa de la falta de limpieza. Por lo tanto, se propuso el siguiente proceso para la realización de cambio de cuchilla.



Figura 2.26 Proceso estandarizado cambio de cuchilla

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

Para la estandarización del proceso de cambio de cuchilla, se procedió a realizar un procedimiento operacional estandarizado mostrado en la figura 2.27 y a su vez fue socializado con los operadores.

STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP)						
Título del SOP		CAMBIO DE CUCHILLAS POR DESGASTE		Categoría (Marque una X)	Acuñadura <input type="checkbox"/> Salud Animal <input type="checkbox"/> Consumo <input checked="" type="checkbox"/>	Fecha: 25/01/2021
Máquina		Tipo de SOP		Preparado Por:	Área que Aprueba:	
EXTRUSORA		SETUP		BIANCA MACÍAS	Producción	
EPP's Requeridas (Marque una X)		Herramientas Requeridas (Marque una X)		Nº de Personas Recipientes	Tiempo Por Persona (min)	Duración de la Tarea (min)
				1	-	10
Máquina Parada (min)		Máquina Parada (min)		Frecuencia		
5		5		Turno <input type="checkbox"/> Semanal <input type="checkbox"/> Día <input type="checkbox"/> Quincenal <input type="checkbox"/> Cada Cambio <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/>		
<p>Objetivo: Brevemente describir el proceso de cambio de la herramienta.</p> <p>Objetivo: Brevemente describir el proceso de cambio de la herramienta.</p> <p>Objetivo: Brevemente describir el proceso de cambio de la herramienta.</p>						
1		2		3		
Herramienta: No		Herramienta: No		Herramienta: No		
Tiempo (min): 2		Tiempo (min): 1:30		Tiempo (min): 1		
Brevemente describir el proceso de cambio de la herramienta. Utilizar portacuchilla adicional en el eje, ubicar eje, colocar grasa vegetal sobre la superficie de la MTRC y del ECS.		Brevemente describir el proceso de cambio de la herramienta. En la parada de mano se cambia el sistema manual y se configura la velocidad del portacuchilla a 15 % rpm. Se deberá obtener la distancia entre la MTRC y la cabeza de cuchilla mediante la rueda de ajuste manual. Se enciende el motor con START, después de algunos segundos se le agrega con 0120. Se revisa la calibración en la superficie de la MTRC.		Brevemente describir el proceso de la tarea. Se presiona el botón "Inicio Control" en el panel de control se configura los parámetros y cuando el producto cumple con las especificaciones se presiona se presiona el producto a la extrusora.		
4		5		6		
Herramienta: No		Herramienta: No		Herramienta: No		
Tiempo (min): 1		Tiempo (min): 1:30		Tiempo (min): 3		
<p>NOTA: El portacuchilla adicional deberá ser armado después del armaje, una vez que el producto se encuentre bajo las especificaciones requeridas y deberá ser situado sobre la mesa de trabajo.</p>						

Figura 2.27 SOP cambio de cuchilla

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Implementación

Para la apreciación de las mejoras implementadas, se elaboró una tabla comparativa del antes y el después del proyecto. En la tabla presentada a continuación, se detallan las circunstancias de cada escenario de acuerdo con la implementación.

Tabla 3.1 Tabla comparativa resultados de implementación

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

IMPLEMENTACIÓN	ANTES	DESPUÉS
Plan de Inspección	No contaban con un plan de inspección, se realizaba un mantenimiento preventivo al mes que no detallaba las actividades a realizar.	Se implementa el plan de inspección visual con una frecuencia semanal, el cual será llevado a cada sin necesidad de que la máquina esté apagada. (Ver Figura 2.22)
Lista de verificación de Arranque	No se cumplía con ningún listado de verificación para antes del arranque	Se implementa la lista de verificación el cual es realizado cada que se presente un arranque debido a cambio de producto. (Ver Figura 2.23)
Cajas sin grapas	Cajas venías con grapas lo que ocasionaba que algunas de ellas ingresaran al sistema provocando atoramientos.	Se realizó la respectiva solicitud a proveedores, y ahora son enviadas sin grapas. (Ver figura 2.25)
Estandarización del procedimiento de Cambio de cuchillas	Operadores realizaban el procedimiento del cambio de cuchilla de diferente forma tomándose un tiempo promedio de 32 minutos.	Se estandariza el proceso óptimo y mediante SMED se reduce el tiempo a 10 minutos. (Ver Figura 2.26)
Frecuencia de Cambios de cuchillas	Se realizaba el cambio de cuchilla cuando la croqueta salía deforme o con rebaba	Se hizo el levantamiento de un aproximado de las toneladas extruidas por producto antes de que se cambien las cuchillas. (Ver Tabla 2.22)

Sin embargo, hubo propuestas en las que su implementación sigue en proceso tales como:

- Cambio de malla en la zaranda que evitará el ingreso del resto de metales, sin considerar grapas, en el sistema.
- Los parámetros en el proceso de extrusión, debido a que el tamaño demuestrado obtenido no fue suficiente. Dado esto, se integraron nuevos campos de información en los registros de producción con la finalidad de que se recopile información relevante que contribuya a la futura estandarización. Este registro propuesto se muestra en la figura 3.1 y 3.2.

REGISTRO DIARIO DE PARAMETROS DE EXTRUSIÓN																		
LINEA: SUPERVISOR:			OPERADOR: FECHA:															
TIPO DE ALIMENTO	HORA		HORARIO REGISTRO	DENSIDAD	VELOC MOTOR PRE	VELOC MOTOR CORTADOR	VELOC MOTOR TORNILLO	EXTRUSORA			PREACONDICIONADOR		TEMPERATURA		ALIMENTA- CION	AMPERAJE	FLUJO- METRO	HUMEDAD
	INICIAL	FINAL						% AGUA	% VAPOR	% ACETE	% VAPOR	% AGUA	EXTRUSORA	ALIMENTO				

Figura 3.1 Actualización de formatos propuestos para proceso de extrusión

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

REGISTRO DIARIO DE PARAMETROS DE SECADO																			
LINEA: SUPERVISOR:			OPERADOR: ANALISTA:																
TIPO DE ALIMENTO	HORA		HORARIO REGISTRO	HUMEDAD RELATIVA	SECADOR			PT			ALTURA LECHO	TIEMPO DE BATCH	DATA	TEMP. QUEMADORES		VENTILADORES		TOLVA SILO DESTINO	
	INICIAL	FINAL			DENSIDAD	HUMEDAD	AW	DENSIDAD	HUMEDAD	AW				Q #1	Q #2	V #1	V #2		
														SET					
														REAL					
														SET					
														REAL					
														SET					
														REAL					
														SET					
														REAL					

Figura 3.2 Actualización de formatos propuestos para proceso de secado

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

- Por último, la frecuencia de cambios de cuchillas requiere un tamaño de muestra superior al obtenido, el formato a ser utilizado para obtener información es el mostrado en la figura 2.18 del capítulo 2.

3.2 Análisis Económico

Se procedió a realizar un análisis económico de las mejoras implementadas con el fin de verificar la viabilidad de estas. Para la obtención del ahorro, se usó data histórica correspondiente al año 2020. Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

Tabla 3.2 Análisis económico de soluciones propuestas

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

SOLUCIONES	AHORRO ANUAL	COSTO DE INVERSIÓN	VIABLE?
Implementación de un plan de inspección.		\$ -	✓
Medidas preventivas para cuerpos extraños en el área de dosificación		\$ -	✓
Medidas preventivas para cuerpos extraños (uso de zaranda)	\$ 20,288.40	\$ 125.58	✓
Establecimiento para rangos de parámetros para el proceso de extrusión		\$ -	✓
Programación de cambios de cuchillas	\$ -	\$ -	✓
Estandarización del proceso de cambio de cuchilla	\$ 15,151.92	\$ 1,300.00	✓

En el caso puntual del cambio de cuchilla, se identificó que mensualmente existen cinco paras de este tipo y la media presentada en gemba fue de 31.77 minutos, por lo tanto:

$$Ahorro\ mensual = \left(\frac{31.77 - 10\ (min)}{\frac{60min}{hour}} \right) \left(\frac{87\ \$}{ton} \right) \left(\frac{8\ toneladas}{hour} \right) (5) = \$1,262.66$$

Tomando en cuenta que el portacuchillas adicional está valorado en \$1300, se puede concluir que la inversión será recuperada en aproximadamente un mes. Adicionalmente, se debe enfatizar que la compra del portacuchillas adicional no debe considerarse un gasto adicional por ser una herramienta consumible, por lo tanto, la compra solo se realizará con anticipación.

3.3 Resultados

3.3.1 Resultados en la variable de salida Y

Mediante la implementación de las mejoras previamente mencionadas, se logró reducir el tiempo de horas de paras no programadas a 16,57 horas al mes, lo cual equivale a una reducción del 28.04% del GAP como se muestra en la figura 3.3.

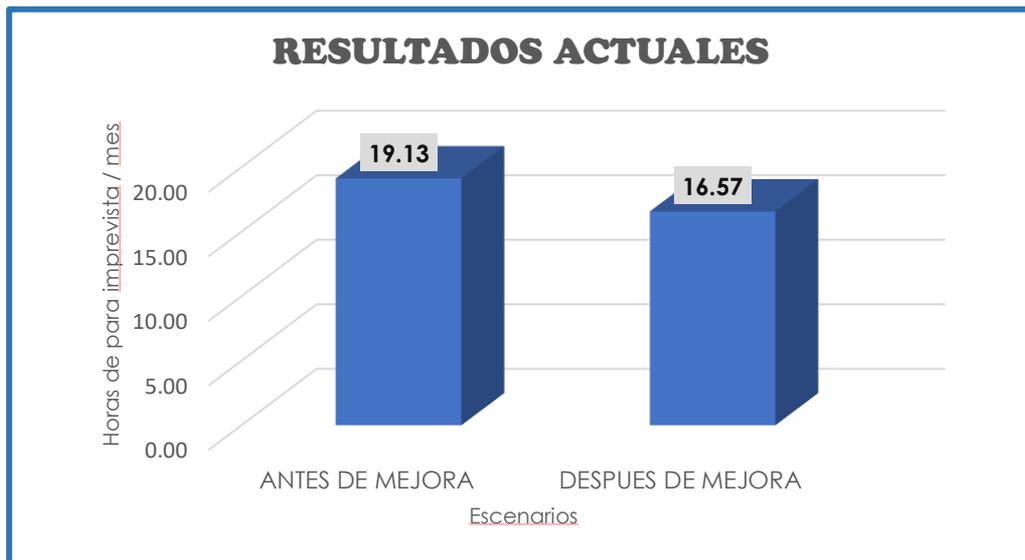


Figura 3.3 Resultados actuales de variable de respuesta

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

Algunas mejoras quedaron en proceso y otras tendrán resultados a largo plazo. Mediante estas mejoras se logrará reducir el tiempo de horas de paras no programadas a 13.68 horas al mes, lo cual equivale a una reducción del 59.69% del GAP, como se muestra en la figura 3.4.

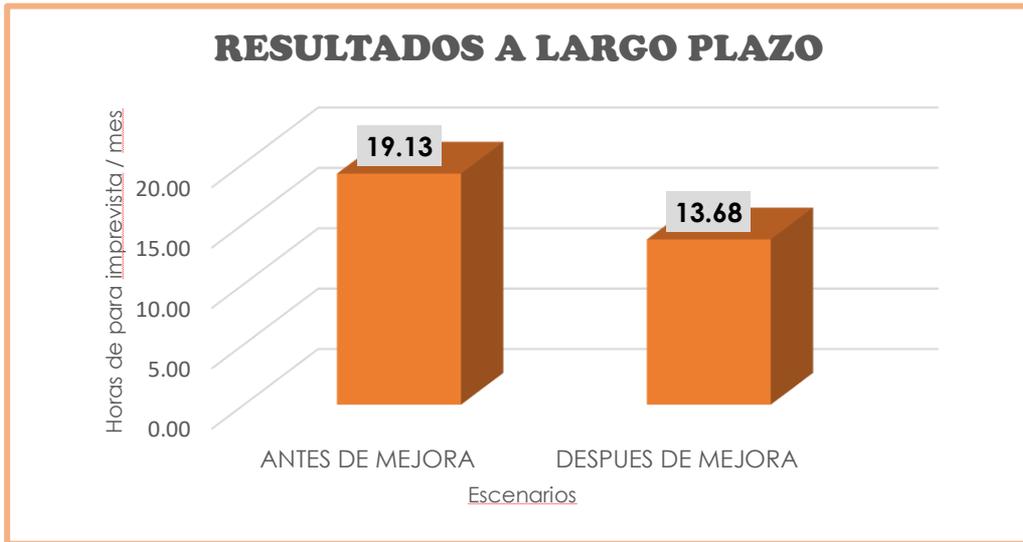


Figura 3.4 Resultados a largo plazo de variable de respuesta

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

3.3.2 Resultados CTQ's

En la tabla presentada a continuación, se muestran el estado inicial y el impacto de las mejoras en indicadores establecidos en la etapa de definición para medir los resultados del proyecto:

Tabla 3.3 Resultados CTQ'S

Fuente: Elaboración propia

Andrea Landívar / Bianca Macías

CTQ's	ANTES	DESPUÉS
Numero de paras no planeadas al mes	17	13
Horas de paras no planeadas al mes	19.13	16.57
Toneladas de desgaste al mes	20 toneladas	17 toneladas
Frecuencia de cambio de cuchillas	No hay data	Basado en toneladas extruidas por producto
Tiempo de cada para que debe ser planeada (Cambio de Cuchilla)	31.77 min	10 min

3.3.3 Resultados de Sostenibilidad

En el gráfico presentado a continuación, se detallan los resultados de sostenibilidad obtenido lo cual incluye estandarización de procesos, reducción de desperdicios y el beneficio económico obtenido.



Figura 3.5 Resultados de sostenibilidad

Fuente: Elaboración propia
Andrea Landívar / Bianca Macías

3.4 Control

3.4.1 Plan de Control Operativo

En la tabla presentada a continuación, se detalla el plan de control que asigna modo, frecuencia, responsable, supervisión y resultados esperados con el fin de que las mejoras implementadas perduren en la organización.

Tabla 3.4 Plan de control operativo

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

¿QUÉ?	¿CÓMO?	FRECUENCIA	¿QUIÉN?	REVISADO POR	RESULTADOS
Plan de Inspección	Realizar la respectiva revisión de acuerdo con el plan.	Cada dos semanas	Equipo de Mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	Evita las paras causadas por daños mecánicos.
Lista de Verificación arranque	Seguir los pasos de la lista de verificación de antes de empezar a producir en la extrusora.	Cada cambio de producto	Extrusor	Supervisores	Evita paras no programadas debido a la falta de limpieza del cañón y provisión de agua.
Cajas sin grapas	Notificar si en el futuro se presentan más presentaciones con grapas en cajas en materias primas.	Cuando presente	Operador de dosificación	Jefe de producción	Evita atoramiento de producto debido a la entrada de metales en el sistema.
Procedimiento de Cambios de cuchillas	Todos los operadores realizaran el procedimiento estandarizado incluyendo el orden y la secuencia de este.	Cada cambio de cuchilla	Extrusora	Supervisores	Cumplimiento del proceso y tiempo estipulado.
Frecuencia de Cambio de cuchillas	Llenar el registro creado para definir las toneladas extruidas por producto antes de cada cambio de cuchilla.	Diario	Extrusor o Operador cabina	Supervisores	Estandarizar las toneladas extruidas por producto antes de cada cambio de cuchilla.
Estandarizar los parámetros de extrusión	Llenar el registro creado para definir las toneladas extruidas por producto antes de cada cambio de cuchilla.	Diario	Extrusor o Operador cabina	Supervisores	Estandarizar los parámetros en el proceso de extrusión.

3.4.2 Control Visual

Adicionalmente, se propuso el uso de un sistema visual que comprende un tablero en Excel, en donde se deberá ingresar diariamente las paras y las horas planificadas de

producción en las hojas respectivas. De esta forma, se conocerán las variaciones en el indicador de indisponibilidad diariamente.



Figura 3.6 Tablero Control

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macías

Esta herramienta fue socializada y explicada al auxiliar de producción (Figura 3.7), quien será la persona encargada del ingreso de la data requerida.



Figura 3.7 Socialización control visual

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Plan de Reacción

Mediante el plan de reacción, se asigna lo que debe ser llevado a cabo y a la persona encargada de actuar en caso de que el problema sea reincidente. En la figura 3.8 presentada a continuación, se muestra el plan de reacción establecido.

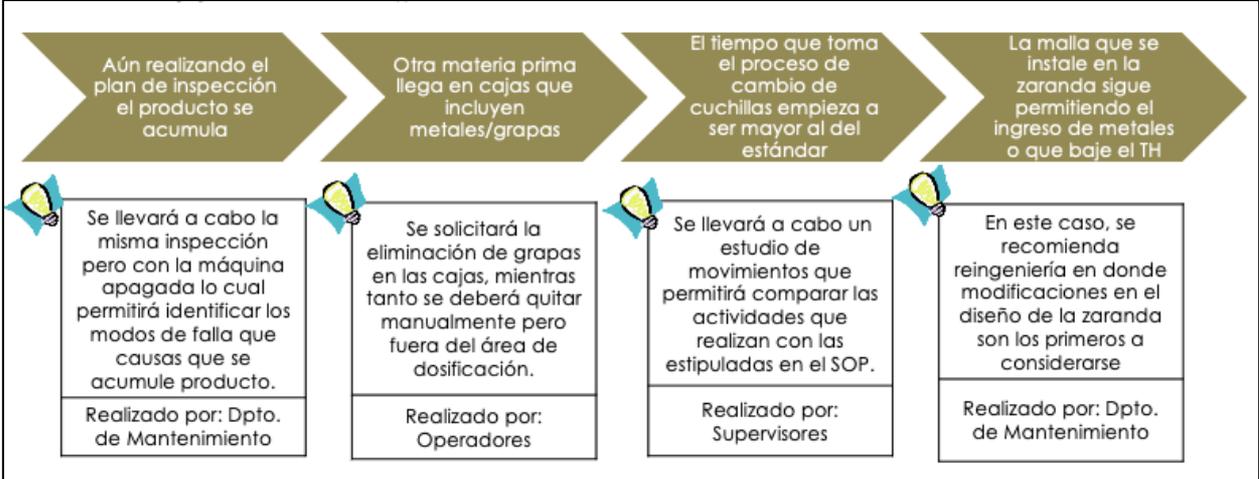


Figura 3.8 Plan de reacción

Fuente: Elaboración propia
 Andrea Landívar / Bianca Macía

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las mejoras implementadas incluyeron la estandarización del proceso de cambio de cuchilla, un plan de inspección, medidas preventivas para el ingreso de cuerpos extraños en el proceso de dosificación y el establecimiento de parámetros de trabajo de extrusión, secado y baño.
- La inversión requerida para las mejoras implementadas fue de \$,1424.58 obteniendo un ahorro anual de aproximadamente \$300,000.00.
- Con las mejoras implementadas se logró reducir el GAP en un 28.04%, una reducción del 15% de desperdicio, un ahorro mensual de \$1781.76 y una disminución del 23.53% el número de paras no programadas.
- A largo plazo se espera reducir a 13.68 horas de paras no programadas mensuales, logrando reducir el 69.69% del GAP.

4.2 Recomendaciones

- La implementación de las mejoras que se encuentran en proceso debe seguir el plan de control propuesto.
- La información en los reportes operacionales requiere de supervisión constante para que la data llena sea confiable y los resultados de una futura estandarización sean los óptimos.

- Aparte de la reingeniería, en caso de que la malla no proporcione los resultados esperados, también se recomienda un estudio del campo para la inclusión de un detector de metales.

BIBLIOGRAFÍA

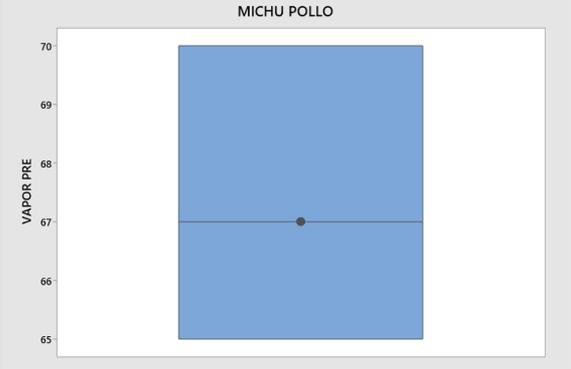
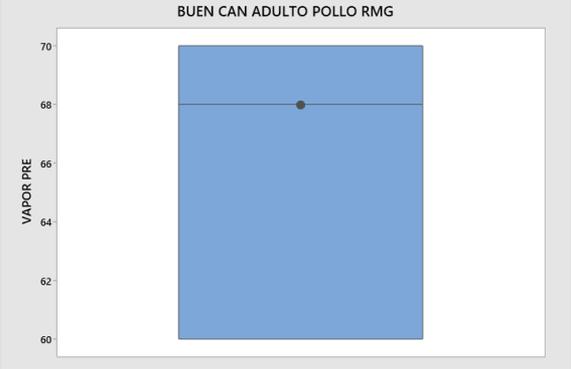
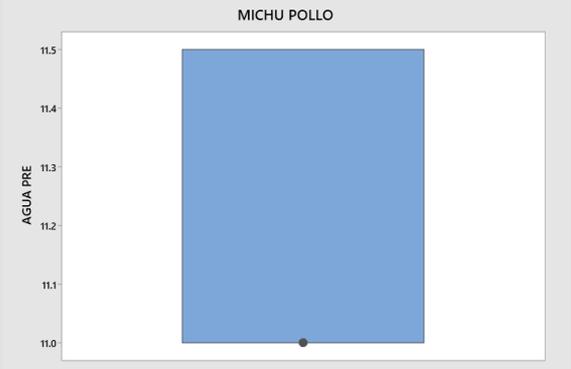
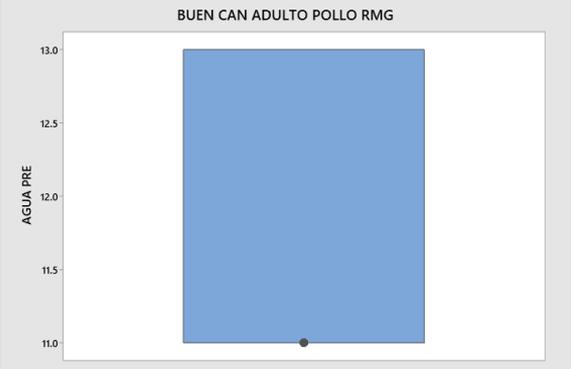
- Aristiara, H. H. (2018). Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry.
- Ball, B. T. (8 de 2010). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/235262819_Six_Sigma_a_literature_review
- FIRICAN, G. (5 de diciembre de 2018). *Lights on Data*. Obtenido de <https://www.lightsondata.com/how-to-fishbone-diagram-data-quality-root-causes/>
- International Six Sigma Institute. (s.f.). *Six Sigma Institute*. Obtenido de https://www.sixsigmainstitute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Define_Phase_Capturing_Voice_Of_Customer_VOC.php
- Liliana, L. (10 de 2016). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/311341507_A_new_model_of_Ishikawa_diagram_for_quality_assessment
- Liliana, L. (10 de 2016). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/311341507_A_new_model_of_Ishikawa_diagram_for_quality_assessment
- Macao, C. (2010). *Macao, China Patente nº 11726926*.
- Noman, M. A. (2016). *Araba Saudita Patente nº 10.1504/IJCENT.2016.082330*.
- Osama, A. (s.f.). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/307458163_Monitoring_the_impact_of_unscheduled_stops_and_unscheduled_route_deviations_on_bus_service_using_automatic_vehicle_location_system_A_case_study
- Saxena, S. (2007). *Discover 6 Sigma*. Obtenido de <http://discover6sigma.org/post/2007/06/sipoc/>
- Sayuti, M. (6 de 2019). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/333684018_Analysis_of_the_Overall_Equipment_Effectiveness_OEE_to_Minimize_Six_Big_Losses_of_Pulp_machine_A_Case_Study_in_Pulp_and_Paper_Industries
- siilearning*. (s.f.). Obtenido de International Six Sigma Institute. Retrieved November 19, 2020, from https://www.sixsigmainstitute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Define_Phase_Capturing_Voice_Of_Customer_VOC.php
- Singh, H. (2012). *India Patente nº 10.1108/20401461211243694*.
- Singh, J. S. (5 de 2012). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/270799703_Continuous_improvement_approach_State-of-art_review_and_future_implications
- Stroud, J. D. (s.f.). *isixsigma*. Obtenido de <https://www.isixsigma.com/methodology/voc-customer-focus/defining-ctq-outputs-key-step-design-process/>
- The Certified Quality Engineer Handbook. (2017). *ASQ. American Society for Quality*. Obtenido de <https://asq.org/quality-resources/dmaic>

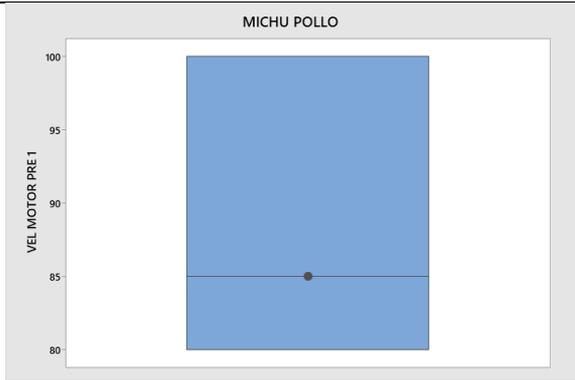
Wudhikarn. (1 de enero de 2014). *Sage JOURNALS*. Obtenido de
<https://journals.sagepub.com/action/cookieAbsent>

Yanto, H. (10 de 2018). *Research Gate*. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/327664585_Lean_manufacturing_and_overall_equipment_efficiency_OEE_in_paper_manufacturing_and_paper_products_industry

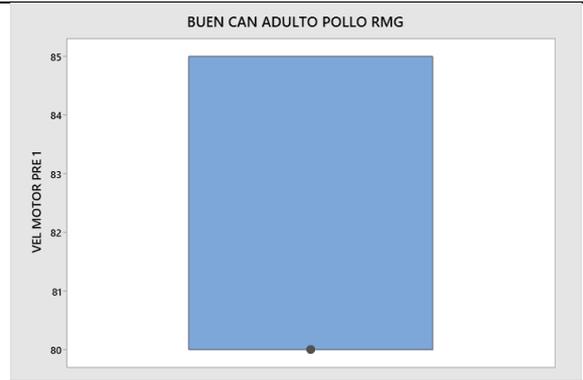
Yanto, H. (10 de 2018). *Research Gate*. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/327664585_Lean_manufacturing_and_overall_equipment_efficiency_OEE_in_paper_manufacturing_and_paper_products_industry

APÉNDICES

MICHU POLLO	BUEN CAN ADULTO POLLO RMG
Vapor Preacondicionador	
<div style="text-align: center;">  <p>MICHU POLLO</p> <p>Mínimo:65 % Máximo:70%</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>BUEN CAN ADULTO POLLO RMG</p> <p>Mínimo:60 % Máximo:70%</p> </div>
Agua Preacondicionador	
<div style="text-align: center;">  <p>MICHU POLLO</p> <p>Mínimo:11% Máximo:11.5%</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>BUEN CAN ADULTO POLLO RMG</p> <p>Mínimo:11 % Máximo:13%</p> </div>
Velocidad Motor Pre 1	

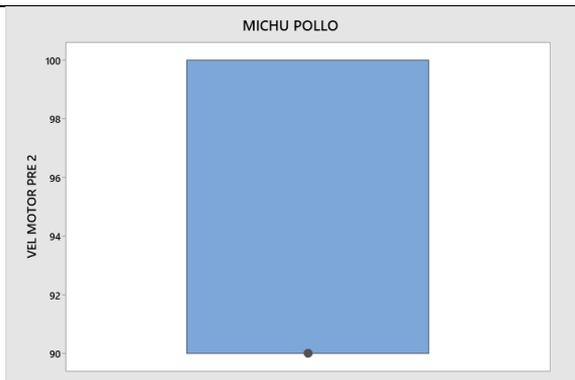


Mínimo:80%
Máximo:100%

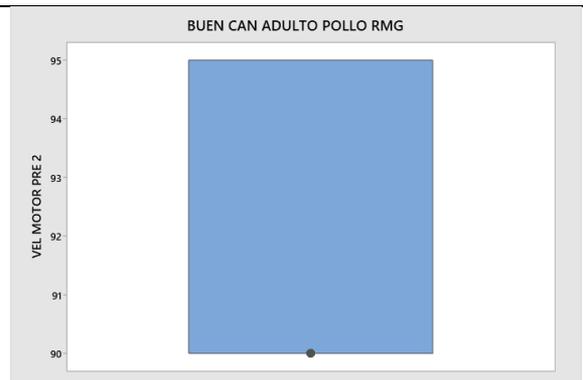


Mínimo:80%
Máximo:85%

Velocidad Motor Pre 2

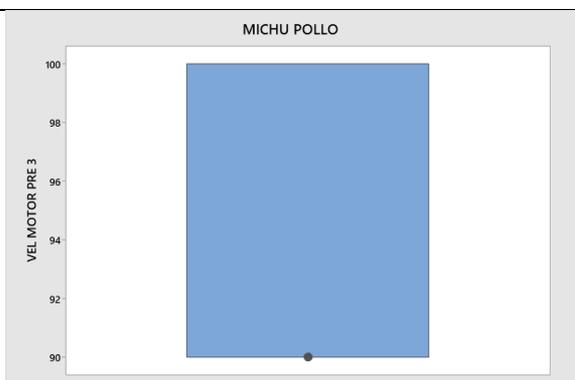


Mínimo:90%
Máximo:100%

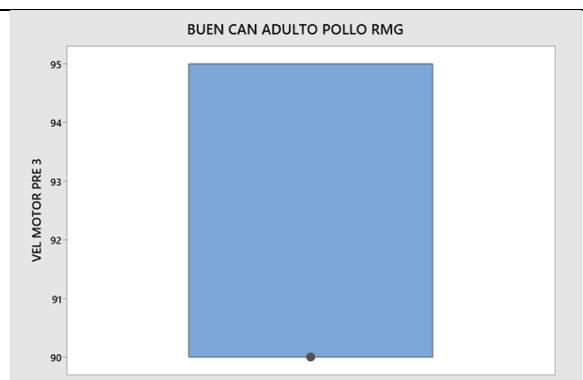


Mínimo:90%
Máximo:95%

Velocidad Motor Pre 3

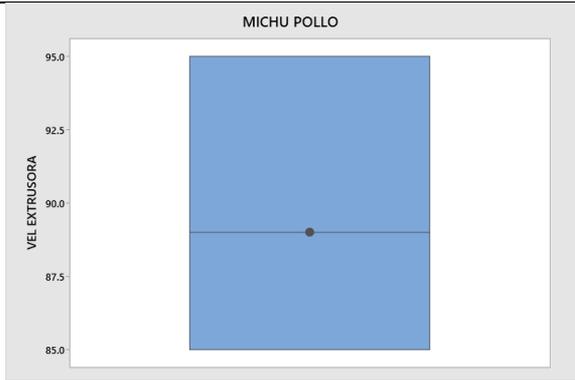


Mínimo:90%
Máximo:100%

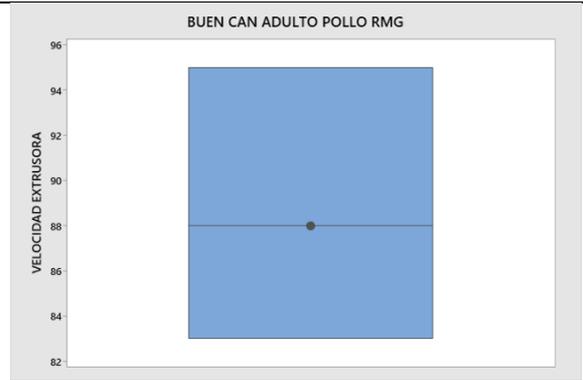


Mínimo:90%
Máximo:95%

Velocidad Extrusora

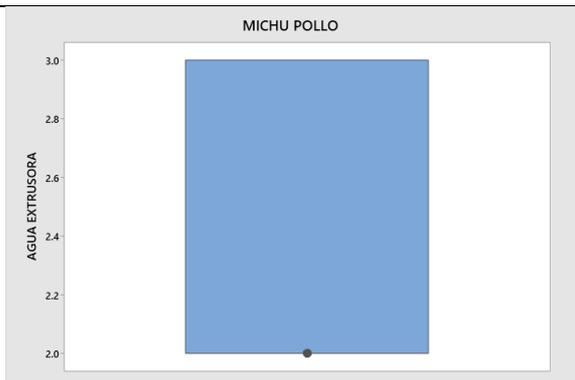


Mínimo:85%
Máximo:95%

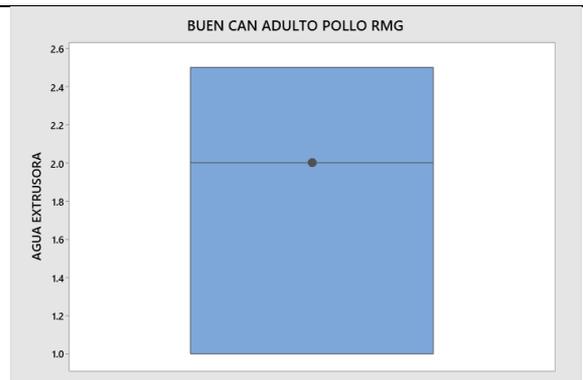


Mínimo:83%
Máximo:95%

Agua Extrusora

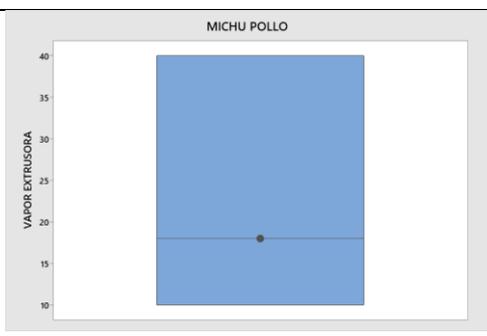


Mínimo:2%
Máximo:3%

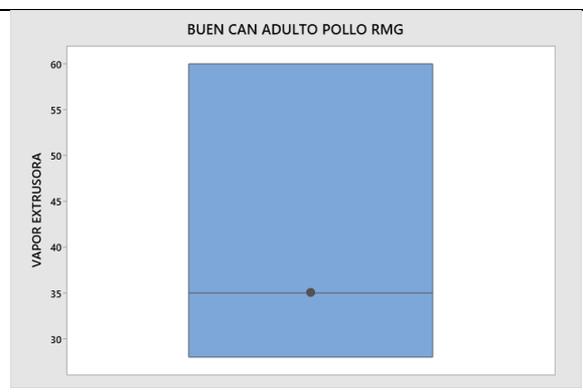


Mínimo:1%
Máximo:2.5%

Vapor Extrusora

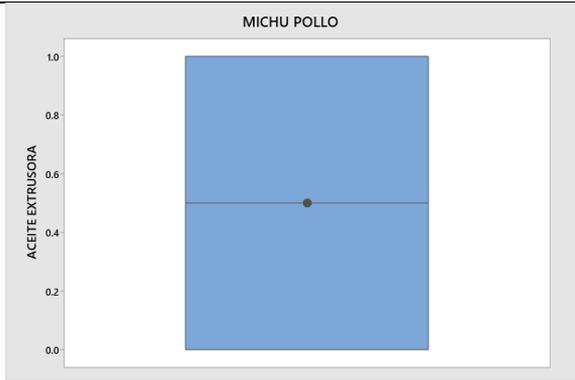


Mínimo:10%
Máximo:40%

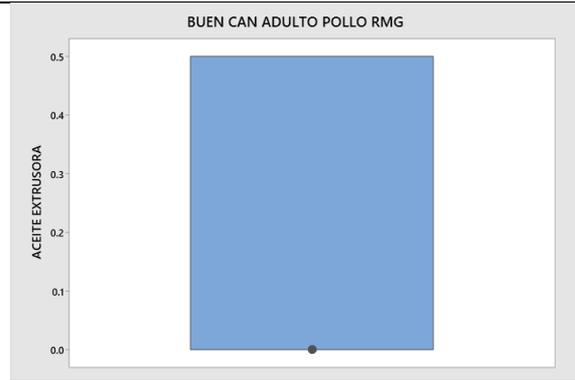


Mínimo:28%
Máximo:60%

Aceite Extrusora

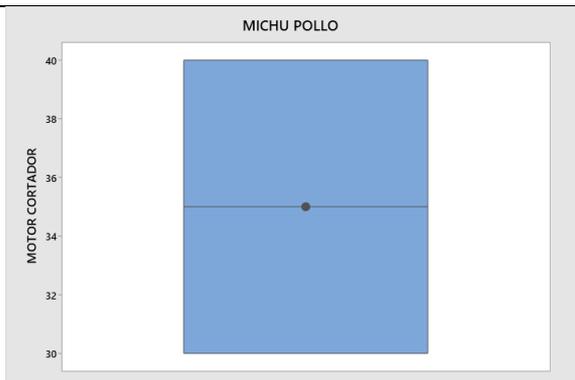


Mínimo:0%
Máximo:1%

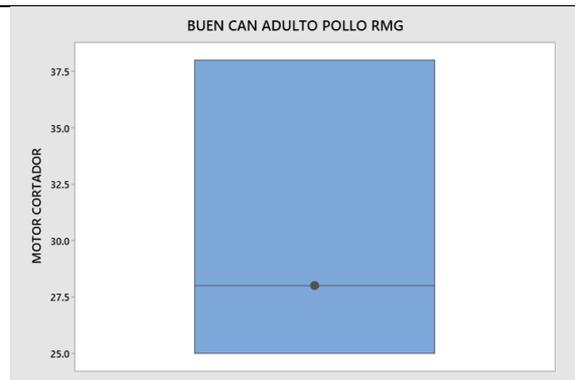


Mínimo:0%
Máximo:0.5%

Motor Cortador

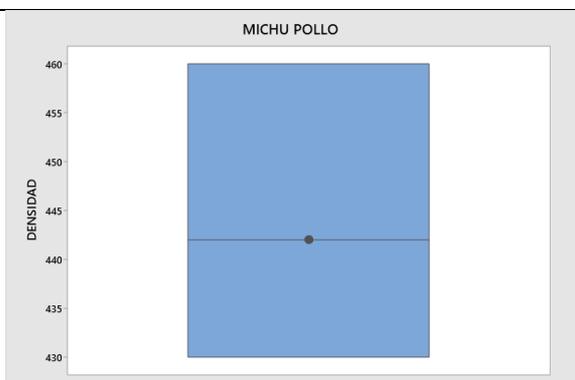


Mínimo:30%
Máximo:40%

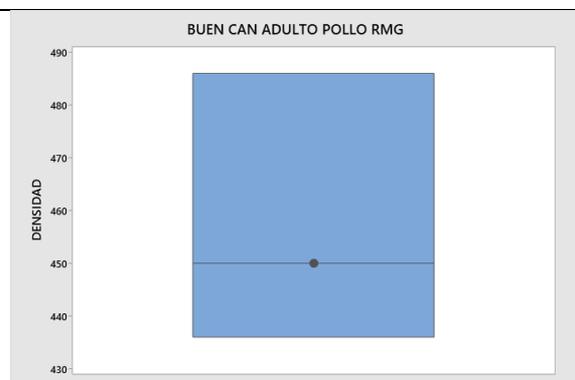


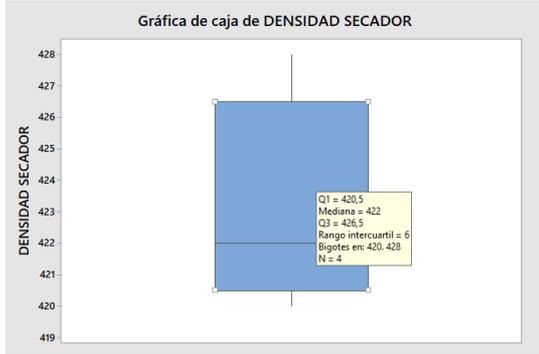
Mínimo:25%
Máximo:38%

Densidad Resultante

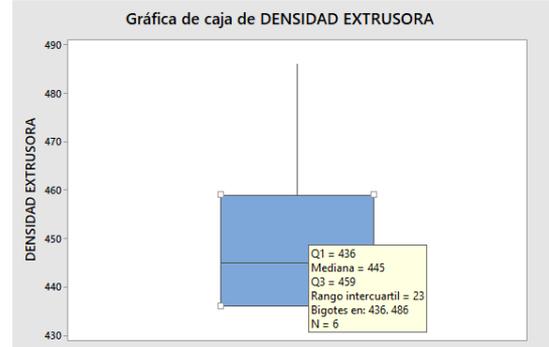


Mínimo:430%
Máximo:470%

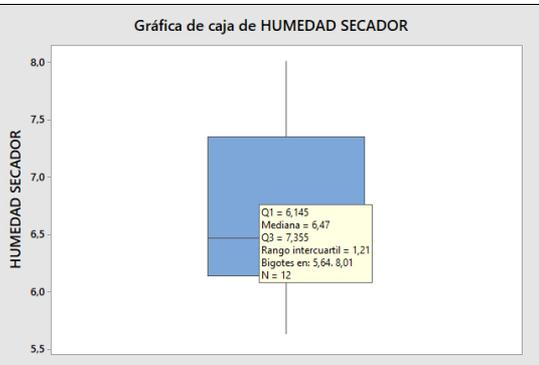


MICHU POLLO**BUEN CAN ADULTO POLLO RMG****Densidad Extrusora**

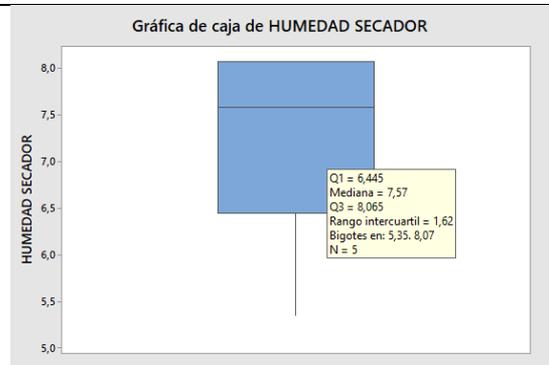
Mínimo:65 %
Máximo:70%



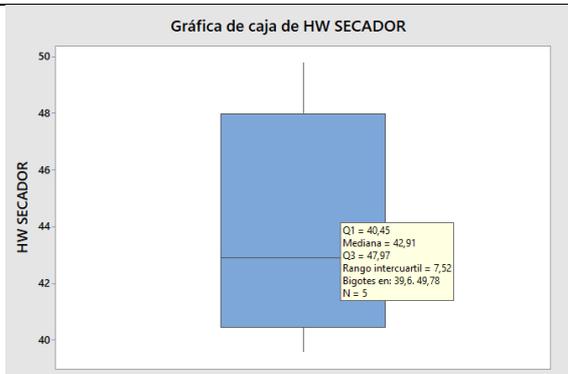
Mínimo:60 %
Máximo:70%

Humedad Secador

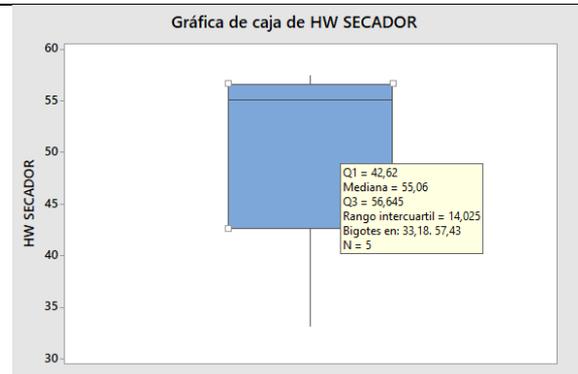
Mínimo:11%
Máximo:11.5%



Mínimo:11 %
Máximo:13%

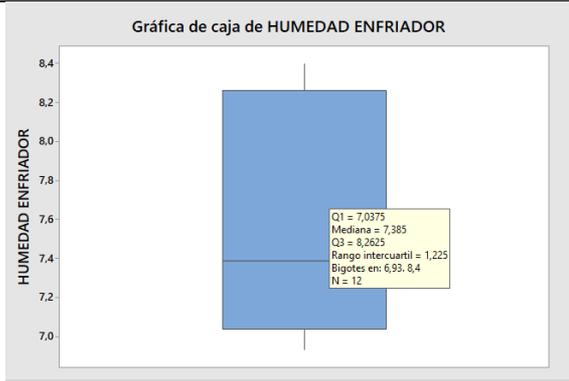
AW Secador

Mínimo:80%
Máximo:100%

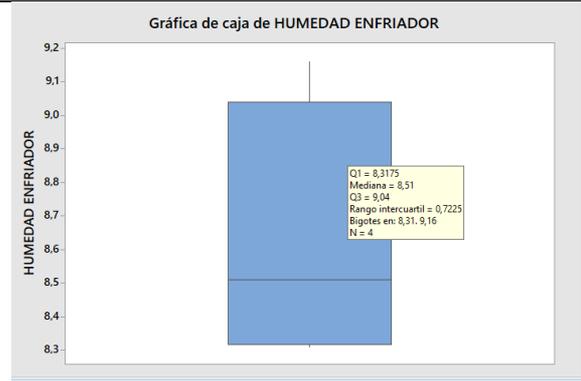


Mínimo:80%
Máximo:85%

Humedad Enfriador

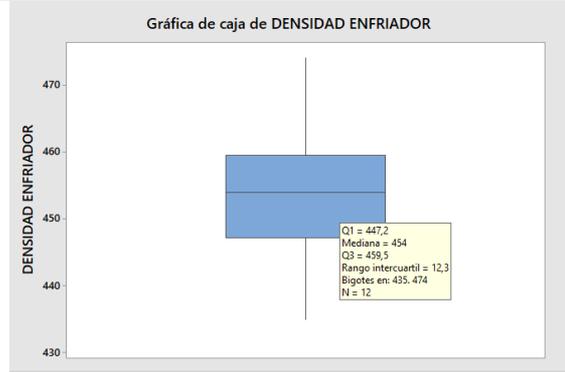


Mínimo:90%
Máximo:100%

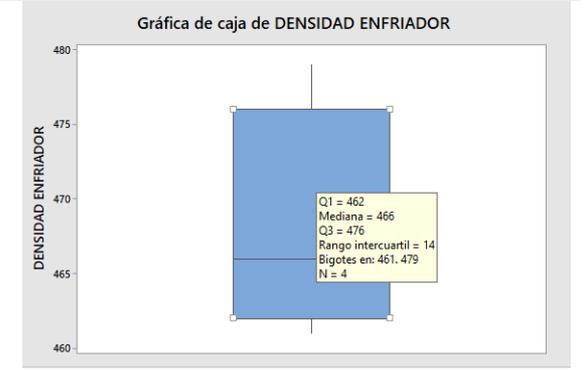


Mínimo:90%
Máximo:95%

Densidad Enfriador

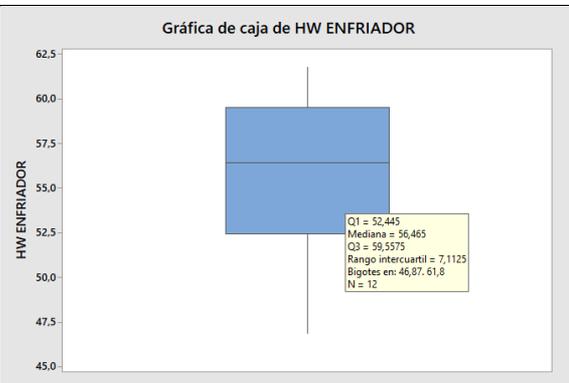


Mínimo:90%
Máximo:100%

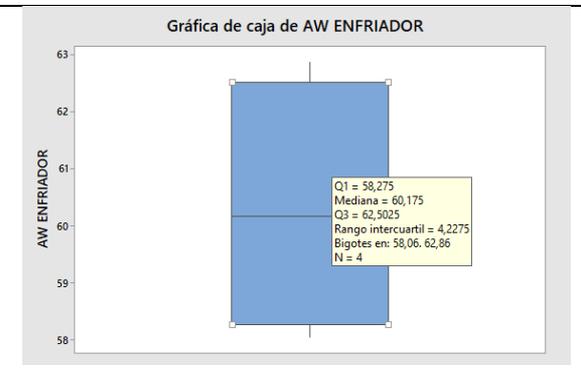


Mínimo:90%
Máximo:95%

AW Enfriador



Mínimo:85%
Máximo:95%



Mínimo:83%
Máximo:95%