



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Implementación de la metodología de control estadístico en el
proceso de extrusión de la empresa productora de perfiles de
aluminio.”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

Rolando Paúl Vinuesa Galarza

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTO

Primero agradeciendo a Dios por tenerme con salud y vida, y a los directivos de la empresa extrusora por darme toda la apertura y apoyo para realizar mis estudios y el presente proyecto. Al tutor de mi proyecto Marcos Buestán Phd. por su apoyo y guía.

DEDICATORIA

Este proyecto dedico a mis papitos bellos Fanny Galarza y Antonio Vinueza, a mi linda esposa Cinthya y mi inspiración para seguir adelante mi hijita Anita Paula.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**Ángel Ramírez M., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE**

**Marcos Buestán B., Ph.D.
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**María López S., M.Sc.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Rolando Paúl Vinueza Galarza

RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en una empresa extrusora del mercado ecuatoriano, que es líder en la producción y comercialización de perfiles de aluminio. A partir de abril del 2019 se evidencia una caída significativa del indicador del recobrado por debajo del objetivo estratégico de la empresa del 82.5%, teniendo un resultado promedio hasta septiembre del 2020 de 81.79%.

Para el desarrollo de este proyecto se aplicó la metodología DMAIC, usando varias de sus herramientas en sus diferentes procesos para la mejora del Recobrado. Se planteó un objetivo de mejorar en un 50% el recobrado de octubre 2020 a marzo 2021 a 83.19% que es un valor que está por encima del objetivo de la empresa.

Con la finalidad de alcanzar este objetivo se aplicaron varias de las herramientas Six Sigma, con metodología DMAIC empezando con: 1) En la etapa Definición se usaron herramientas como matriz de decisión, diagrama SIPOC para definir el alcance del proyecto, y la declaración del objetivo SMART, 2) En la etapa de Medición se tomó las medidas diarias del recobrado de abril 2019 a septiembre 2020 y se calculó los límites y la capacidad del proceso con la ayuda del programa Minitab 18. 3) la etapa de Análisis se determinó las causas que afectan a la disminución del recobrado. 4) la etapa de Mejora se realizó el plan de acción de las causas encontradas, entre ellas la estandarización del proceso por medio de la implementación de recetas de producción en la cual se tomó una muestra inicial en la que se evidencio la mejora aumentando a 1,3% el recobrado, también se realizó un análisis de las gráficas del tiempo donde se pudo observar una mejora significativa alcanzando desde Octubre 2020 a Marzo 2021 un promedio del recobrado de 83.22% con una tendencia no solo a mantenerse sino a la mejora , 5) finalmente la etapa de Control se implementó un método de control de chatarras por medio de diagramas de decisión y el principal control se realizó la implementación de un control de proceso estadístico con los datos obtenidos del recobrado diario, con planes de acción de acuerdo a los diferentes comportamientos que tengan en las cartas de control para poder disminuir la variabilidad que se consiguió bajarla con una desviación estándar de 0.018089 a 0.014295 en el periodo de 6 meses.

Para el análisis de capacidad del proceso se decidió tomar en cuenta solo el límite inferior y la meta de 82.5% indicados por los representantes de la compañía con un resultado al final de este estudio, obteniendo mejoras de la capacidad de proceso de un cpk de 0,43 ajustada con una distribución de Weibull a un cpk de 0.98 con datos normales, que nos indica que es un proceso que ha mejorado su control que se tiene cada vez menos material rechazado. También se enfocó en tener un control de las chatarras tanto en la planificada, como en un control, análisis y mejora continua en las chatarras no planificadas con el objetivo de trabajar constantemente en ellas para minimizarlas.

ÍNDICE DE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA	V
TERMINOS Y DEFINICIONES	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO 1	
1. MARCO TEÓRICO	2
1.1. Metodología Seis Sigma para mejorar los resultados	2
1.2. Aplicación de herramientas Lean Seis Sigma	2
1.3. Control Estadístico del proceso - CEP	7
1.4. Gráficos de control	12
CAPÍTULO 2	
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
2.1. Descripción de la empresa	8
2.2. Descripción del proceso de Extrusión	9
2.3. Calculo del recobrado o rendimiento de Extrusión	10
2.4. Declaración del problema a resolver	10
2.5. Grupo de trabajo	15
2.6. Alcance del proyecto	15
2.7. Caracterización del proceso de extrusión	17
2.8. Objetivos del proyecto de Titulación	19
2.9. Cuantificación de beneficios	20
CAPÍTULO 3	
3. MEDICIÓN	21
3.1. Medición del recobrado	21
3.2. Determinación de variables de extrusión	22
3.3. Recolección de datos	22
3.4. Medición de datos del recobrado	27
3.5. Capacidad del recobrado	32
3.6. Problema enfocado resultado de los datos del recobrado	33

CAPÍTULO 4	
4. ANALISIS	34
4.1. Análisis de datos de chatarras planificadas	34
4.2. Análisis de datos de chatarras no planificadas	38
CAPÍTULO 5	
5. MEJORA	43
5.1. Introducción	43
5.2. Mejora – Desarrollo de planes de mejora para chatarra planificada .	43
5.3. PMX6 y PMX3 - Estandarización del proceso de Extrusión	45
5.4. PMXB5 - Mejora en la disminución de la chatarra no planificada	49
5.5. Resultados en la mejora en el indicador de Recobrado	51
CAPÍTULO 6	
6. CONTROL Y RESULTADOS	53
6.1. Control de Chatarra de Proceso	53
6.2. Graficos de pre-control del recobrado para el proceso de extrusión .	57
6.3. Resultados obtenidos, cp y cpk del recobrado	66
CAPÍTULO 7	
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1. Conclusiones	70
6.2. Recomendaciones.....	71
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ABREVIATURAS

DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.
DFP	Diagrama de Flujo de Proceso.
VSM	Value Stream Mapping (Mapa de Flujo de valor)
SIPOC	Supplier-Input-Process-Output-Customer.
LME	London Metal Exchange.
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Realistic y Timely.
CEP	Control Estadístico de proceso.
LCI	Límite de control inferior.
LCS	Límite de control superior
LSE	Límite superior de especificación
LIE	Límite inferior de especificación
VN	Valor nominal
CP	Control de proceso por Dispersión.
CPK	Control de Proceso por Variabilidad.
ACR	Análisis Causa Raíz.

SIMBOLOGÍA

min	Minutos
pz	piezas (de cantidades)
kg	Kilogramos (de cantidades)

TERMINOS Y DEFINICIONES

- Extrusión:** La deformación plástica del aluminio mediante presión y temperatura ejercida en un molde.
- Butt:** La porción no extruida del tocho que permanece al interior del container después que el ciclo de extrusión ha terminado. El espesor del butt varía dependiendo de la aleación, el tipo de matriz y las características del perfil extruido.
- Container:** Cilindro de acero usualmente ensamblado con un linner removible, con un diámetro interior ligeramente mayor que el del tocho a ser extruido. El container mantiene en su interior al tocho mientras se lleva a cabo el ciclo de extrusión.
- Linner:** Unidad cilíndrica parte del herramental de la prensa, removible y reemplazable que contiene y mantiene en su interior al tocho durante el ciclo de extrusión.
- Lingote:** Aluminio fundido y colado usualmente en forma cilíndrica mediante moldes sólidos, de sección transversal redonda constante y de longitud mayor que su sección..
- Tocho (billet):** Bloque de metal de sección transversal constante, de longitud mayor que su sección. Normalmente la máxima longitud de un tocho es seis veces su diámetro. La forma geométrica es normalmente cilíndrica.
- Abarrilamiento:** Deformación plástica de las paredes del linner con una concavidad pronunciada, en especial en la sección media del elemento.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Etapas para la implementación de seis sigma 3
Figura 1.2	Detalle de herramientas DMAIC 7
Figura 2.1	Layout de una planta extrusora de Aluminio 8
Figura 2.2	Esquema de extrusión de aluminio directa..... 9
Figura 2.4	Serie de tiempos del recobrado de enero 2017 a septiembre del 2020 12
Figura 2.4.1	Precio de aluminio en toneladas de agosto 2020..... 13
Figura 2.6	Diagrama SIPOC – proceso de extrusión. 16
Figura 2.7	Diagrama de proceso de extrusión. 18
Figura 3.1	VSM actual del proceso de Extrusión 21
Figura 3.3.1	Esquema del butt en el proceso de extrusion 23
Figura 3.3.1.1	Esquema de Chatarra despuntes en el proceso 24
Figura 3.3.2	Gráfico de perfiles en mesa de extrusion y sus diferentes causas de chatarra no planificada 25
Figura 3.3.3	Fotografía del ingreso de datos por el operador 26
Figura 3.4.1	Resumen de datos descriptivos por referencia de enero a septiembre 2020 27
Figura 3.4.2	Recobrado – estadística descriptiva y prueba de normalidad 29
Figura 3.4.2.1	Recobrado gráficas de normalidad A 30
Figura 3.4.2.2	Recobrado gráficas de normalidad B 31
Figura 3.5	Recobrado – modelo de distribución de weibull 33
Figura 4.1.1	Diagrama Ishikawa de la “y” incremento de chatarra planificada 35
Figura 4.1.3	Priorización de causas del análisis de pareto 38
Figura 4.2	Análisis de pareto de las chatarras no planificadas..... 39
Figura 4.2.1	Diagrama Ishikawa de la “y” burbujas 40
Figura 4.2.2	Diagrama de pareto de la “y” burbujas..... 42
Figura 5.1	Causas principales X de la ecuación incremento de chatarra planificada 43
Figura 5.3	Mejora del recobrado con la estandarización – periodo diario de octubre 2020 a marzo 2021 48
Figura 5.4	Comparativo de paretos de rechazos de octubre 2020 vs marzo 2021 (antes y despues)..... 50
Figura 5.5	Serie de tiempo del recobrado - enero 2019 a marzo del 2021 (antes y despues) 52
Figura 6.1.1	Proceso de control del primer tocho – chatarra planificada.. 54
Figura 6.1.2	Proceso para control de largo ideal de perfil en la mesa de enfriamiento de extrusión 55

Figura 6.1.3	Proceso de mejora continua y analisis de chatarras no planificadas	56
Figura 6.2	Histograma del recobrado de octubre 2020 a marzo 2021...	57
Figura 6.2.2	Gráfico de pre-control del recobrado diario.....	60
Figura 6.2.3.1	Esquema resumen A de las reglas para gráfico de pre-control	62
Figura 6.2.3.2	Esquema resumen B de las reglas para gráfico de pre-control	63
Figura 6.2.4.1	Gráfico de pre-control del recobrado por turno - marzo del 2021	64
Figura 6.2.4.2	Gráfico de pre-control del recobrado por día – mes de marzo del 2021	66
Figura 6.3.1	prueba de normalidad del recobrado nuevo.....	68
Figura 6.3.2	Capacidad del proceso del recobrado cp y cpk (antes y despues)	69

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Matriz de soluciones potenciales	5
Tabla 2	Guía para el plantamiento del problema	11
Tabla 3	Datos mensuales del recobrado de enero 2017-agosto 2020	11
Tabla 4	Estadísticos descriptivos del recobrado, máximo valor	12
Tabla 5	Porcentaje de aumento del gap con el impacto económico ...	14
Tabla 6	Desglose del objetivo SMART del recobrado	14
Tabla 7	Resumen organizacional del proceso de extrusión	17
Tabla 8	Recursos del proceso de extrusión	17
Tabla 9	Indicadores del proceso de extrusión	19
Tabla 10	Formato propuesto para recolección de datos de chatarras generadas en extrusión	26
Tabla 11	Factores de causalidad	36
Tabla 12	Matriz causa efecto de chatarra planificada	36
Tabla 13	Matriz de priorización de variables para el recobrado	37
Tabla 14	Matriz causa efecto de la causa burbujas	41
Tabla 15	Plan de acción para la mejora de la chatarra planificada	44
Tabla 16	Formato propuesto para estandarización de producción con hoja de receta por matriz	46
Tabla 17	Prueba de la estandarización en perfiles AAA comparativa del promedio 2018 y la prueba realizada en noviembre 2020	47
Tabla 18	Datos para zonas de pre- control	59
Tabla 19	Datos para realizar el gráfico de pre-control del recobrado ...	59
Tabla 20	Datos para realizar el gráfico de pre-control del recobrado por turno.	64

INTRODUCCIÓN

En las Industrias extrusoras de aluminio el principal componente y de mayor costo es la materia prima llamada billet, en el cual es muy importante obtener su mejor rendimiento o como es llamado comúnmente en la industria el recobrado.

Las industrias extrusoras en su giro de negocio que es producir y comercializar perfiles de aluminio con o sin valor agregado, es decir añadiendo al perfil acabados superficiales como pinturas o anodizados, o a su vez comercializando sistemas ya armados para la arquitectura, la industria aeronáutica, automotriz, alimenticia, etc.

También cabe recalcar que la materia prima que es el aluminio, su precio no es estable y está establecido de acuerdo a la demanda que exista en el mercado mundial, y su valoración está definida en la bolsa de metales de Londres o London Metal Exchange que es el mayor mercado de futuros y opciones sobre metales en especial los no ferrosos. Aunque fue fundada en 1877, sus orígenes se encuentran en 1571.

Al ser el aluminio un metal que su valor es variable, hace que los márgenes establecidos en las empresas extrusoras también sean variables y lo deseable, es que el aluminio que es el 80% del componente del costo se encuentre en valores bajos para que las empresas sean rentables.

Para el presente estudio, la empresa extrusora de aluminio donde se va realizar el proyecto en sus ventas totales de perfilería de alrededor de 10,000 toneladas anuales, el 55% se vende en el mercado nacional y el 45% en el mercado internacional. Es importante y de un muy considerable ahorro, obtener el mejor provecho a la materia prima, por ello se va realizar un análisis en el área de extrusión donde se transforma la materia prima en perfiles de aluminio y es el pilar fundamental donde se saca el mayor rendimiento o recobrado de la materia prima.

El propósito fundamental es realizar un estudio utilizando las herramientas DMAIC para identificar, medir y controlar el proceso de Extrusión aplicando en su etapa final un control estadístico del proceso enfocado en mejorar el recobrado de la materia prima.

Vamos a definir en el primer capítulo siguiendo la secuencia de la herramienta DMAIC.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Metodología Seis Sigma para mejorar los resultados

Cuando se identifican productos fuera de especificación, pueden usar la metodología seis sigma la que permite desarrollar una secuencia de herramientas y disminuir la variabilidad de un proceso, con un análisis previo para evidenciar los defectos que alteran la satisfacción del cliente, de los empleados y de la empresa (Escalante, 2005).

1.2 Aplicación de herramientas Lean Seis Sigma.

Para el presente proyecto se pretende aplicar varias herramientas en cada etapa.

Seis sigma, esta orienta a un trabajo secuencial, por lo general fundamentada con datos y se enfoca en desarrollar el trabajo en equipo y su implementación se estructura en cinco etapas:

1. Definición del objetivo o problema
2. Medición de los datos a utilizarse
3. Análisis de los datos, con aplicación de herramientas estadísticas o lean.
4. Mejora, donde se plantean las acciones de mejoras.
5. Control, donde se va incluir controles para la mejora continua del proceso.

Esta secuencia estructurada se llama DMAIC que vienen de las siglas en inglés (Define/ Measure/ Analyze/ Improve/ Control).

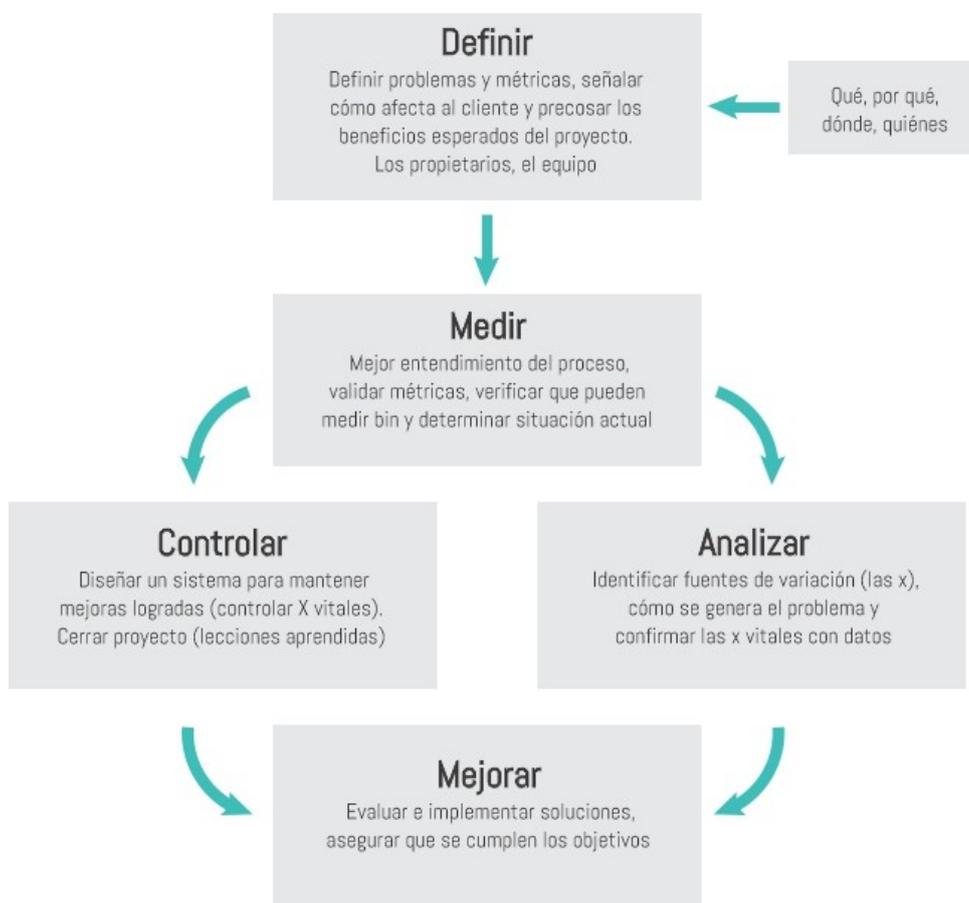


Figura 1.1 Etapas para la implementación de seis sigma
(Fuente: Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, 2013)

1.2.1 Etapa de la Definición:

Las herramientas y pasos a utilizarse son:

- Evaluación y definición de prioridad de proyectos.
- Matriz de priorización de proyectos.
- Ficha de inicio de proyectos.
- Análisis de accionistas / inversionistas / directivos.
- SIPOC
- VOC plan de colección.
- CTQs
- Tabla de valores-ahorros.
- Takt time
- Acta de reuniones.

1.2.2 Etapa Medición:

El objetivo general de esta fase es cuantificar y entender la magnitud del problema, y para su evidencia se utiliza las siguientes herramientas y pasos:

- Diagrama de flujo.
- Mapeo de procesos.
- Plan de recolección de datos/ muestreo.
- Estudio de R&R.
- Patrón de datos con diagramas de Pareto.
- Priorización de variables.
- Muestra de datos discretos.
- Muestras de datos continuos
- Medición de capacidades de proceso.
- Descomposición de tiempos.
- Parqueadero de ideas.

1.2.3 Etapa Análisis:

En la fase análisis se enfoca en determinar las verdaderas posibles causas, las herramientas usadas son:

- Mapeo de los procesos.
- Lluvia de ideas.
- Mapeo de valor agregado y sin valor agregado.
- Análisis rojo-verde.
- Análisis de tiempos que agregan y no agregan valor.
- Ishikawa.
- Análisis de cascada
- RCA.
- Aplicación de la matriz causa-efecto
- El Pareto de segundo nivel o Pareto del Pareto.
- La técnica de los "cinco por qué".
- Análisis modal de fallo y efectos FMEA

1.2.4 Etapa Mejora:

Esta etapa, se deben implementar y evaluar soluciones que ataquen las causas

raíz, consiguiendo reducir o corregir el problema. Las herramientas más usadas para esta etapa son:

- Lluvia de ideas.
- Matriz para estructuración del plan de acción.
- Diagramas de Gantt.
- Matriz de decisión de posibles soluciones.
- Matriz RACI.
- Lista de chequeo SCAMPER.
- Matriz de desafío creativo.
- Matriz de provocación y movimiento.
- Matriz ¿qué pasa si?
- Matriz de selección de soluciones.
- Matriz de Evaluación de Soluciones.
- Plantilla de Mejoras antes y después.
- Mapa de proceso futuro VA/NVA.
- Kanban Ideal.
- Matriz de polivalencia.
- Poka-yoke.
- Árbol de diferenciación.
- SMED.
- VSM Futuro.

Tabla 1
Matriz de soluciones potenciales

Análisis de Soluciones Potenciales												
Proyecto												
Problema												
Objetivo												
DEBES. La solución debe ser:	1)											
	2)											
	3)											
	4)											
X's Críticos (Interacciones)	Evidencia	Descripción de soluciones potenciales	Facilidad de implementación (5 = Fácil)	E (1-5)	Permanencia de la información (5=Mejor)	p (1-5)	Impacto de la información (5=Alto)	I (1-5)	Costo de la información (5=bajo costo)	C (1-5)	SPN (E*P*I*C)	Encontro las posibles soluciones? (si/Parcial/No)

(Fuente: Autor)

En la tabla 1 se tiene un ejemplo de la matriz para la selección de una mejor solución, los de mayor valor resultarían ser las soluciones recomendadas a implementar.

1.2.5 Etapa Control:

La filosofía seis Sigma es que toda solución sea mantenida en el tiempo, por lo que esta etapa se debe enfocar en el diseño de los mecanismos necesarios que hagan que las mejoras logradas se mantengan. Por tal razón se deben crear indicadores del nivel de desempeño del proceso intervenido según (Herrera Acosta & Fontalvo Herrera, 2005).

Según lo expuesto existen tres niveles:

1. Estandarizar el proceso.

Los cambios deben ser permanentes

2. Documentar el plan de control.

Documentar la operación del proceso para que este sea estandarizado. Esta documentación engloba: procedimientos establecidos y comprobados, instructivos y hojas ilustradas de trabajo.

El control debe ser enfocado a mantener los indicadores u objetivos.

3. Monitorear el proceso.

Puede realizarse sobre entradas en este caso del proceso en las variables, identificando su desempeño con el tiempo si cumple o no con el objetivo. También existen variables de salida que deben ser monitoreadas, quizá el éxito de estas, son el resultado de tener variables de entrada controladas.

Para el presente trabajo se va a desarrollar cartas de control basadas en los datos obtenidos como la variable de salida que es el recobrado o rendimiento.

En figura 1.2 se observan resumen de las herramientas más utilizadas por DMAIC.

Las herramientas y métodos más utilizados en control son:

- Plantilla de estandarización.
- Lección de un punto o lecciones aprendidas.
- Graficas sigma, antes y después.
- Plan de control
- Diagramas de decisión y control.
- Gráficos de control.
- Actas de cierre.
- Control de barreras semanales - SIM.
- Plan de implementación.

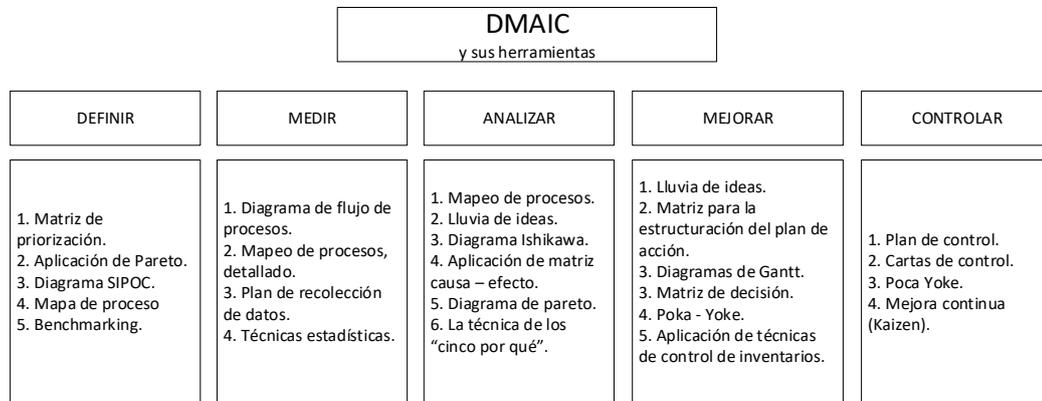


Figura 1.2 Detalle de herramientas DMAIC
(Fuente: Herrera Acosta & Fontalvo Herrera, 2005)

CAPÍTULO 2

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Descripción de la empresa.

La empresa productora de perfiles de aluminio, se inauguró el 14 de Julio del 2014 en la ciudad de Durán, es una fábrica que se encarga de la producción de perfiles extruidos de aluminio sólidos y tubulares con un planta moderna con automatismo de última generación, con el objetivo de ser competitivos en el mercado nacional e internacional obteniendo los mejores resultados de productividad, con el más bajo costo, con el mínimo rechazo y optimizando todos sus recursos.

La planta cuenta con una línea de extrusión, como se muestra en la figura 2.1, con una prensa hidráulica italiana de 2300 toneladas de presión para un billete de aluminio de 7 pulgadas de diámetro, con un handling con mesas de trabajo de 50 metros de largo y un sistema de robots de apilamiento y desapilamiento automático de canastas para colocar los perfiles, para el temple de los perfiles producidos, pasa por un horno de maduración artificial. La planta cuenta con una capacidad de 600 toneladas /mes.

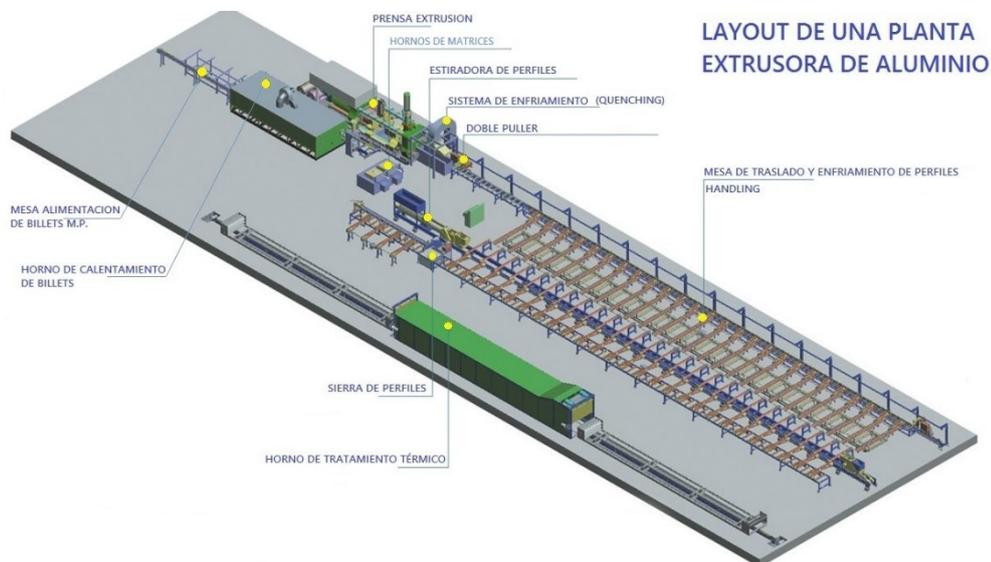


Figura 2.1 Layout de una planta extrusora de aluminio

(Fuente: Autor)

2.2 Descripción del proceso de extrusión

La extrusión de la prensa es un proceso de conformación por deformación plástica, que consiste en moldear el aluminio, en caliente, por compresión en un recipiente hueco llamado contenedor donde ingresa el billet de aluminio, en el un extremo tenemos una matriz o molde, que presenta un orificio con las dimensiones aproximadas del producto que se desea obtener y por el otro extremo un vástago macizo llamado disco de presión, que se moverá con la presión hidráulica por el interior del contenedor con un ajuste mecánico totalmente hermético que permite que el aluminio en caliente sea comprimido y fluya a través del molde formando así el perfil de aluminio, como se muestra en la figura 2.2

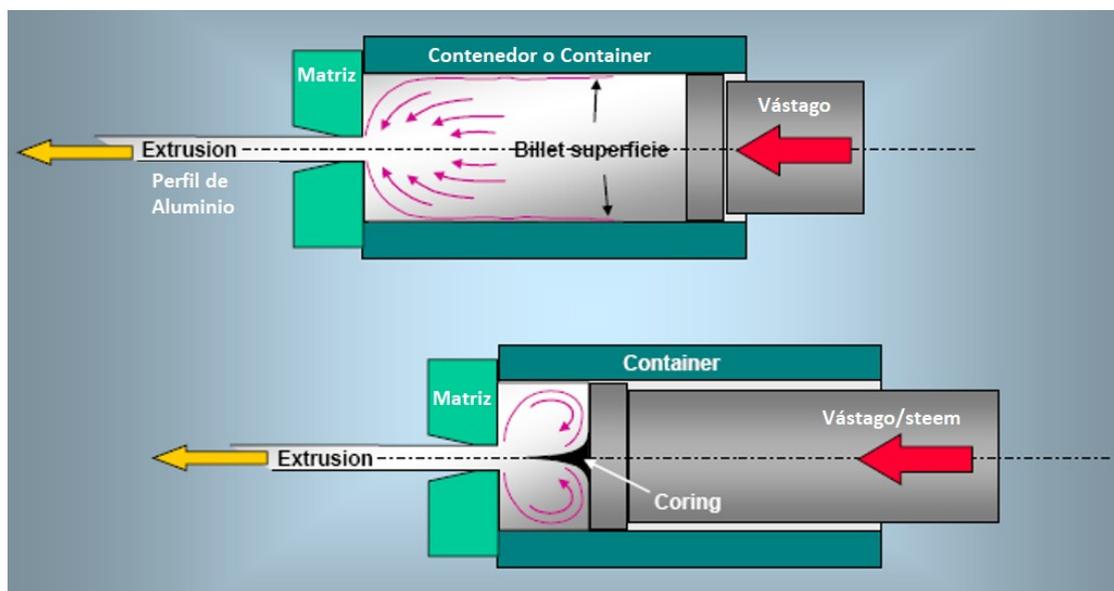


Figura 2.2 Esquema de extrusión de aluminio directa

(Fuente: Autor)

El proceso de extrusión del aluminio requiere una serie de condiciones que individual o colectivamente, influyen considerablemente sobre el producto final, tanto para obtener una excelente calidad dimensional y superficial con un buen rendimiento o indicador de Recobrado y una eficiente productividad.

Los parámetros operacionales ligados a la extrusión, existen otros factores que influyen en el proceso, como son los equipos y periféricos de extrusión. Los parámetros operacionales para conformar el producto que destacan como importantes son:

- Velocidad.
- Presión
- Temperatura

El promedio de productividad hora de la prensa extrusora de aluminio del año 2019 es de 1,053 kilogramos por hora, con una disponibilidad de máquina del 95%, se trabaja de lunes a viernes con tres turnos rotativos de 8 horas cada uno con un promedio de producción diaria de 24 toneladas.

2.3 Cálculo de recobrado o rendimiento del proceso de extrusión

El recobrado es el rendimiento que se obtiene de la materia prima ingresada, es decir del 100% de materia prima que ingresa cuanto sale como producto de perfiles de aluminio conformado.

El cálculo se realiza, dividiendo los kilos Netos (Kilos de perfiles fabricados) dividido para el número de Materia Prima en kilos ingresado, multiplicado por 100%, ver la ecuación 1.

$$\text{RECOBRADO} = \frac{\text{kg Netos (kilos perfiles de aluminio conformado)}}{\text{kg Brutos (kilos de Materia Prima Ingresada)}} \times 100\% \text{ F.1}$$

La producción se entrega al área de acabados con una demanda diaria de 21,000 kilos para cada día con varios perfiles de diferentes secciones.

2.4 Declaración del problema a resolver

Existe una baja en el indicador de recobrado en el promedio del año 2019, en 1% por debajo de la meta que es el 82.5% en el proceso de Extrusión de la empresa productora de perfiles de Aluminio.

2.4.1 Planteamiento del problema:

Para plantear el problema vamos a realizar un cuadro resumen de preguntas como una guía con la finalidad de tener más claro el objetivo.

Tabla 2
Guía para el planteamiento del problema

¿Qué está mal?	El promedio del Recobrado del año no alcanza la meta de 82,5% del presupuesto anual
¿Dónde Ocurre?	Este indicador esta en el area de Extrusión
¿Desde Cuándo?	La disminución del Recobrado esta desde Abril del 2019 visualizado en los KPI de planta
¿Qué tanto	El recobrado ha bajado 0,71% en promedio de los ultimos 18 meses
¿Cómo lo sé?	El promedio desde que bajo el recobrado en los ultimos 18 meses es del 81,79% que se visualiza en los KPI de la planta Estrusora

(Fuente: Autor)

Para el planteamiento del problema se va a realizar la selección mensual de los indicadores de recobrado que se obtuvo de los datos históricos de los KPI de planta, desde enero del 2017, hasta agosto del 2020.

Los datos son los expuestos en la tabla 2:

Tabla 3
Datos mensuales del recobrado de enero 2017- agosto 2020

#	MES	RECOBRADO	PROMEDIO	META	#	MES	RECOBRADO	PROMEDIO	META
1	ene-17	83,69%	82,43%	82,50%	23	nov-18	81,89%	82,43%	82,50%
2	feb-17	82,87%	82,43%	82,50%	24	dic-18	82,95%	82,43%	82,50%
3	mar-17	81,61%	82,43%	82,50%	25	ene-19	83,71%	82,43%	82,50%
4	abr-17	82,88%	82,43%	82,50%	26	feb-19	84,58%		82,50%
5	may-17	83,26%	82,43%	82,50%	27	mar-19	83,05%	81,79%	82,50%
6	jun-17	83,07%	82,43%	82,50%	28	abr-19	80,92%	81,79%	82,50%
7	jul-17	83,18%	82,43%	82,50%	29	may-19	81,79%	81,79%	82,50%
8	ago-17	82,25%	82,43%	82,50%	30	jun-19	81,70%	81,79%	82,50%
9	sep-17	82,31%	82,43%	82,50%	31	jul-19	81,41%	81,79%	82,50%
10	oct-17	83,47%	82,43%	82,50%	32	ago-19	81,93%	81,79%	82,50%
11	nov-17	81,83%	82,43%	82,50%	33	sep-19	80,40%	81,79%	82,50%
12	dic-17	83,40%	82,43%	82,50%	34	oct-19	80,36%	81,79%	82,50%
13	ene-18	82,85%	82,43%	82,50%	35	nov-19	80,78%	81,79%	82,50%
14	feb-18	83,22%	82,43%	82,50%	36	dic-19	82,20%	81,79%	82,50%
15	mar-18	82,55%	82,43%	82,50%	37	ene-20	80,36%	81,79%	82,50%
16	abr-18	81,78%	82,43%	82,50%	38	feb-20	81,79%	81,79%	82,50%
17	may-18	82,22%	82,43%	82,50%	39	mar-20	81,35%	81,79%	82,50%
18	jun-18	82,45%	82,43%	82,50%	40	abr-20	82,96%	81,79%	82,50%
19	jul-18	84,04%	82,43%	82,50%	41	may-20	82,19%	81,79%	82,50%
20	ago-18	81,74%	82,43%	82,50%	42	jun-20	82,95%	81,79%	82,50%
21	sep-18	82,04%	82,43%	82,50%	43	jul-20	83,20%	81,79%	82,50%
22	oct-18	83,03%	82,43%	82,50%	44	ago-20	82,88%	81,79%	82,50%

(Fuente: Datos mensuales de los KPI de la planta extrusora, 2020)

Para determinar el comportamiento de los resultados vamos a desarrollar una gráfica del tiempo, en esta gráfica vamos a evidenciar el máximo valor alcanzado, para que nos sirva como valor real alcanzable que en la tabla 3; de los datos estadísticos descriptivos podemos observar que es de 84.578% de 44 datos

obtenidos desde enero del 2017 hasta septiembre del 2020. Para el gráfico de serie de tiempos de la figura 2.4 vamos a tomar dos promedios, ya que desde mayo del 2019 hay una baja significativa del indicador del recobrado, influenciado por el cambio de materias primas y el cambio a la producción de perfiles nuevos.

Tabla 4
Estadísticos descriptivos del recobrado, máximo valor

Estadísticos descriptivos: RECOBRADO									
Estadísticas									
Variable	N	N*	Media	Error estándar de		Varianza	Mínimo	Q1	Mediana
				la media	Desv.Est.				
RECOBRADO	44	0	0,82389	0,00148	0,00985	0,00010	0,80357	0,81784	0,82383
Variable	Q3	Máximo	Modo	N para		Asimetría	Curtosis		
				moda					
RECOBRADO	0,83062	0,84578	*	0	-0,26	-0,20			

(Fuente: Autor)

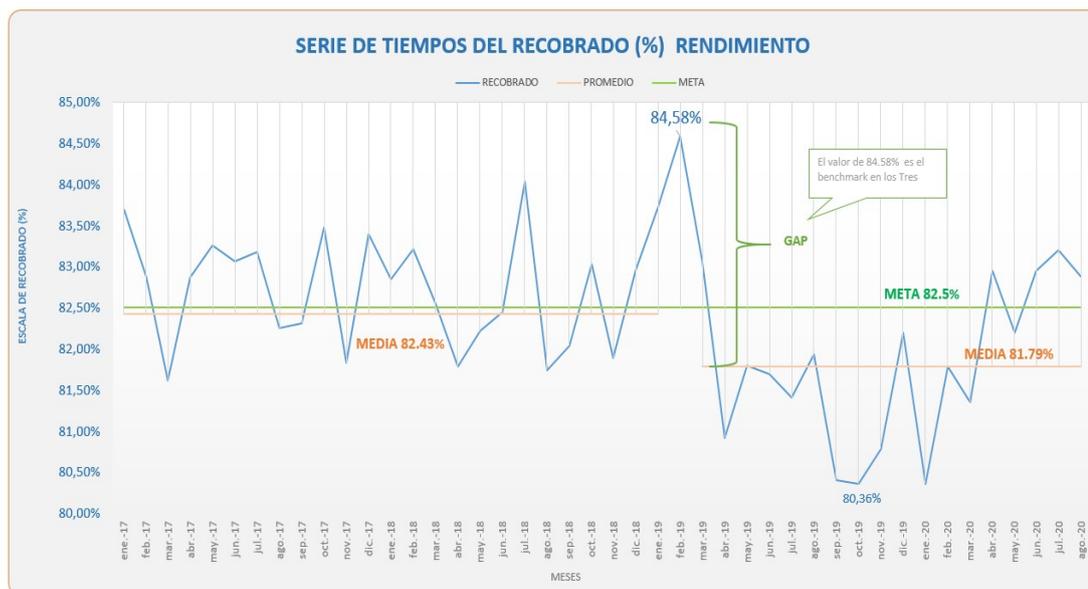


Figura 2.4 Serie de tiempos del recobrado de enero 2017 a septiembre 2020.

(Fuente: Autor)

Analizando la figura 2.4, se procede a tomar el valor de 84.58% como el benchmark como acuerdo con los directivos de la empresa y al ser el mejor valor alcanzado en la línea de tiempo, el mismo que servirá como punto para calcular el GAP y se tomará el promedio de los últimos 18 meses que es donde existen cambios de

materias primas y de nuevos productos que son los que van a estar presentes para los futuros años, este valor promedio es de 81.79% de recobrado.

El valor del GAP se calcularía de la siguiente forma:

GAP o Brecha = Mejor Valor alcanzado Recobrado - valor promedio de los últimos 18 meses del recobrado

GAP o Brecha = 84.58% - 81.79%

GAP o Brecha = 2.79%

Luego de obtenido el GAP de 2.79% debemos realizar una tabla para determinar el impacto económico de mejorar en 2.79% el Recobrado, para ellos vamos a determinar cuál es el valor económico de la mejora y para ello debemos saber el valor referencial del precio del aluminio en la bolsa internacional del LME.

Como se observa en la figura 2.4.1 el precio del aluminio según el LME de agosto del 2020 es de 1,760 dólares por tonelada o lo equivalente a 1.76 dólares el kilo de Aluminio.

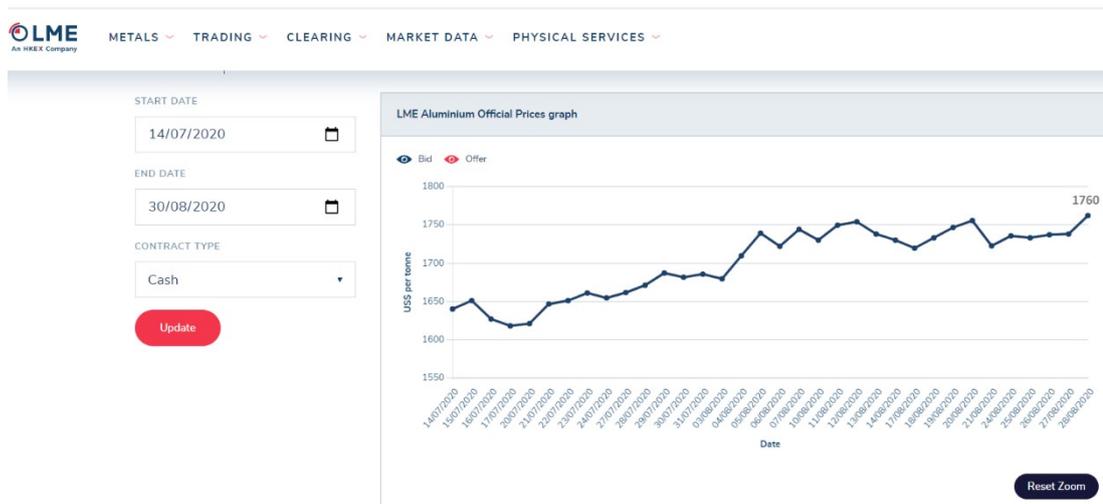


Figura 2.4.1 Precio del aluminio en toneladas de agosto 2020

(Source: LME - The London Metal Exchange)

En la tabla 5, se dividió el GAP en intervalos de 10% calculando con el valor de impacto económico con la mejora del Recobrado en el área de Extrusión, haciendo referencia al valor de la bolsa del LME.

La columna de los kilogramos de ahorro se construyó a partir de los kilos netos de promedio mensuales del 2019 multiplicados por el nuevo recobrado a obtener, para determinar los kilos anuales de ahorro por cada valor de recobrado obtenido.

Tabla 5
Porcentaje de aumento del GAP con el impacto económico

% AUMENTO DEL GAP	COSTOS USD	OBJETIVO DEL PROYECTO O COMPROMISO	KG AHORRO
100%	437.395 usd	84,58%	87.507 kg
90%	351.524 usd	84,30%	78.142 kg
80%	275.016 usd	84,01%	68.776 kg
75%	240.273 usd	83,87%	64.093 kg
60%	150.087 usd	83,44%	50.045 kg
50%	101.666 usd	83,16%	40.680 kg
40%	62.608 usd	82,88%	31.314 kg
30%	32.912 usd	82,59%	21.949 kg
25%	21.575 usd	82,45%	17.266 kg
10%	1.608 usd	82,02%	3.218 kg
0%	0 usd	81,74%	
VALOR LME x kg - AGOSTO 2020		1,76 USD	

(Fuente: Autor)

La tabla 6, presenta los pasos para definir el problema a resolver, siguiendo la metodología SMART, derivada de las siglas en inglés, Specific, Measurable, Achievable, Realistic y Timely, como se observa a continuación:

Tabla 6
Desglose del objetivo SMART del recobrado

S	SPECIFIC ESPECIFICO ¿Qué?	Se va a medir el promedio del recobrado
M	MEASURABLE MEDIBLE ¿Cuánto?	Se va a aumentar el recobrado en un 50% a partir del promedio actual de 81,79%
A	ACHIEVABLE ALCANZABLE ¿Cómo?	Se proyecta obtener un valor de 83,19% en el promedio del recobrado en los últimos 6 meses, estandarizando el proceso de los productos AAA y controlando el proceso
R	REALISTIC REALISTA ¿Con qué?	El 83,19% de recobrado esta entre los valores reales obtenidos en meses anteriores
T	TIME TIEMPO ¿Cuándo?	Aumentar el Promedio del recobrado desde Octubre del 2020 a Marzo del 2021

(Fuente: Autor)

2.5 Grupo de trabajo

El equipo de trabajo para el estudio, desarrollo e implementación del proyecto está compuesto como se indica a continuación:

- **Consejo directivo:** El Gerente General de la empresa extrusora.
- **Patrocinador:** Gerente de planta.
- **Jefe de proyecto:** El jefe del área de Extrusión / desarrollador del proyecto.
- **Propietario del proceso:** Jefe del área de Extrusión.
- **Miembros del equipo:**
 - Asistente de Extrusión.
 - Supervisor de Matricería.
 - Correctores de Matrices.
 - Operadores de Prensa.
 - Operadores de Estiradora.
 - Operadores de Sierra.

Los datos son proporcionados el desarrollador del proyecto con autorización de la gerencia de planta.

Con el presente grupo de trabajo se va a realizar reuniones para análisis de los componentes, las causas y para la implementación de mejora del recobrado.

2.6 Alcance del proyecto.

Para determinar el alcance del proyecto se va a utilizar la herramienta SIPOC (proviene del inglés Supplier-Input-Process-Output-Customer) con esta herramienta vamos a visualizar el inicio y el fin del proceso de Extrusión con todos sus componentes, entradas y salidas.

El problema actual es que no se alcanza el objetivo estratégico planteado del 82.5% del recobrado, viendo un decrecimiento del indicador, siendo este indicador el principal del área de Extrusión y uno de los principales de la planta por el impacto económico.

En la figura 2.5 se puede observar el alcance del proyecto se realizará en toda el área de extrusión iniciando desde la entrega de materias primas llamados billetes hasta terminar en entregar perfiles ya extruidos a las diferentes áreas para su acabado superficial o para su empaque con disposición final al distribuidor o al cliente final.



Figura 2.6 Diagrama SIPOC - proceso de extrusión

(Fuente: Autor)

2.7 Caracterización del proceso de extrusión

Debemos revisar la caracterización del proceso de extrusión para identificar las normas y políticas, con la finalidad de realizar el proyecto acorde a lo ya estipulado por la compañía.

- **Detalle organizacional del proceso de extrusión**

Se realiza un descriptivo resumen de la organización y definición del proceso de extrusión detallado en la tabla 7, para identificar los roles del proceso y responsables.

Tabla 7
Resumen organizacional del proceso de extrusión

PROCESO	
DEFINICIÓN:	Conformar los perfiles de aluminio mediante deformación plástica, obligándolo a pasar por la abertura de una matriz.
RESPONSABLE:	Jefe de Metales
RESPONSABILIDAD Y AUTORIDADES	Estipulados en perfiles de cargo según organigrama
INICIO:	Recepción de la materia prima (Billetsde Aluminio)
FIN:	Salida de los perfiles de aluminio del horno de envejecimiento

(Fuente: Autor)

- **Recursos del proceso de extrusión**

El proceso de extrusión involucra una infinidad de recursos, para lo cual se hizo un resumen para su mejor comprensión en la tabla 8.

Tabla 8
Recursos del proceso de extrusión

RECURSOS			
ORIGEN	NOMBRE RECURSO	ORIGEN	NOMBRE RECURSO
TALENTO HUMANO	Personal idoneo capacitado y competente	MANTENIMIENTO	Sierra de corte
ALMACEN	Billets de Aluminio	MANTENIMIENTO	Estradora
ALMACEN	Insumos para Extrusion	MANTENIMIENTO	Horno de envejecimiento
MATRICERIA	Matrices y herramienta	SISTEMAS	Sistemas informáticos
MANTENIMIENTO	Hornos de Billets	SISTEMAS	Sistemas de comunicación
MANTENIMIENTO	Horno de Matrices	SISTEMA INTEGRADO GESTION	Herramientas y equipos de Medición calibrados
MANTENIMIENTO	Sistemas de enfriamiento	SISTEMA INTEGRADO GESTION	Normas INEN y ANSI
MANTENIMIENTO	Prensa Hidráulico de 2000 toneladas	SISTEMA INTEGRADO GESTION	EPP's

(Fuente: Autor)

- **Diagrama del proceso de extrusión**

Se detalla en la figura 2.6 el diagrama del proceso de extrusión con cada uno de los componentes del sistema para la fabricación de perfiles, donde se puede observar que es un proceso en serie

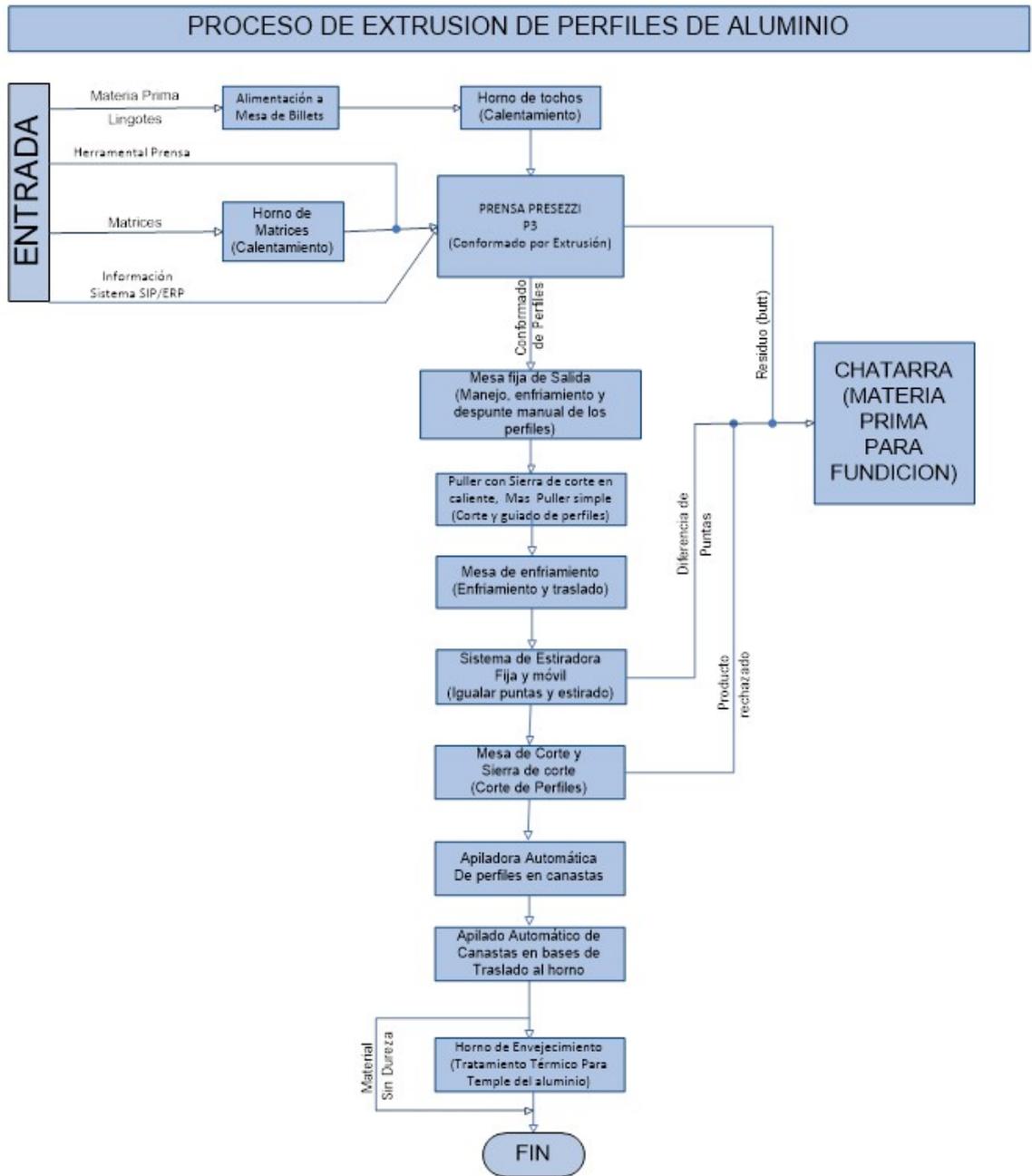


Figura 2.7 Diagrama de proceso de extrusión
(Fuente: Autor)

- **Indicadores del proceso de extrusión**

El proceso de extrusión tiene varios indicadores y su meta está planteada en base a los objetivos estratégicos de la empresa.

El objetivo principal es el del recobrado ya que si el recobrado es superior al 82.5%, es decir disminuye el rechazo, este indicador arrastra a la mejora por su propio resultado a la productividad y al costo por tonelada, ya que se puede obtener más perfiles de producto conforme en menos tiempo. Lo expuesto antes se resume en la tabla 9:

Tabla 9
Indicadores del proceso de extrusión

INDICADORES							
NOMBRE INDICADOR	UNIDADES	VALOR ACTUAL	FORMULA	OBJETIVO / META	PERIODICIDAD	FORMA DE OBTENCIÓN DE DATOS	RESPONSABILIDADES
Recobrado	%	81.79%	KILOS NETOS PRODUCIDOS / KILOS BRUTOS UTILIZADOS	> = 82.5%	Mensual	SIP - ERP	JEFE EXTRUSION
Productividad	kg/h	992	KILOS NETOS OBTENIDOS EN UNA HORA UTIL	> = 980 kg/h	Mensual	SIP - ERP	JEFE EXTRUSION
Cumplimiento de producción del Plan	%	92.3	KILOS EXTRUIDOS DEL PLAN / KILOS PLANIFICADOS	> = 95 %	Semanal	SIP - ERP	JEFE EXTRUSION
Costo por Tonneada Extruida	Usd/tn	402	DOLARES DE COSTOS/TON PRODUCIDOS NETOS	< = 360 usd/tn	Mensual	CONTROL DE COSTOS -FINANCIERO POR MAIL	JEFE EXTRUSION

(Fuente: Autor)

2.8 Objetivos del proyecto de titulación

Objetivo General:

Incrementar el recobrado en el área de Extrusión, en un 50% del promedio actual de 81.79% a un promedio del 83.19% en el periodo de octubre del 2020 a marzo del 2021, mediante la estandarización del proceso e implementación de un control estadístico del proceso.

Objetivos Específicos:

- Realizar un análisis mediante análisis causa raíz para determinar las causas principales que afectan el recobrado de Extrusión.
- Estandarizar el proceso para cálculo de chatarra programada mediante la implementación de una receta con parámetros de fabricación por producto para disminuir la variabilidad del recobrado.
- Realizar un control estadístico de las variables del proceso de Extrusión, mediante la implementación de cartas de control para variables
- Implementar la metodología DMAIC para seguir una secuencia ordenada en busca de un sistema de mejora continua para el indicador de recobrado en el proceso de extrusión.

2.9 Cuantificación de beneficios.

El valor del aluminio está determinado por la bolsa mundial del LME, al iniciar este estudio como se evidencio en la figura 2.4.1. El valor actual en agosto del 2020 fue de 1760 dólares la tonelada, el cual al incrementar de 81.79% a 83.19% se obtiene una mejora del rendimiento acumulando en kilos de 41,504 kilos teniendo un beneficio de ahorro económico anual de 101,901 dólares.

La idea de aplicar una metodología en el proceso de Extrusión es obtener una mejora continua y este valor si se siguen los pasos y controles del presente trabajo redirán ahorros significativos para la empresa como se muestra en la tabla 6.

CAPÍTULO 3

3 MEDICIÓN

3.1 Medición del recobrado.

Para la medición en la empresa extrusora se dispone de los datos del promedio diario del recobrado, los cuales vamos a realizar un registro de los datos que mantienen en el sistema ERP y SIP en la base de datos de producción de la compañía.

3.1.1 Mapeo de procesos.

La figura 3.1 representa el VSM como macro mapa del ciclo de producción de la empresa extrusora, comienza con la orden de producción y con el abastecimiento de la materia prima billets,

Aquí podemos observar que la Extrusión es un proceso en serie compuesto de varios equipos y áreas comenzando por la matricería con la preparación de los moldes, seguido tenemos la presa extrusora donde se va a convertir la materia prima en perfiles, la estiradora donde se estiran los perfiles para dejarlos rectos, la sierra de corte para cortar los perfiles al largo solicitado, el apilador de canastas donde se almacenan los perfiles y al final el horno de maduración de los perfiles.

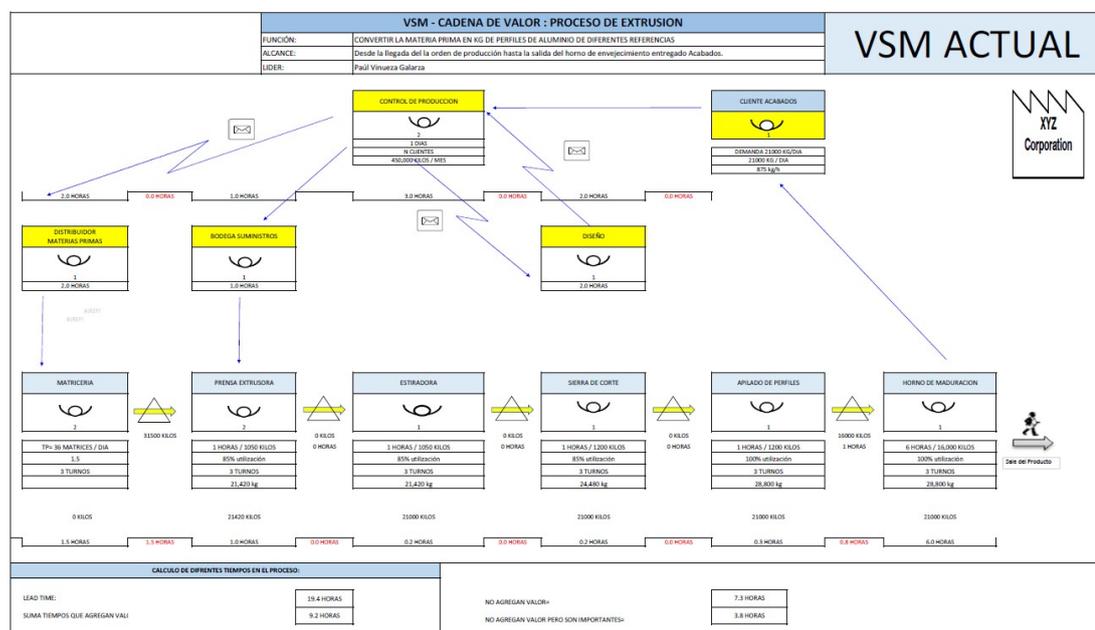


Figura 3.1 VSM actual del proceso de extrusión

(Fuente: Autor)

En esta primera sección se desarrolló el estudio de los procesos mencionados en la figura 3.1 con la finalidad de determinar la secuencia y mejor entendimiento del proceso de extrusión.

3.2 Determinación de variables del proceso de extrusión:

El proceso de extrusión involucra muchas variables, tanto de entrada como de salida y estas variables tienen influencia en diferentes aspectos del proceso, por ello nos vamos a enfocar en determinar las variables para poder medirlas o realizar un plan de registro y recolección de datos:

Las variables de entrada son:

- Velocidad de extrusión
- Presión hidráulica de extrusión
- Temperatura de billet
- Temperatura de matriz
- Largo de billet
- Largo de Butt
- Porcentaje de enfriamiento
- Kilos de materia prima o kilos brutos

Las variables de salida son:

- Temperatura de salida del perfil
- Largo de perfil en mesa
- Kilos netos de perfil extruido
- Kilos de chatarra planificada
- Kilos de chatarra no planificada
- Dureza del perfil

Todas estas variables solo existen datos de materia prima utilizada llamada kilos brutos y los perfiles producidos llamados en el proceso como kilos netos, de esta diferencia tenemos la chatarra generada en el proceso, de las otras variables no existe un registro histórico ya sea por producto o por turno, los cuales se encuentran en las pantallas de operación.

3.3 Recolección de datos

La presente recolección de datos está enfocada en analizar las fuentes de rechazo del recobrado, para ellos vamos a dividir dos tipos de chatarras que serían:

- Chatarra planificada de proceso.
- Chatarra no planificada.

3.3.1 Chatarra planificada:

Chatarra planificada: Es la chatarra generada por el propio proceso, y está compuesta por dos chatarras principales que son:

- Chatarra de Butts.
- Chatarra de despuntes.

La chatarra de butts; al ingresar el pedazo de billet de materia prima al contenedor al momento de la compresión entran en contacto el billet con la superficie del metal que contiene óxidos e impurezas, por ello antes que se presione toda la materia prima al final se quedan estos restos de impurezas y óxidos que para que no ingresen al perfil el momento de la extrusión se deja una parte que en el proceso de Extrusión, la llaman butt, como se puede apreciar en la Figura 3.1.1, esta sería la chatarra de butt

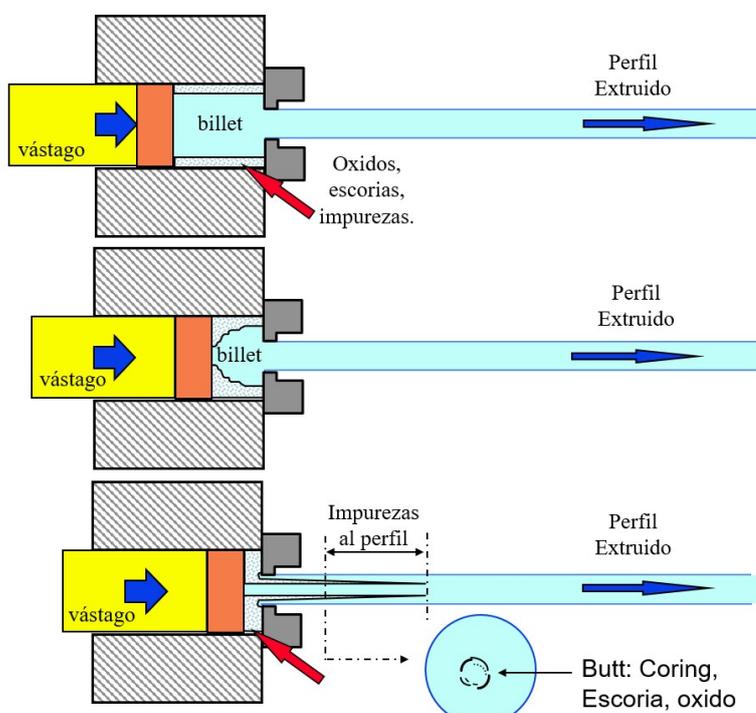


Figura 3.3.1 Esquema del butt en el proceso extrusión

(Fuente: Autor)

La chatarra de despuntes es la generada después de que los perfiles son extruidos al largo óptimo de mesa, es decir, cuando el perfil es extruido en el caso de la fábrica hasta un máximo de 50 metros, estos perfiles largos pasan por el proceso de estirado y para estirar el perfil a cada extremo de la estiradora se encuentran

ubicados dos mordazas mecánicas que se accionan sujetando los perfiles en los extremos, estas puntas donde se sujetó el perfil quedan aplastadas y a estas puntas se les llama despuntes los cuales se cortan en la sierra y el largo de los despuntes varía de acuerdo a la forma del perfil y las tolerancias del plano, el estándar de despunte es en el extremo inicial de 0.8 metros y en el extremo final de 1 a 1.2 metros (Ver figura 3.3.1.1).

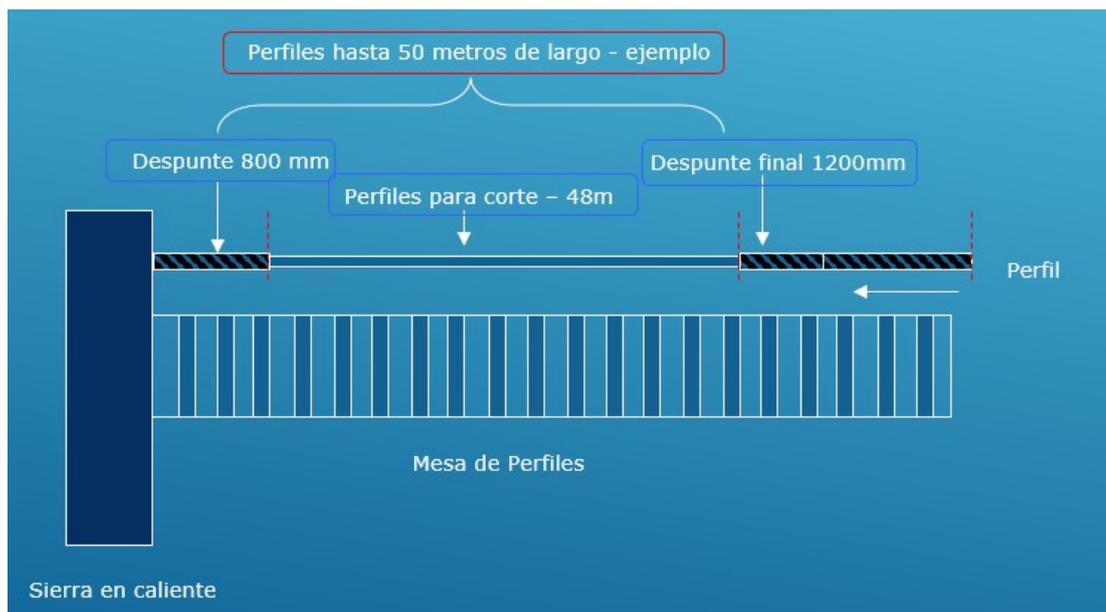


Figura 3.3.1.1 Esquema de chatarra por despuntes en el proceso extrusión

(Fuente: Autor)

3.3.2 Chatarra no planificada:

Chatarra no planificada: es la chatarra que se genera después del proceso de corte, con los perfiles que se rechazan por algún desperfecto superficial, porque no cumple la dimensión del plano, porque tiene una causa asociada a las materias primas, a la manipulación, al ajuste de la maquina o al diseño de la matriz, existe un número considerable de causas, pero para el presente trabajo nos vamos a enfocar en realizar las causas principales que nos indicaron en el proceso de extrusión con la finalidad de ser más asertivos con los datos.

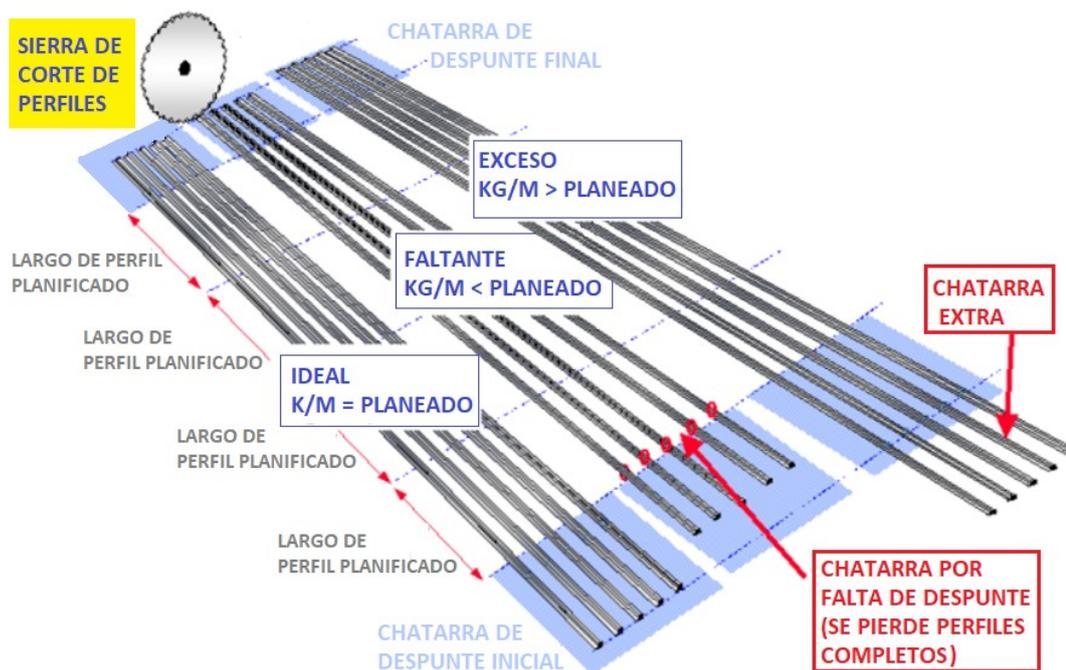


Figura 3.3.2 Gráfico perfiles en mesa de extrusión y sus diferentes causas de chatarra no planificada

(Fuente: Autor)

3.3.3 Recolección de datos de las chatarras generadas en extrusión.

Se creó la Tabla 10, como formato para que se llene de forma manual en la sierra las diferentes causas de chatarras ya sean estas planificadas o no, estas causas que se colocaron son causas que fueron levantadas con el personal de proceso, supervisor y la jefatura del área.

Como se evidenció en la forma de trabajo en la sierra de corte, se rechazan perfiles enteros por las diferentes causas asociadas, para ello y para que los operarios de sierra no pierdan tiempo en los registros se va proceder a registrar solo el número de piezas y el largo, para luego tabular todos estos datos en una tabla de Excel.

Para determinar el cálculo se va asociar cada causa con la fecha, y con el número de referencia.

3.4 Medición de datos del recobrado

Los datos principales van a ser los obtenidos del recobrado, para los cuales es importante conocer su comportamiento y su composición.

3.4.1 Datos de recobrado por producto:

Se realizó un levantamiento de datos de recobrado por producto, para todos los productos del año 2020 que tengan pedidos mayores a 300 kilos con la finalidad de revisar sus valores de recobrados y sus rangos, estos datos están adjuntos en el Anexo D, los cuales fueron 389 productos o referencias.

Se realizó un resumen de los datos descriptivos con Minitab, donde podemos observar en la figura 3.4.1 que el valor mínimo es de 0.5601 o 56.01% y que el valor máximo es de 90.96%, es decir que los valores por producto tienen una variación ya sean esta por su forma, por su peso por metro.

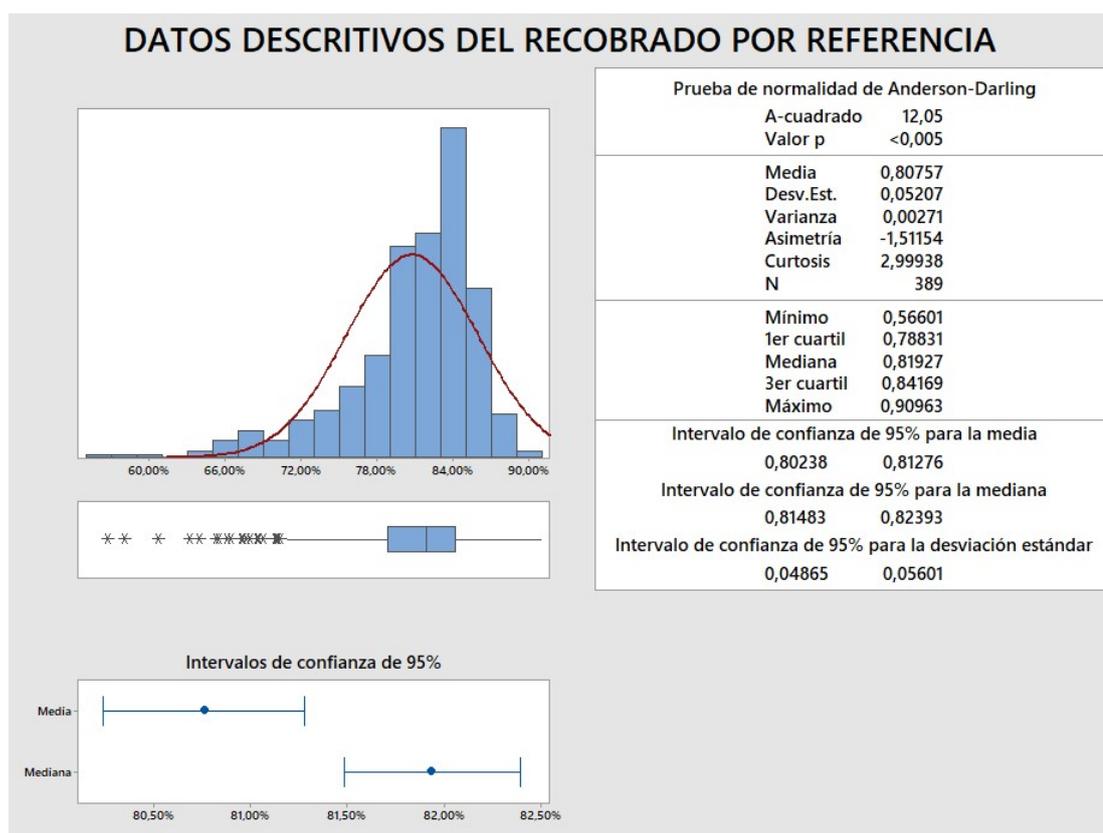


Figura 3.4.1 Resumen de datos descriptivos por referencia de enero – septiembre del 2020

(Fuente: Autor)

En el histograma se observa que la mayoría de productos están con resultados del 82% es decir la mediana para una confianza del 95% está entre 81.48% del recobrado y 82.39%, mientras que la media es de 80.76%, en el gráfico de intervalos de confianza están muy desalineados la media con la mediana entendiéndose que existe un rango de valores muy largo.

Se puede revisar en el diagrama de cajas que debajo del 72% del recobrado existen muchos valores atípicos, más de 29 valores. Esta revisión de datos nos sirve para saber que dependiendo los pedidos o la forma del producto estos tienen una alta variabilidad, algunos por su misma naturaleza de conformación en la producción.

También podemos revisar en la figura 3.4.1 que el valor p es menor a 0.005 y por su alta variabilidad se puede concluir que no son datos normales.

De las conversaciones mantenidas con el personal operativo y los encargados del proceso de extrusión, en cada producción de 24 horas mantienen 3 turnos de 8 horas. Cada turno produce un promedio de 7 toneladas de perfiles de aluminio y se pueden fabricar hasta 18 referencias por turno, es decir esta variación puede ser muy alta en un turno, por ello el indicador del recobrado como indicador de planta se lo lleva por día.

Este dato es muy importante para tomar los datos diarios del recobrado con la fuente principal para su posterior análisis.

3.4.2 Datos de recobrado diario:

Los datos a obtener son los resultados diarios de cada mes en el lapso de abril 2019 a septiembre 2020, los datos se obtuvieron de la base de datos de producción de la empresa llamado SIP, y se encuentran en una sola columna en el anexo A. Estos son datos continuos y son resultados de todas las producciones de los perfiles, para ello se va a evaluar todas las producciones con recobrados en aleaciones 6063 arquitectónicas, ya que las aleaciones estructurales 6061 y 6005 por su alta dureza y oposición a la extrusión producen mayor desperdicio y estos serían datos atípicos.

Se debe considerar que el recobrado está dado en porcentaje, y que, al extraer los valores, estos se analizarán por ejemplo de 80% de recobrado se utilizará el valor de 0.8 en la tabla asignada.

Vamos a utilizar Minitab, con los 368 datos obtenidos del recobrado diario, para determinar un análisis de datos con la prueba de normalidad y obtener un resumen de los principales datos estadísticos descriptivos.

En la figura 3.4.2 podemos observar que en el histograma de datos del recobrado tenemos un descentramiento de la media 0.81419 con la mediana de 0.81706 con la mayoría de datos en el tercer y cuarto cuartil, también se puede apreciar que existen datos atípicos a partir de la medida de 0.72 para abajo.

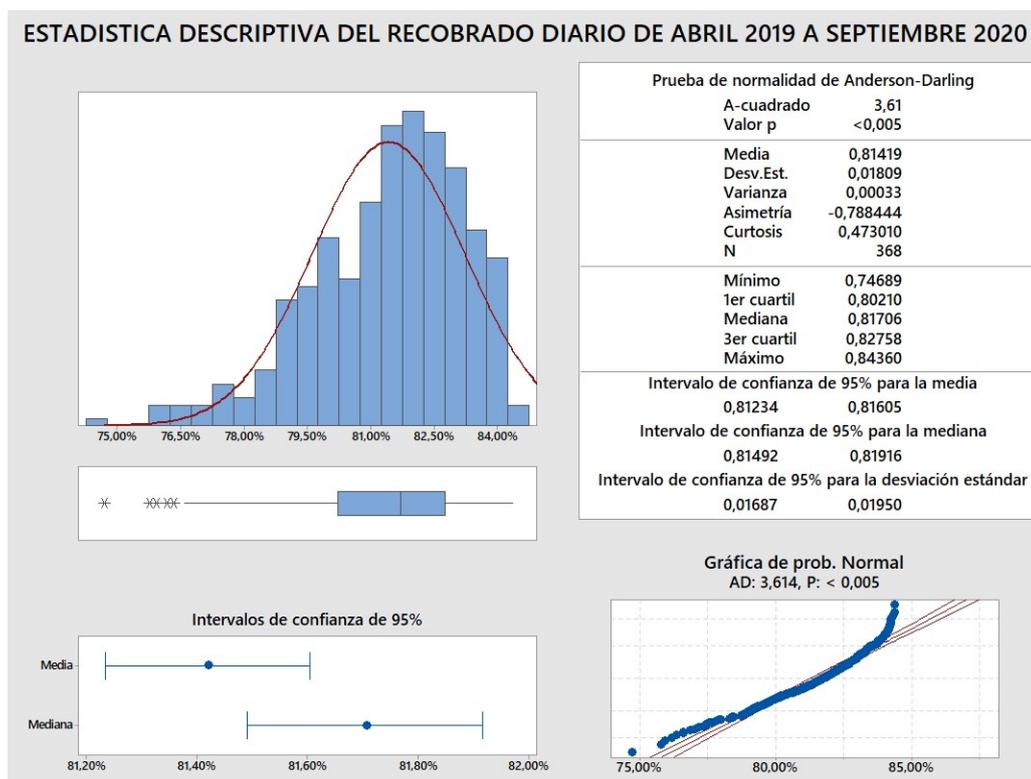


Figura 3.4.2 Recobrado - estadística descriptiva y prueba de normalidad

(Fuente: Autor)

Vemos en la gráfica de probabilidad normal, que existen varios puntos que están fuera de las líneas con un valor p menor a 0.005 que nos confirma que son datos no normales, para ello vamos determinar cuál es el valor p más adecuado.

Se procede a realizar los gráficos en Minitab con la finalidad de encontrar el Valor P, mayor al alfa de 0.05, las gráficas a realizar son:

- Gráfico Normal
- Gráfico lognormal
- Gráfico gamma
- Gráfico exponencial
- Gráfico logística
- Gráfico weibull
- Gráfico Loglogisca

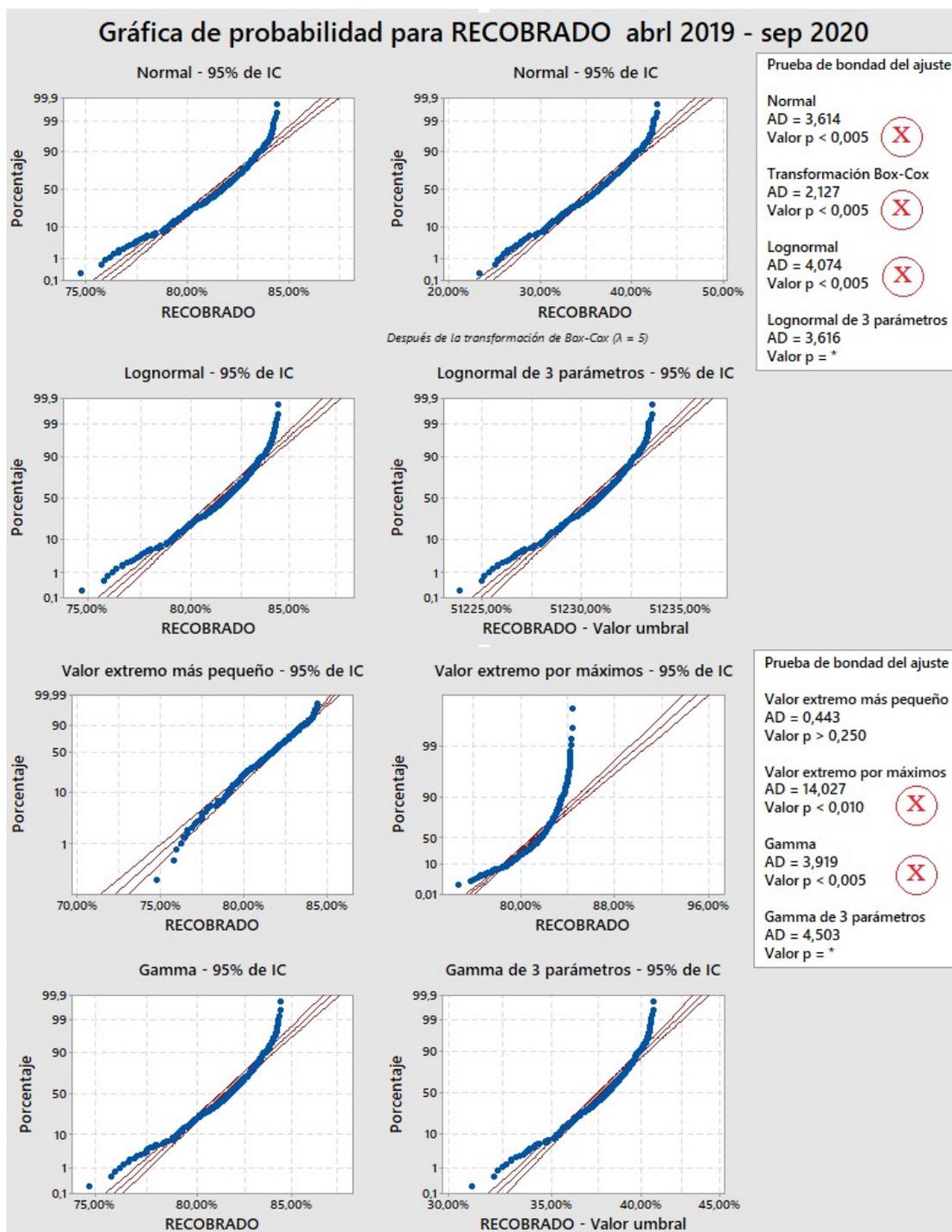


Figura 3.4.2.1 Recobrado – gráficas de normalidad A

(Fuente: Autor)

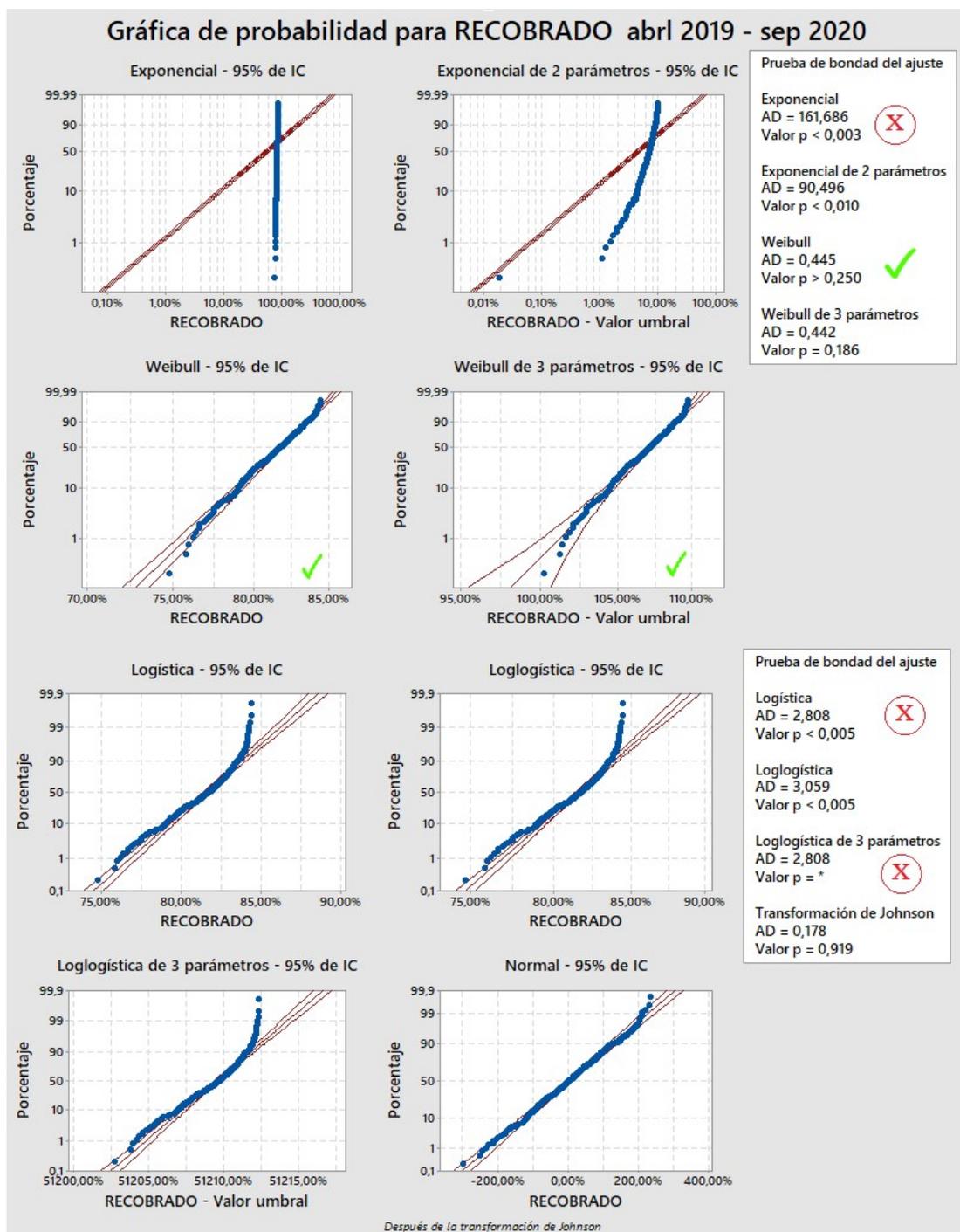


Figura 3.4.2.2 Recobrado – gráficas de normalidad B

(Fuente: Autor)

En las figuras 3.4.2.1 y 3.4.2.2 podemos observar todas las gráficas de normalidad, evidenciando que en todos los gráficos a excepción de la gráfica de Weibull, donde se señala con un visto, todos los valores salen de los límites; también podemos observar en las transformaciones por ejemplo de la figura 3.4.2.2 de loglogística después de la transformación de Johnson tenemos un valor p de 0.919, pero es un valor ajustado algo que para hacer comparaciones futuras de mejora no se podría aplicar.

En resumen, la gráfica más ajustada con valor P indicado es la de Weibull para estos datos iniciales no normales.

3.5 Capacidad de proceso del recobrado.

Para determinar la capacidad del proceso del recobrado vamos medir los resultados del recobrado diario desde que existe una caída del recobrado desde abril del 2019 hasta septiembre del 2020 que es punto de partida del presente estudio. Los datos se encuentran en el Anexo A.

Como se revisó en la figura 3.4.2, estos datos no pasaron la prueba de normalidad motivo por el cual se procedió a realizar otros tipos de gráficos de probabilidad y se determinó según la gráfica de la figura 3.4.2.2 que la que tenía un valor p mayor a era la gráfica de Weibull, con esta premisa se va a graficar estos datos con esta distribución para determinar la capacidad de proceso.

Debo también mencionar que el objetivo estratégico del recobrado de la compañía para el área de Extrusión es de 82.5%, que se menciona en el capítulo 2, en la tabla 9, en la caracterización del proceso de Extrusión; sabiendo que mientras más alto sea este valor menos chatarra se genera. Lo ideal sería mantener el 82.5% como el límite inferior del proceso pero por la producción anual de más de 800 perfiles como se indica en los datos de la figura 3.4.1 que se fabrican en diferentes largos llegando a tener más de 2500 productos con diferentes recobrados que varían por las formas, tamaños y tipos de perfiles. Teniendo como mínimo resultados de 56% y como valor máximo recobrados de 90%, debido a esta variación se ha determinado un límite inferior de 79% como valor mínimo para tener un recobrado por referencia.

Con estos datos procedemos a realizar la gráfica de distribución Weibull con la ayuda de Minitab.

Como se observa en la figura 3.5, se obtiene como resultado la media de 81.419% restando 3 desviaciones estándar tenemos como límite inferior del proceso natural de 76.99%.

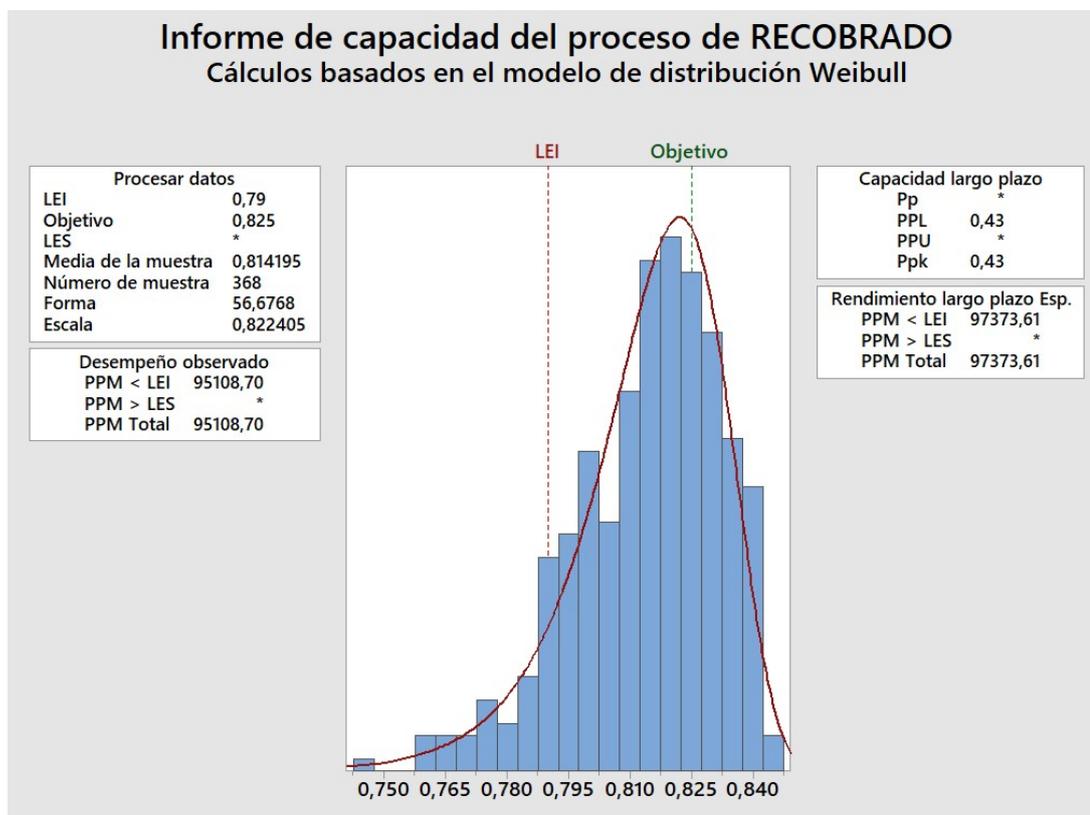


Figura 3.5 Recobrado – modelo de distribución de Weibull

(Fuente: Autor)

Se ingresaron al software Minitab 368 valores del recobrado que son las mediciones diarias del recobrado de la totalidad de los perfiles extruidos de cada día, y se graficó con una distribución de Weibull.

Revisando los resultados del Minitab del recobrado en la gráfica distribución de Weibull, de la figura 3.5 se observa que no existe un Cp por la razón que no tenemos un límite superior solo un límite inferior, pero si tenemos un valor de Cpk que se obtiene de calcular con el límite inferior de 79% obteniendo un Cpk de 0.43,

3.6 Problema enfocado resultado de los datos del recobrado

Se evidencia un descontrol en el proceso resultado de un Cpk de 0.43 que nos indica que al ser un valor menor a 1 de lo citado en la sección 1.3.5 que se determina que es un proceso incapaz, con alto porcentaje de producción defectuosa adicional lo revisado la sección 3.4, existe una alta variabilidad con los datos del recobrado de extrusión, los cuales al evaluarse no pasaron la prueba de normalidad con un valor p menor al alfa mínimo de 0.05, indicando que existen una gran cantidad de valores fuera de especificación resultando en un aumento de chatarra.

CAPÍTULO 4

4 ANÁLISIS

Para la etapa de análisis hay que recordar que tenemos dos tipos de chatarras que afectan al rendimiento del recobrado que son la chatarra planificada y la chatarra no planificada, para este análisis vamos usar herramientas como Ishikawa, diagramas de Pareto, matriz de priorización y análisis causa efecto con el objetivo de determinar las causas latentes o potenciales que afectan el incremento de la chatarra.

4.1 Análisis de datos de chatarras planificadas:

Como se indicó en el capítulo 3, la chatarra planificada está basada en el cálculo de largo de billets, basado en el peso por metro del perfil para producir un aproximado de 50 metros de perfil incluyendo la chatarra de despuntes y los butts como se muestra en la figura 3.3.1.

Para obtener un mejor rendimiento de la chatarra planificada depende de varias variables de entrada del proceso de extrusión las cuales vamos analizar las de mayor importancia y también vamos hacer un análisis de causas o factores que influyen al aumento de la chatarra y consecuencia de un bajo recobrado.

4.1.1 Herramienta causa efecto utilizando Ishikawa para chatarra planificada.

Las siguientes causas potenciales fueron generadas en conjunto con los supervisores y el jefe de extrusión; también se entrevistó con los operadores de presa, estiradora y sierra en sus puestos acerca de las posibles causas.

Los factores presentados en la figura 4.1.1, corresponden a los eventos que han provocado una baja en el recobrado y por consecuencia se incrementa la chatarra que ya fue planificada, pero por alguna consecuencia externa como materias primas, diferentes operadores o hasta el mismo procedimiento.

Con el grupo de trabajo, se registraron varias notas acerca de las posibles causas potenciales, muchas de ellas eran similares y se llegó a un consenso para en lo posible no repetir las causas en los diferentes análisis:

Adicional cuando se empezó a tomar notas de las diferentes causas solicitamos si tenemos de algunas de estas causas una valoración numérica o una base de datos para utilizarla posteriormente con herramientas de análisis numérico, pero de ninguna de ellas se tenía un respaldo o estadística de lo mencionado.



Figura 4.1.1 Diagrama Ishikawa de la “Y” incremento de chatarra planificada

(Fuente: Autor)

4.1.2 Causa – Efecto de la chatarra planificada:

Para el desarrollo de la matriz Causa – Efecto se toman en cuenta todas las posibles causas identificadas en la figura 4.1.1 que se detallan en la tabla 12, y se definen los criterios de ponderación en la tabla 11, considerando la frecuencia con la que suceden los rechazos y el impacto que generan en el recobrado.

Tabla 11
Factores de causalidad

CRITERIOS DE INFLUENCIA	
FRECUENCIA	IMPACTO
0 = NO OCURRE	0 = NO PRODUCE RECHAZO
1 = UNA VEZ POR MES	1 = EL RECHAZO ES MENSUAL
3 = UNA VEZ CADA SEMANA	3 = EL RECHAZO ES SEMANAL
9 = TODOS LOS DIAS	9 = EL RECHAZO ES DIARIO POR TURNO

(Fuente: Autor)

Tabla 12
Matriz causa – efecto de la chatarra planificada

CAUSAS POTENCIALES DE AUMENTO DE CHATARRA PLANIFICADA					
CODIFICACION Y ANALISIS CAUSA EFECTO					
MATRIZ PONDERADA - ANALISIS CAUSA/EFECTO					
IDENTIDAD	CAUSA	EFECTO	IMPACTO (10)	FRECUENCIA (7)	TOTAL
X1	MATRICES DEFECTUOSAS	NO SE CONFORMA EL PERFIL Y SE RECHAZA MAS KG	3	9	111
X2	MATERIA PRIMA CON IMPUREZAS	BILLETS CON IMPUREZAS SE RECHAZA MAS PERFILES	3	3	51
X3	NO EXISTEN PARAMETROS PRODUCCION	LOS DESPUNTES, BUTTS Y PERFILES VARIAN AUMENTANDO REC.JAZO	9	9	153
X4	BUTT DIFERENTE TAMAÑO	SE DESPERDICIA MATERIAL	3	9	111
X5	EQUIPOS MAL CALIBRADOS	CAUSAS RECHAZOS COMO DAÑO EN PERFILES, DESPUNTES MAS LARGOS, PERFILES DEFORMADOS	3	3	51
X6	NO HAY MEDIDAS DE VARIABLES	NO EXISTE CHATARRA PLANIFICADA MAS DESPERDICIOS	9	9	153
X7	PERSONAL NO PREPARADO PARA CORRECCION MATRICES	INCREMENTA LAS MATRICES DEFECTUOSAS Y LOS PERFILES SE DEFORMAN CAUSANDO RECHAZOS	3	9	111
X8	OPERADORES COLOCAN DIFERENTES PARAMETROS DE EXTRUSION	AUMENTA LA CHATARRA PLANIFICADA	3	9	111
X9	TEMPERATURA HORNO ELEVADA DE BILLET MAL CALIBRADO	PERFILES NO CONFORMAN Y AUMENTAN LA CHATARRA	3	3	51
X10	PULLER MAL SINCRONIZADOS	PERFILES SE DEFORMAN Y AUMENTA LA CHATARRA PLANIFICADA	3	3	51
X11	CIZALLA NO CORTA EL LARGO DE BILLET PEDIDO	SE DESPERDIA ALUMINIO INCREMENTA LA CHATARRA PLANIFICADA	3	3	51
X12	NO HAY CONTROL DE PROCESO	ENTRE TURNOS CON LAS MISMAS REFERENCIAS AUMENTA LA CHATARRA	3	9	111

(Fuente: Autor)

4.1.3 Causa efecto de las Variables

En la tabla 13 se realizó una matriz con las variables de entrada y las variables de salida del proceso de extrusión, asignando una ponderación con las variables de salida que influyen directamente en el aumento de chatarra planificada; teniendo tres valores ponderados en las variables de salida siendo 1 poca influencia en el recobrado, 5 una incidencia media en el recobrado y 9 una incidencia alta.

Para la evaluación de las variables del proceso se colocó en la tabla 13, el valor de 1 para los que tienen baja relación y baja ponderación, el valor de 5 para las variables que tienen media relación y baja ponderación y el valor de 9 para los que tienen alta relación y alta ponderación.

El objetivo principal en esta sección es identificar las causas más relevantes que genera la disminución del recobrado o el efecto de incremento de las chatarras planificadas, para ello vamos usar la herramienta de Ishikawa buscando las posibles causas utilizando como distributivo las 6m. Como se detalla en la figura 4.1.1

Tabla 13
Matriz de priorización de variables para el recobrado

Matriz Priorización de Variables en la Extrusión						
Variables de Entrada	Variables de salida	Temperatura de Salida Perfil	Dureza del Perfil	Largo del perfil en mesa	Kg netos	Total
	Ponderación ==>	1	5	9	9	
Variables de Entrada	Variable de proceso - Velocidad extrusión	5	5	1	5	84
	Variable de proceso - Temperatura Billet	9	9	1	5	108
	Variable de proceso - Largo del billet	5	1	9	9	172
	Variable de proceso - Largo del butt	1	1	9	9	168
	Variable de proceso - Temperatura de la Matriz	1	5	1	5	80
	Variable de proceso - Porcentaje de enfriamiento	9	9	1	1	72
	Variable de proceso - Presión de la Prensa	5	5	1	5	84
	Variable de proceso - kg materia Prima	1	1	5	9	132
	Variable de proceso - tipo materia prima	1	5	1	5	80
	Variable de proceso - Operador de prensa	5	5	5	1	84
	Variable de proceso - Diseño Matriz	5	5	5	5	120
	Variable de proceso - Química del Billet	1	9	1	5	100

(Fuente: Autor)

Realizando un diagrama de Pareto, los resultados obtenidos en la matriz causa efecto de la tabla 12 y 13 se genera la figura 4.1.3 concentrándose el análisis en 2 posibles causas que generan el 27% de los problemas, hay que aclarar de las causas X3 y X6 son causas de origen similar, las causas serían las siguientes:

- X3: No existen parámetros de producción que influye en un 13.7% como causal.
- X6: No hay medidas de Variables asignadas a referencias 13.7% como causal.

En las causa X6 se puede priorizar las medidas de las variables que más influyen resultado de la matriz de la tabla 13

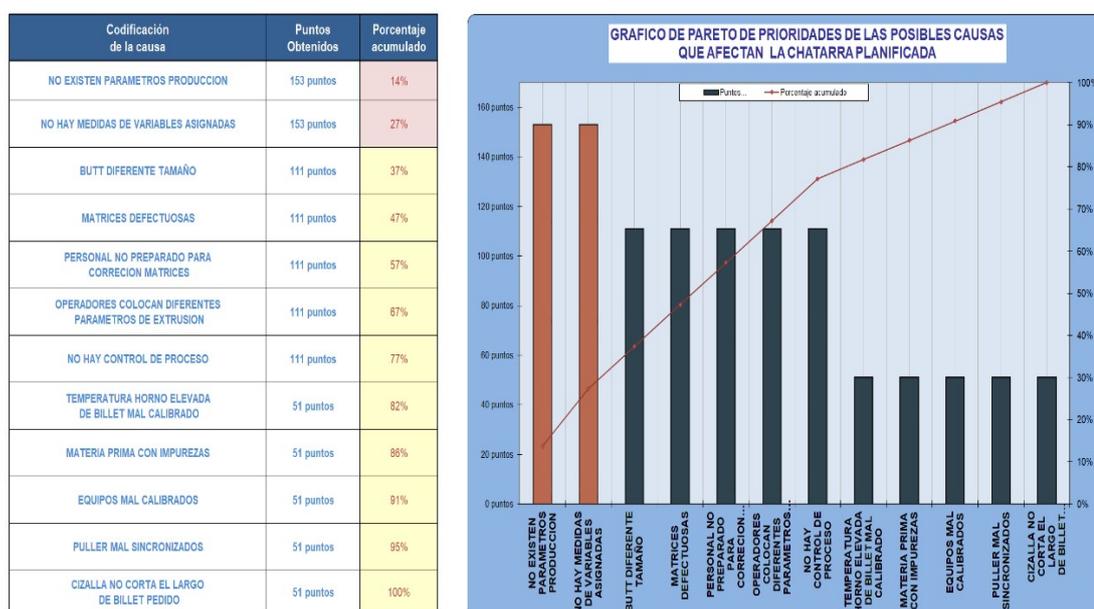


Figura 4.1.3 Priorización de causas del análisis - Pareto

(Fuente: Autor)

4.2 Análisis de datos de chatarras no planificadas:

Con los datos obtenidos con el formato de la tabla 10 que fueron registrado por los operarios de sierra en el mes de octubre 2020 y que se hizo una recolección de datos por turno, que se encuentran en el anexo F; con estos valores de rechazos transformados a kilos se realizó el grafico de Pareto de la figura 4.2 para analizar cuáles son las causas que más rechazo en kilos generan; cabe recalcar que antes de empezar el presente desarrollo del proyecto eran conocidas, pero no cuantificadas.

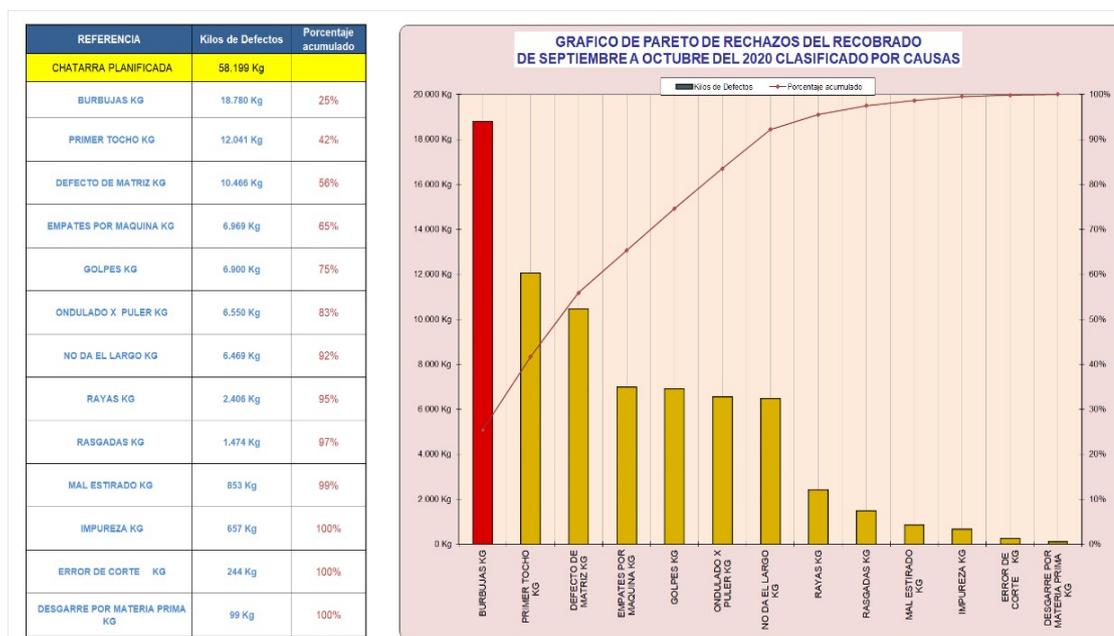


Figura 4.2 análisis de Pareto de las chatarra no planificadas del recobrado
(Fuente: Autor)

En la figura 4.2 podemos observar que la mayor causa de rechazo de chatarra no planificada en extrusión es el rechazo por burbujas, con un 25% del rechazo total, por ende, se debe centrar en buscar las causas que generan este rechazo para minimizarlo.

Existen varias herramientas para este estudio se va aplicar el análisis con la herramienta de Ishikawa.

4.2.1 Análisis de Ishikawa de las causas de chatarra no planificada:

Como se revisó en la figura 4.2.1 La mayor causa de chatarra planificada fue el rechazo por burbujas, para la cual vamos a realizar un análisis de Ishikawa para determinar las posibles causas potenciales

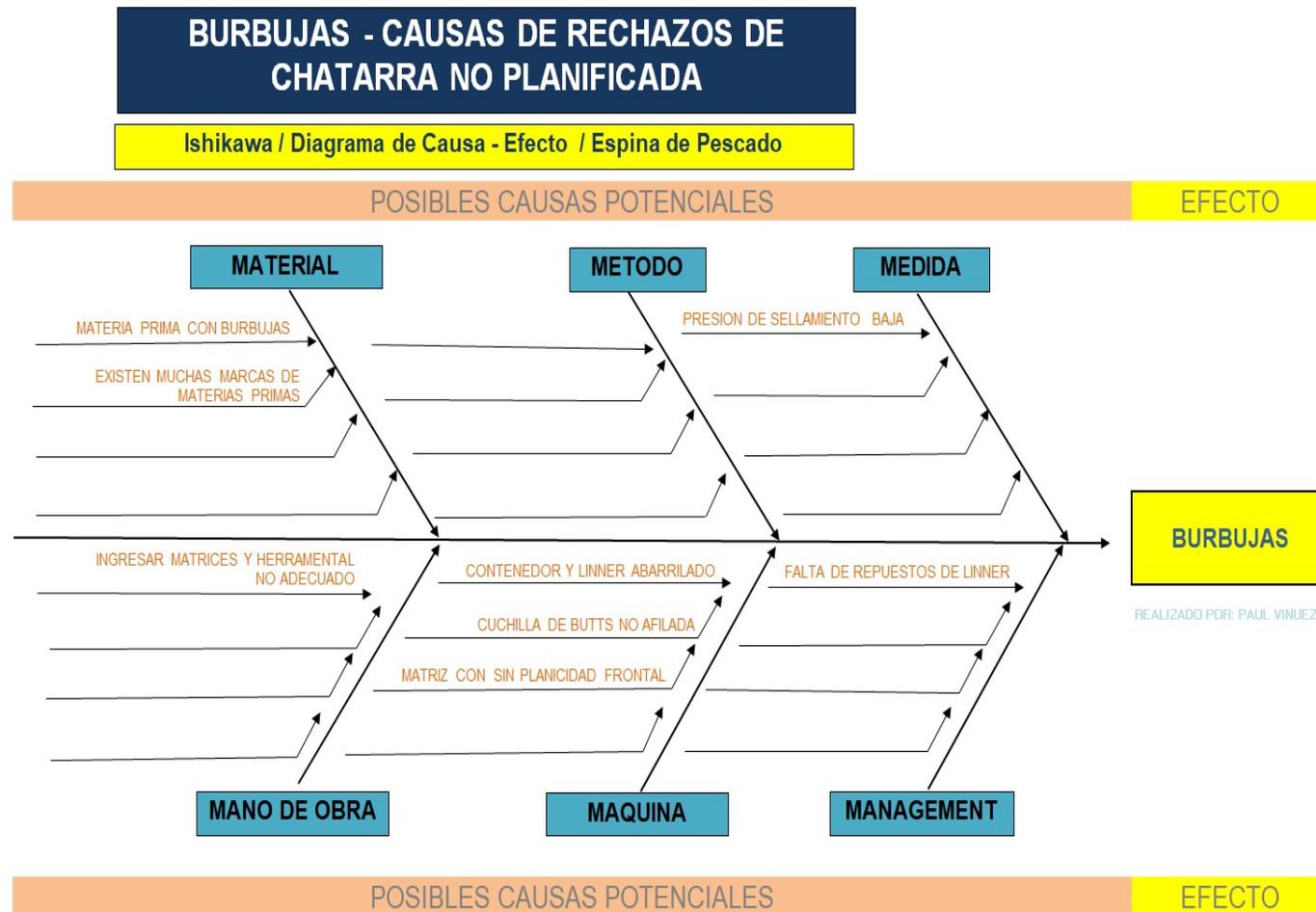


Figura 4.2.1 Diagrama Ishikawa de la “Y” burbujas

(Fuente: Autor)

4.2.2 Causa – Efecto de chatarra no planifica:

Para el desarrollo de la matriz Causa – Efecto se toman en cuenta todas las posibles causas encontradas en la figura 4.2.2 del diagrama de Ishikawa y se definen los criterios de ponderación en la tabla 11, considerando la frecuencia con la que suceden los rechazos y el impacto que generan en el recobrado.

La matriz causa efecto con lo analizado con Ishikawa y evaluando la ponderación de la tabla 12, se registró las causas con sus valores generados en la tabla 14.

Tabla 14
Matriz causa – efecto de la causa burbujas

CAUSAS POTENCIALES DE BURBUJAS					
CODIFICACION Y ANALISIS CAUSA EFECTO					
MATRIZ PONDERADA - ANALISIS CAUSA/EFECTO					
IDENTIDAD	CAUSA	EFECTO	IMPACTO (10)	FRECUENCIA (7)	TOTAL
XB1	MATERIA PRIMA CON BURBUJAS	APARECE BURBUJAS EN LOS PERFILES DE ALUMINIO	9	3	93
XB2	EXISTEN MUCHAS MARCAS DE MATERIAS PRIMAS	RECHAZOS POR CAUSAS VARIAS BURBUJAS	3	1	31
XB3	PRESION DE SELLAMIENTO BAJA	SI NO SELLA LA MATRIZ CON EL EL HERRAMENTA PUEDE ENTRAR BURBUJAS AL PERFIL	3	1	31
XB4	INGRESAR MATRICES Y HERRAMENTAL SIN PLANICIDAD	AL NO SELLAR PUEDE INGRESAR AIRE A LA MATRIZ Y AL PERFIL PRODUCIDO	3	3	51
XB5	CONTENEDOR Y LINNER ABARRILADO	EN LA PARTE INTERMEDIA QUEDA AIRE ATRAPADO Y ESTE INGRESA A LOS PERFILES DE ALUMINIO	9	9	153
XB6	CUCHILLA DE BUTTS NO AFILADA	AL NO REALIZAR UN CORTE LIMPIO QUEDAN RESIDUOS DE AIRE QUE INGRESAN AL PERFIL	3	9	111
XB7	MATRIZ SIN PLANICIDAD FRONTAL	SI NO SELLA LA MATRIZ CON EL EL HERRAMENTA PUEDE ENTRAR BURBUJAS AL PERFIL	3	3	51
XB8	FALTA DE REPUESTOS DE LINNER	SIN EL CAMBIO DE ESTE REPUESTO VA CONTINUAR INGRESANDO AIRE A LOS PERFILES.	3	3	51

(Fuente: Autor)

Con esta ponderación obtenida de la tabla 12, que se evaluó en conjunto con los operarios, supervisores y la jefatura del área de Extrusión, vamos a desarrollar un Pareto para priorizar la causa de más criticidad partiendo de su teoría que en el 20% de las causas origina el 80% de las consecuencias.

En la figura 4.2.1 del diagrama de Pareto se observa que la causa del contenedor y linner abarrilado es la que más puntaje tiene con un 27% de incidencia entre todas las causas.

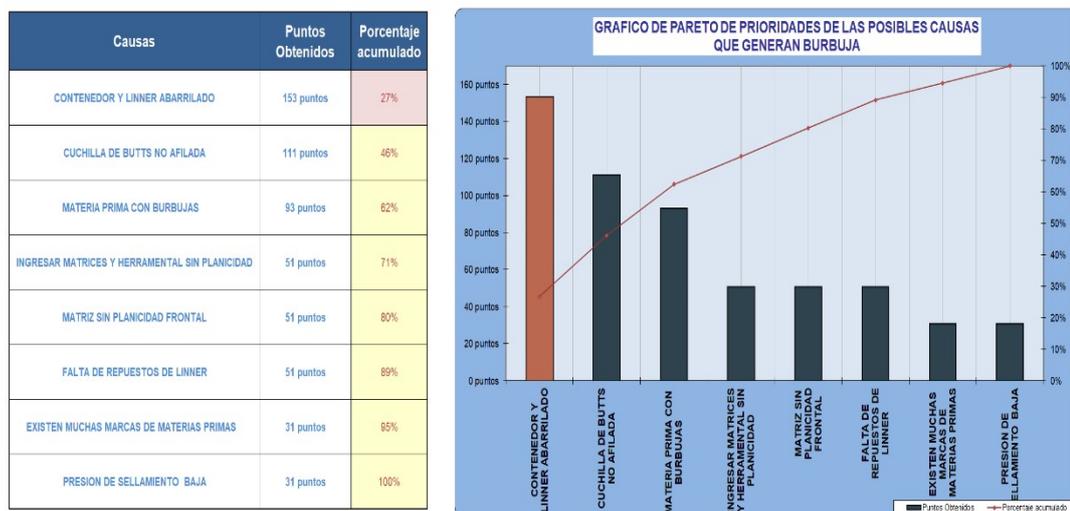


Figura 4.2.2 Diagrama de Pareto de la “Y” burbujas
(Fuente: Autor)

CAPÍTULO 5

5 MEJORA

5.1 Introducción.

Como un primer paso se desarrolla un plan de acción que enlista las actividades a realizar para atacar cada causa raíz, estas actividades serán definidas como propuesta de mejora e identificadas como PM (propuesta de mejora), posteriormente se presentará el desarrollo de cada PM presentando en algunos casos el antes y el después.

En la etapa de mejora, se desarrolló el plan de acción para las 2 causas raíz que se definieron en la etapa final de análisis de la figura 4.1.3. A la Y definida como el incremento de chatarra planificada está relacionada con las X que son las causas evidenciadas en la etapa de Análisis, por falta de datos de las variables no se puede realizar una evaluación numérica, pero la ecuación quedaría como se observa en la figura 5.1

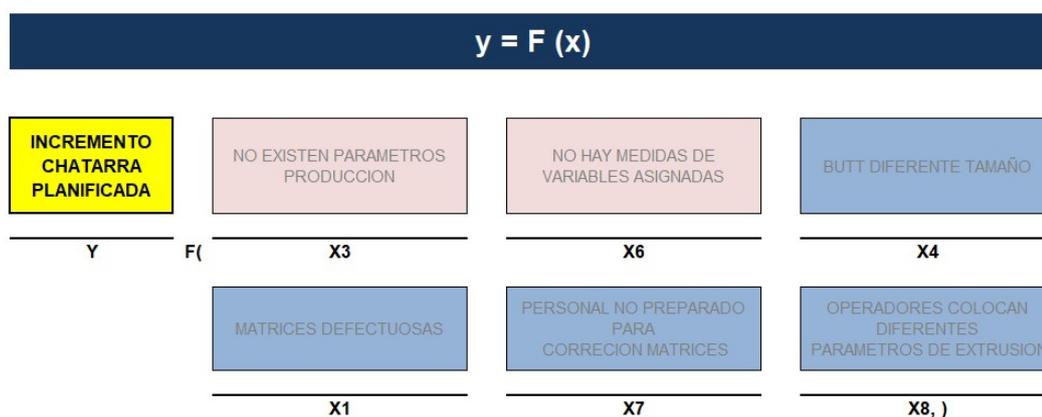


Figura 5.1 Causas principales x de la ecuación incremento de chatarra planificada

(Fuente: Autor)

5.2 Mejora – Desarrollo de planes de mejora para chatarra planificada.

El plan de acción de mejora para cada causa raíz identificada y evaluada en la figura 5.1 que viene del Pareto; se procedió a realizar un plan para trabajar en ellas con diferentes tareas de mejora, las cuales han influido en la mejora de los resultados. El detalle del plan de acción se encuentra detallado en la tabla 14.

Tabla 15
Plan de acción para la mejora de la chatarra planificada

SELLO EMPRESA		PLAN DE ACTIVIDADES PARA MINIMIZAR EL RECHAZO DE LA CHATARRA NO PLANIFICADA								
CODIGO	CAUSA	TAREA	EJECUTA	APOYO	FECHA INICIO	FECHA FINAL	TERMINADA	OBSERVACION	DOCUMENTO	AVANCE %
X3	Variable de proceso - Velocidad extrusión	REALIZAR UNA RECETA DE PRODUCCION PARA PRODUCIR PERFILES	JEFATURA	SUPERVISOR EXTRUSION	28/sep/2020	15/nov/2020	SI	EL FORMATO SE ENCUENTRA TERMINADO	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	100%
X6	Variable de proceso - Temperatura Billet	REALIZAR UN REGISTRO POR CADA PRODUCCION Y LLENAR LAS HOJAS DE RECETA CON LAS VARIABLES DE ENTRADA DE EXTRUSIÓN	JEFATURA	SUPERVISOR EXTRUSION	28/sep/2020	CONTINUO	CONTINUA	EN CADA PRODUCCION SE HACE EL INGRESO DE LA RECETA Y DE ACUERDO AL RESULTADO OBTENIDO DE RECOBRADO SE APRUEBA O SE HACE UNA NUEVA	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	70%
X4	Variable de proceso - Largo del billet	ESTANDARIZAR A UN SOLO LARGO EL TAMAÑO DEL BUTT, DEBE SER EL TAMAÑO MAS PEQUEÑO	SUPERVISOR EXTRUSION	OPERADORES PRENSA	28/sep/2020	15/nov/2020	SI	CON PRUEBAS REALIZADAS SE DETERMINO EL TAMAÑO ESTANDARIZAO DE BUTT ES 15MM	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	100%
X1	Variable de proceso - Largo del butt	REALIZAR UN REPORTE DE LAS MATRICES DEFECTUOSAS DIARIO	SUPERVISOR EXTRUSION	OPERADORES PRENSA	28/sep/2020	CONTINUO	CONTINUA	REALIZAR LA RETROALIMENTACIÓN DIARIA Y EL SEGUIMIENTO DE CORRECCIONES	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	50%
X7	Variable de proceso - Temperatura de la Matriz	REALIZAR UNA EVALUACION DE COMPETENCIAS DE LOS MATRICEROS	SUPERVISOR MATRICERIA	JEFE RRHH	28/sep/2020	08/oct/2020	SI	SE DESARROLLO UN FORMATO PARA EVALUAR LAS COMPETENCIAS DE LOS MATRICEROS	FORMATO DE RRHH	70%
X12	Variable de proceso - Presión de la Prensa	REALIZAR UN CONTROL DE PROCESO BASADO EN LA RECETA DE PRODUCCIÓN	JEFATURA	GERENCIA RRHH	28/sep/2020	15/nov/2020	SI	SE LOGRO REALIZAR UN INCREMENTO DE DIFERENCIACIÓN EN LOS OPERADORES 1 A PARTIR DE ENERO 2021.	NOMINA RRHH SUELDOS	50%
X9	Variable de proceso - kg materia Prima	CALIBRAR EL HORNO CADA SEMANA Y TENER REPUESTOS DISPONIBLES	JEFATURA	SUPERVISOR EXTRUSION OPERADORES	28/sep/2020	04/oct/2020	CONTINUA	SE PUBLICO MEMORANDUM Y SE HIZO UNA REUNION CON LOS OPERADORES DE PRENSA Y SUPERVISOR DEL EXTRUSION	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	100%
X2	Variable de proceso - tipo materia prima	REPORTAR LA MATERIA PRIMA AL DEPARTAMENTO DE FUNDICIÓN Y SEPARAR EL LOTE PARA SU DEVOLUCIÓN O RECHAZO	JEFATURA	FUNDICION CALIDAD	28/sep/2020	20/oct/2020	SI	SE REALIZA UN REPORTE DE LOTES CON IMPUREZA PARA SU RECHAZO	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	70%
X5	Variable de proceso - Operador de prensa	CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DEBE SER DIARIA	JEFATURA	MANTENIMIENTO O EMPRESA ESPAÑA	28/sep/2020	21/oct/2020	SI	SE REALIZA CALIBRACION CON PERSONAL TECNICO DEL AREA SI ESTO NO ES POSIBLE SE SOLICITA APOYO DE TECNICOS DE ESPAÑA	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	100%
X10	Variable de proceso - Diseño Matriz	CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DEBE SER DIARIA	JEFATURA	MANTENIMIENTO O EMPRESA	28/sep/2020	21/oct/2020	SI	SE REALIZA CALIBRACION CON PERSONAL TECNICO DEL AREA SI ESTO NO ES POSIBLE SE SOLICITA APOYO DE TECNICOS DE ESPAÑA	ACCIÓN CORRECTIVA DE CALIDAD	100%

REALIZADO POR: PAUL VINUEZA

(Fuente: Autor)

Las dos primeras tareas de las causas X6 y X3 son las tareas principales que analizamos como resultado de la figura de Pareto 4.2.3. Las tareas de las otras Xs de la tabla 15 se asignaron para que se vayan realizando mientras avanza este proyecto como tareas complementarias con la finalidad que aporten a la mejora del recobrado; Se hizo una actualización de esas tareas hasta la presente fecha.

5.3 PMX6 Y PMX3 – Estandarización del proceso de extrusión.

Situación Actual: El proceso de extrusión se realizaba con producciones basados en la experiencia de los operadores de Prensa, algo que acarrea un alto riesgo para la empresa, ya que si en un caso fortuito se fueran los tres operadores de los tres turnos el área se quedaría inestable tanto en la producción al no poder conformar varios perfiles, así como en el desempeño, con una alta variación causada por el entrenamiento de los nuevos operadores.

Mejora:

1. En la tarea de mejora de la tabla 15 para la primera X3 y segunda tarea X6 se desarrolló un reporte donde se registren cada una de las variables de entrada de Extrusión, que también se complementaron resultados de la tabla 13 de la priorización de variables del proceso, las cuales aparecen en la pantalla de operación de la prensa. El presente registro de la Tabla 16, fue desarrollado en conjunto con la jefatura, supervisores y operadores de prensa, que sirven como un respaldo del conocimiento de cada receta de producción por matriz.
2. El formato con las principales variables de entrada está contemplando las variables de entrada analizadas en la tabla 13 de priorización de variables, también se estandarizo el Butt a 15mm para todas las producciones como una mejora estandarizada.
3. Las recetas se comenzaron a registrar desde el 29 de septiembre del 2020 en todos los turnos. Como validación de si la estandarización ayuda o no a mejorar el recobrado se realizó una prueba con todas las matrices AAA, ya que son las matrices que tienen pedido cada semana y es donde se concentra más del 60% de la producción de la planta.

Tabla 16
Formato propuesto para estandarización de producción con hoja de receta por matriz

sello de empresa		CONTROL DEL PROCESO DE EXTRUSION POR MATRIZ - RECETA												
PRODUCTIVIDAD TARGET:						0 kg/h			RECOBRADO TARGET:			0%		
PRENSA #:PRESEZZI				REFERENCIA :				PESO (Kg/m):			MATRIZ #: *			
PLANO PERFIL:		GUIADO DE PERFILES:				DIMENSIONES DE HERRAMENTAL MATRIZ								
BOCA _____						ANILLO:		#	ϕ =	mm	ϕ_e =	mm		
MESA _____						SOPORTE		#	E =	mm	ϕ_e =	mm		
						SUBSOPORTE		#	E =	mm	ϕ_e =	mm		
						BACKER		#	ϕ =	mm	ϕ_e =	mm		
FECHA			LINGOTES PROGRAMADOS		CHATARRA PROGRAMADA (MM)			CONTROL DE TEMPERATURA °C			LARGO EN MESA (MM)		OBSERVACIONES	
DD	MM	AA	CANT.	LONG.	BUTT	DESPUNTES (MM)	Billet	Salida	matriz	6M	6,4M			
INICIO EXTRUSION				VELOCIDAD EXTRUSION		TENSION PULLER		TEMPERATURA CONTAINER (C°)			T. HORNO MATRIZ (°C)		OBSERVACIONES	
HORNO DE BILLETS (C°)								Zona Inferior	Zona superior	TOTAL				
Z1	Z2	Z3	Z4	LARGO BUTT		RESISTENCIAS					TIEMPO HORNO			
						CONTAINER								
RECETA DE PRODUCCION						ENFRIAMIENTO DE PERFILES AIRE (POTENCIA) %				ENFRIAMIENTO POR AGUA QUENCHING %				
PRESION ROMPIMIENTO		PRESION CONTAINER		PRESION EXTRUSION		VEL TURB	TURB. INFER	TURB. SUP.	TURB. LAT. I	TURB. SUP. D	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="4"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="5"/> <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="6"/>			
						LARGO DE MESA (mm)								
SINCRONIZACION DE PULLERS				POSICION PULLER SIERRA		VELOCIDAD CORTE SIERRA %		LONGITUD (mm) DE COLA DEL PERFIL		6400 mm	6000 mm			
LINGOTES X TIRADA		SI	NO X	#						6350 mm	3000 mm			
PULLER SIMPLE		SINCRONIZACION FIN EXTRUSION		X	CORTE DE COLA ULTIMO LINGOTE (mm)		TIRO (kg)		Otra mm		Otra mm			
ESTIRAMIENTO DE PERFILES				# PERFILES POR BACHE DE ESTIRADO		PORCENTAJE DE ESTIRAMIENTO		POSICION PERFIL		ACCESORIO PARA ESTIRAR		SI <input type="checkbox"/> - NO <input type="checkbox"/>		
INSPECCION DE CALIDAD		RAYADURA			DESGARRE			DESCUADRE			TOLERANCIA			
BURBUJAS (VISUAL)		VISUAL X	TACTO X	LAPIZ	VISUAL X	TACTO X	LAPIZ	VISUAL X	ESCUADRA	CALIBRADOR	TOLERANCIA			
DIMENSIONAL											COMENTARIO Y USO DEL PRODUCTO			
CORTE EN LA SIERRA DE PERFILES											LARGO REAL EN MESA	COLOCAR LARGO REAL EN (mm)		
APILADO DE PERFILES AUTOMATICO		ANCHO DEL PERFIL		POSICION DEL PERFIL		TIPO BARRITA		ALUMINIO <input type="checkbox"/>		ALUMINIO FORRADAS <input type="checkbox"/>		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11		
		ALTURA DEL PERFIL										<input type="checkbox"/>		
CAUSA DE CHATARRAS EN SIERRA		BURBUJAS		EMPATES		GOLPE Y MALTRATO		OBSERVACIONES DEL RECHAZO						
		IMPUREZAS		CONCAVO		PIEL NARANJA								
ONDULADO		RAYADURA		CONVEXO		FUERA DE MEDIDAS								
ERROR CORTE		RASGADA		VETAS		ROZA SOPORTE								

(Fuente: Autor)

Se entregó las recetas levantadas de las referencias AAA al supervisor de extrusión para ejecute la prueba respectiva. El resultado se puede observar en la tabla 17, que son resultado a las pruebas realizadas en noviembre 2020.

Tabla 17
Prueba de la estandarización en perfiles AAA comparativa del promedio 2018 y la prueba realizada en noviembre 2020

RESULTADOS DE DESEMPEÑO DEL AÑO 2018 EN REFERENCIAS AAA									
ITEM	REFERENCIA	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	PRODUCTIVIDAD	RECHAZO KG	RECHAZO %	CALIDAD	APROVECHAMIENTO
1	1583	371.274 kg	306.443 kg	82,5%	1.032 kg/h	23.596 kg	7,7%	92,3%	76,2%
2	1762	304.233 kg	247.255 kg	81,3%	982 kg/h	40.464 kg	16,4%	83,6%	68,0%
3	1671	204.934 kg	169.583 kg	82,7%	1.103 kg/h	12.476 kg	7,4%	92,6%	76,7%
4	1523	198.390 kg	169.154 kg	85,3%	1.216 kg/h	6.021 kg	3,6%	96,4%	82,2%
5	2233	198.711 kg	161.477 kg	81,3%	1.098 kg/h	13.005 kg	8,1%	91,9%	74,7%
6	1854	187.328 kg	156.810 kg	83,7%	1.029 kg/h	8.074 kg	5,1%	94,9%	79,4%
7	1283	186.539 kg	156.467 kg	83,9%	1.163 kg/h	8.914 kg	5,7%	94,3%	79,1%
8	1823	181.639 kg	154.719 kg	85,2%	1.234 kg/h	6.917 kg	4,5%	95,5%	81,4%
9	1384	147.169 kg	123.517 kg	83,9%	1.028 kg/h	6.372 kg	5,2%	94,8%	79,6%
10	1853	129.973 kg	109.279 kg	84,1%	982 kg/h	17.076 kg	15,6%	84,4%	70,9%
11	1385	119.391 kg	102.013 kg	85,4%	1.177 kg/h	5.353 kg	5,2%	94,8%	81,0%
12	1388	120.674 kg	101.796 kg	84,4%	1.061 kg/h	4.856 kg	4,8%	95,2%	80,3%
13	2234	119.838 kg	100.724 kg	84,1%	1.169 kg/h	5.581 kg	5,5%	94,5%	79,4%
14	2231	99.643 kg	84.825 kg	85,1%	1.205 kg/h	3.666 kg	4,3%	95,7%	81,5%
15	4106	103.751 kg	82.719 kg	79,7%	1.001 kg/h	6.193 kg	7,5%	92,5%	73,8%
		2.673.487 kg	2.226.782 kg	83,3%					

PRUEBAS CON MATERIA PRIMA RUSAL Y ESTANDARIZACION DE RECETAS NOVIEMBRE 2020									
REPORTE / TURNO	REFERENCIA	KG MATERIA PRIMA	KG NETOS	2019 RECOBRADO	2019 PRODUCT	DIFERENCIA RECOBRADO	DIFERENCIA PRODUCTIVIDAD	%	% PONDERADO RECOBRADO
3937/E3	1583	2.853 kg	2.364 kg	82,9%	1.126 kg/h	0,3%	94 kg/h	14%	0,05%
3942/E2	1762	777 kg	647 kg	83,3%	1.050 kg/h	2,0%	68 kg/h	11%	0,23%
3933/E2	1671	3.764 kg	3.231 kg	85,8%	1.346 kg/h	3,1%	243 kg/h	8%	0,24%
3943/E3	1523	2.195 kg	1.898 kg	86,4%	1.294 kg/h	1,2%	78 kg/h	8%	0,09%
3925/E2	2233	1.468 kg	1.245 kg	84,8%	1.288 kg/h	3,5%	189 kg/h	7%	0,26%
3890/E1	1854	337 kg	280 kg	82,9%	1.119 kg/h	-0,8%	90 kg/h	7%	-0,05%
3935/E1	1283	3.185 kg	2.704 kg	84,9%	1.111 kg/h	1,0%	-52 kg/h	7%	0,07%
3947/E1	1823	2.573 kg	2.185 kg	84,9%	1.380 kg/h	-0,3%	146 kg/h	7%	-0,02%
3937/E3	1384	1.066 kg	902 kg	84,6%	1.177 kg/h	0,7%	149 kg/h	6%	0,04%
3947/E1	1853	1.822 kg	1.598 kg	87,7%	1.065 kg/h	3,6%	83 kg/h	5%	0,18%
3915/E1	1385	1.018 kg	885 kg	86,9%	1.180 kg/h	1,5%	3 kg/h	5%	0,07%
3989/E1	1388	1.533 kg	1.305 kg	85,1%	1.072 kg/h	0,7%	11 kg/h	5%	0,03%
3869/E2	2234	1.707 kg	1.419 kg	83,1%	1.217 kg/h	-0,9%	48 kg/h	5%	-0,04%
3924/E1	2231	1.820 kg	1.561 kg	85,8%	1.338 kg/h	0,6%	133 kg/h	4%	0,02%
3867/E2	4106	3.692 kg	3.095 kg	83,8%	1.161 kg/h	4,1%	160 kg/h	4%	0,15%
TOTAL RESULTADO		29.811 kg	25.319 kg	84,9%		1,6%	96 kg/h		1,31%

(Fuente: Autor)

Los resultados de la estandarización con recetas en las matrices AAA de la tabla 16 indica que al mantener un estándar y reducir la variabilidad de cualquier variable de entrada nos da como resultado una mejora, como es el caso de esta prueba donde el promedio del recobrado global fue de 84.9% en las pruebas versus el recobrado de 83.3% en promedio del 2018 que fue un año donde los recobrados cumplían la meta de 82.5% teniendo como resultado un incremento de 1.6% en la comparación numérica, pero calculando el ponderado nos arroja un aumento en el recobrado de 1.31%.

Con el resultado favorable de estas muestras se continuó replicando en

todas las matrices mientras estas van ingresando a producción, en el transcurso de estos meses hasta marzo del 2021 se ha visto un incremento en el recobrado, pudiendo superar la meta del 82.5%.

La estandarización por medio de recetas se ha llegado a completar un 70% de la perfilaría que ingresa a producción. El restante de recetas va a ir avanzando según existan pedidos en firme de aquellos productos que no rotan.

En la figura 5.3, se puede observar que con la estandarización se logró un cambio, en el que se redujo la desviación estándar hasta septiembre de 1,808% a la nueva desviación estándar hasta marzo del 2021 de 1,430%, con una mejora, indicando que bajo su variabilidad.

En la media también cambio hacia una mejora con un valor de media hasta marzo del 2021 de 83.19% superando la meta propuesta por la empresa de 82.5%.

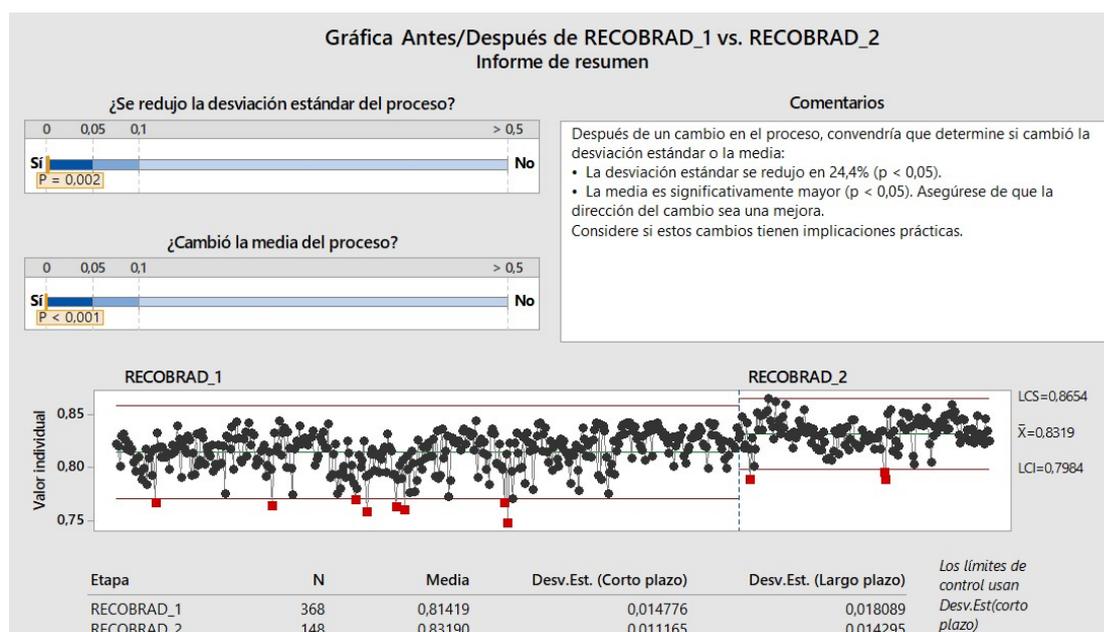


Figura 5.3 Mejora del recobrado con la estandarización periodo diario de octubre 2020 a marzo 2021

(Fuente: Autor)

Adicional se observó que están ingresando una gran cantidad de perfilaría de diseños o creaciones nuevas, las que dificultan crear su receta ya que para estas matrices nuevas se deben estabilizar las producciones y en

algunos casos hasta esperar que vengan diseños de mejoras en las matrices que pueden tardar más de un año dependiendo su demanda.

5.4 PMXB5 MEJORA EN LA DISMINUCION DE CHATARRA NO PLANIFICADA.

De lo analizado en la figura 4.2 mediante el diagrama de Pareto, la causa principal de aumento en kilos de chatarra no planificada fue las burbujas y del análisis causal de las burbujas como resultado de Pareto en la figura 4.2.2 se determinó como la más influyente la causa XB5 que es el contenedor y linner abarrilado.

PMXB5 – MEJORA EN CAMBIO DEL CONTENEDOR Y LINNER ABARRILADO

Situación actual: El recobrado tenía varias causas que se generaban en la chatarra no planificada y no eran identificadas para el cual se trabajó con el Pareto de la figura 4.2.2 y se determinó que el 25% era generada por rechazos por burbujas.

Mejora: A mediados de noviembre del 2020, se mantuvo una reunión con la jefatura, lo operadores y el supervisor, y con los resultados de las causas que generan burbuja, del Pareto de la figura 4.2.2

- PMXB5-Cambio de contenedor y linner abarrilado
- PMXB6-Cambio de cuchilla de la prensa hidráulica.

Las Actividades que se realizaron para disminuir las burbujas fueron las siguientes.

Actividad 1 – PMXB5:

Como actividad principal se solicitó el cambio del contenedor metálico de la prensa, ya que este por el tiempo de vida y por la presión que soporta más de 2300 toneladas tenía un abarrilamiento interno; se propuso el cambio, pero se indicó por parte del departamento de mantenimiento que este elemento llegaría por Junio del 2021 por ser un repuesto de importación y que se necesita realizar un pedido para su fabricación en Canadá. Por este motivo quedaría como tarea pendiente para futura mejora.

Actividad 2 – PMXB6:

Al no poder realizar la actividad más representativa del Pareto de la figura 4.2.2, se procedió a trabajar en la segunda tarea más influyente del Pareto que es el cambio de la cuchilla de la prensa hidráulica que ocasionaba que el corte del billet no sea plano y esto causaba como consecuencia que ingrese aire en los perfiles al extruir, como resultado se evidenciaba presencia de burbujas. Se coordinó con mantenimiento el cambio de una cuchilla nueva y con esta tarea se logró disminuir una porción significativa en las causa de burbujas como se observa en la figura 5.4

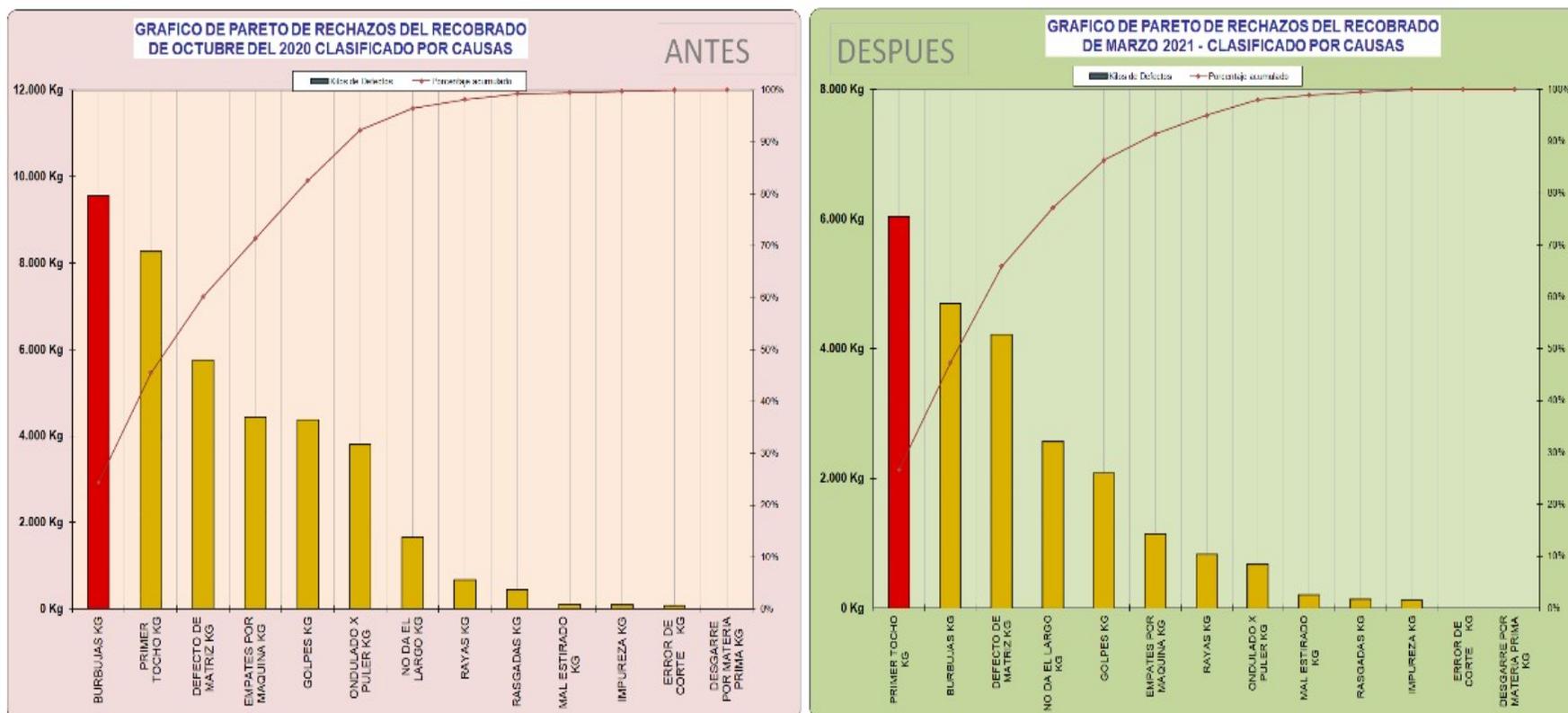


Figura 5.4 Comparativa de Paretos de rechazos de octubre 2020 vs marzo 2021

(Fuente: Autor)

Actividad 3:

El tercer cambio que se efectuó fue realizar un rectificando en la cara del contenedor para que este elemento tenga un sello más perfecto con la matriz, paso seguido se alineo la prensa con la casetera.

En la figura 5.4 se puede observar una disminución de la principal causa que eran las burbujas bajando de 9548 kilos en octubre 2020 a 6030 kilos en el mes de marzo del 2021, también se evidencia el cambio en las escalas de kilos de rechazo por burbuja pasa de ser la primera causa a ser la segunda causa.

Como se observa en la gráfica de Pareto del después, de la figura 5.4 la causa a realizar un plan de acción es la generada por el primer tocho fallido, el cual se puede realizar un proceso de estandarización con el objetivo de bajar esta incidencia.

Cada Pareto de cada mes debería ser revisado en frecuencias más cortas como por ejemplo un control por semana y luego por día para mantener las mejoras constantes.

5.5 Resultados de la mejora en el indicador de recobrado.

En la figura 5.5 se puede observar la mejora que ha tenido el indicador del recobrado en estos 6 últimos meses desde octubre 2020 a marzo 2021, el promedio mensual del recobrado es de 83.22% de una meta planteada de 83.16%.

También se puede ver una proyección a mantenerse en un promedio similar y con una tendencia a la mejora.

Los puntos principales de la mejora fueron la estandarización por medio de recetas para disminuir la variabilidad, como segundo paso identificar a la mayor causa de rechazo que fue las burbujas, las cuales están pendientes trabajos a futuro con el departamento de mantenimiento que puede dar un salto significativo a la mejora.

Otro de los puntos importantes también fue en la chatarra planificada se estandarizo el butt a un tamaño de 15mm para todas las matrices, ya que parte de las impurezas ingresaban en los despuntes y esto hizo tener una sola medida, en este caso la mínima indispensable.

Para que estas mejoras tengan una sostenibilidad en el tiempo, se necesita realizar controles en los puntos de mayor generación de chatarra y mantener la estandarización, para mantener un recobrado con proyección a la mejora.

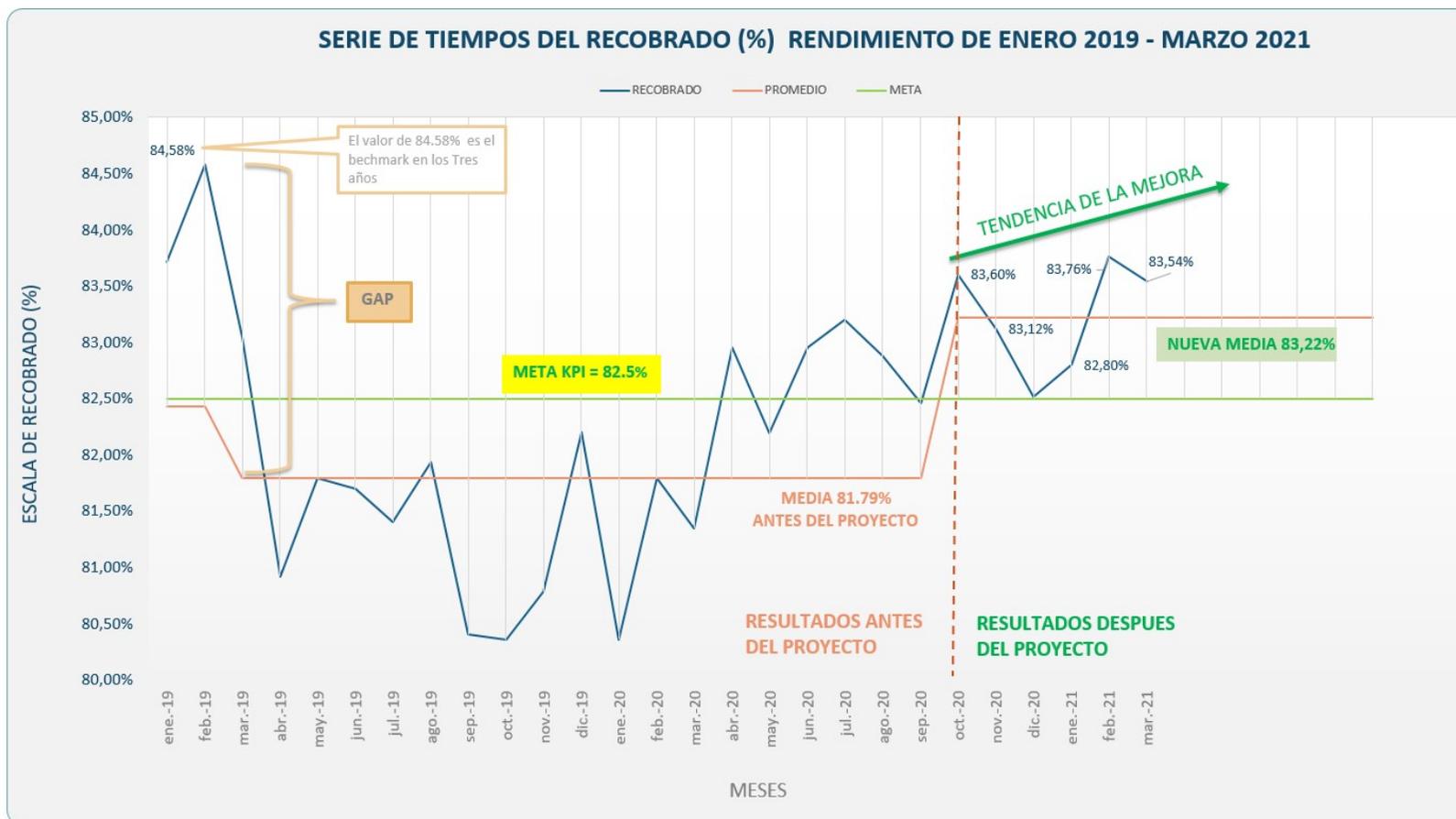


Figura 5.5 Serie de tiempo del recobrado de enero 2019 a marzo 2021

(Antes y después)

(Fuente: Autor)

CAPÍTULO 6

6 CONTROL Y RESULTADOS

6.1 Control de chatarras.

Para mantener los resultados y buscar una mejora continua se ha desarrollado varios procesos para control de chatarras en el proceso de extrusión, los principales son:

- Control de chatarra del primer tocho
- Control de largo de mesa ideal del perfil
- Control y disminución de chatarra de no planificada

6.1.1 Control de chatarra del primer tocho

El primer tocho es el arranque que se realiza en la extrusión y es una de las causas más altas de rechazo, ya que en el trabajo diario de 24 horas en la empresa extrusora se producen hasta 48 tipos de perfiles, es decir van existir hasta 48 billets que no van a ser producción, enfocados en disminuir esta chatarra se ha desarrollado un proceso como se observa en la figura 6.1.1, donde el tocho inicial se coloca de un estándar de 500 mm de largo, mientras que el contenedor de la prensa hidráulica puede almacenar hasta 1100 mm.

El tamaño pequeño de billet de 500mm también tiene como finalidad precautelar la vida útil de la matriz calentando esta de 480 °C a 500°C el billet, para que la materia prima tenga mayor plasticidad y pueda llenar en su totalidad las cámaras de la matriz para proceder con la extrusión.

Existen también causas asociadas al diseño de las matrices el cual al momento de extruir el primer tocho y convertirlo en perfil, este perfil no conforma y de acuerdo a la experiencia del operador de prensa y el matricero, lo factible es ya no extruir más pruebas para no desperdiciar materia prima y enviar a realizar la corrección de la matriz.

También existen casos en los que, por lo complejo de los perfiles al tener muchos elementos flotantes en las matrices tubulares, se necesita realizar un segundo tocho por lo cual en el proceso de la figura uno se condiciona a solo realizar 3 pruebas para conformar, caso contrario se procede a ingresar una nueva matriz y se reporta la no conformidad.

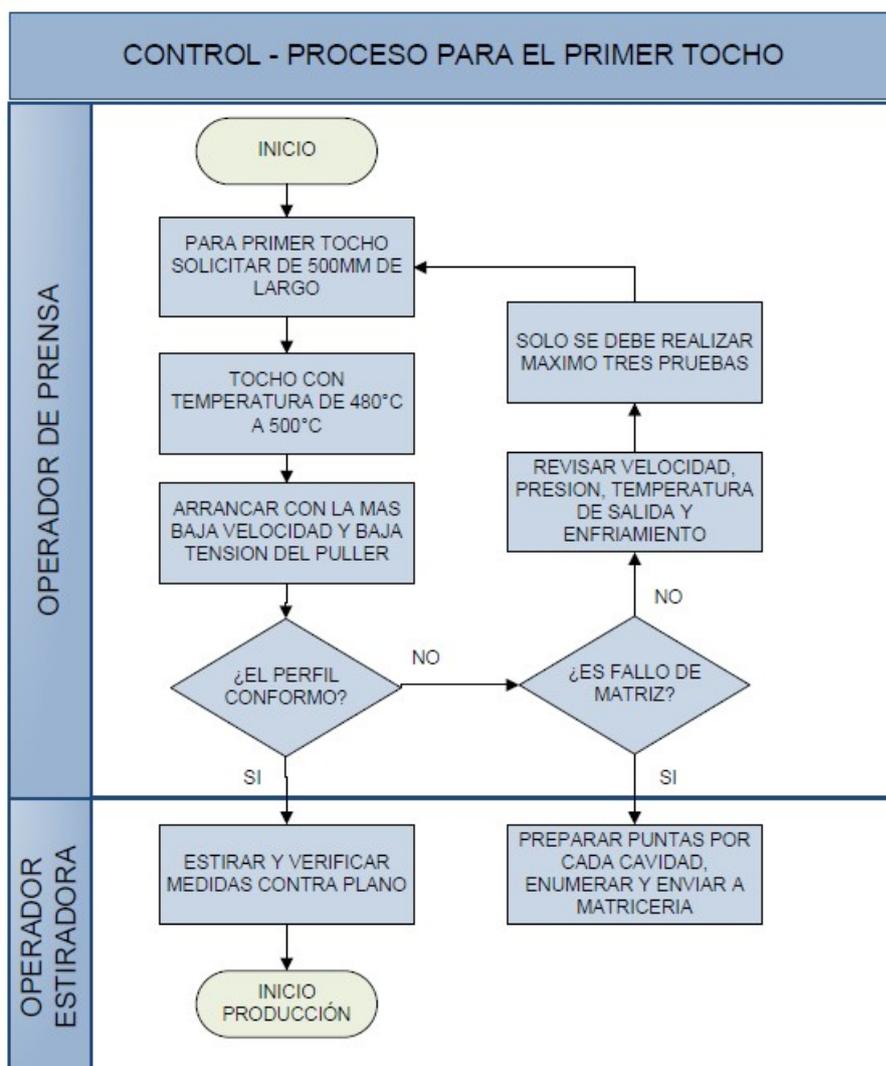


Figura 6.1.1 Proceso de control del primer tocho – chatarra planificada
(Fuente: Autor)

6.1.2 Control de largo ideal del perfil en mesa

Como se vio en el esquema de la figura 3.3.2 el momento de extruir un billet de aluminio este dependiendo del peso por metro del perfil, puede llegar hasta un máximo de 50 metros en la mesa de enfriamiento, pero este largo puede variar por el mismo desgaste de la matriz y el número de bocas es decir el perfil puede estar más largo o más corto esta diferencia puede causar un incremento considerable de chatarra. Para evitar este desperdicio se solicita incrementar un control de revisión del largo de perfil, antes de seguir produciendo, como se ilustra en la figura 6.1.2.

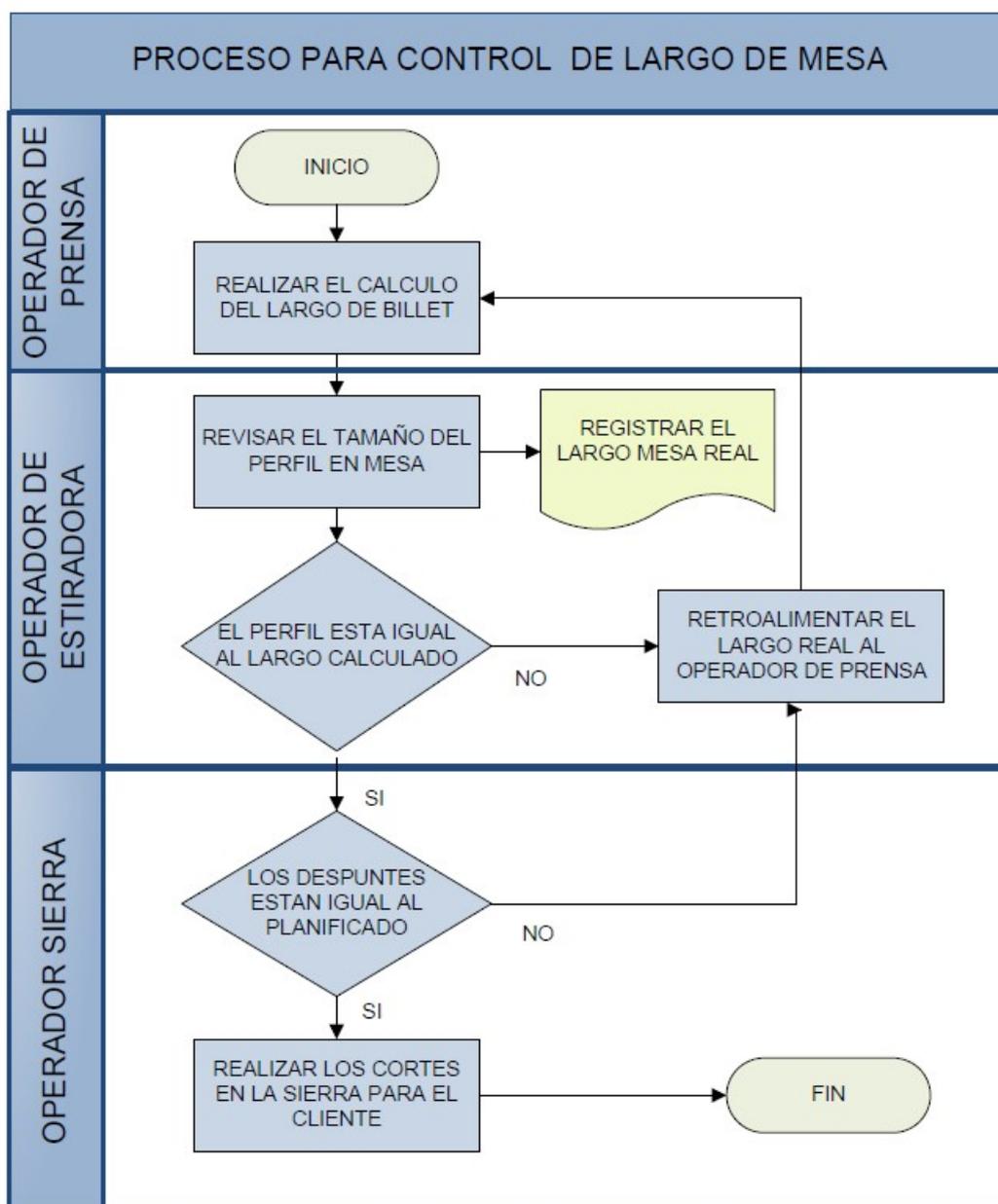


Figura 6.1.2 Proceso para control del largo ideal de perfil en la mesa de enfriamiento de extrusión

(Fuente: Autor)

En la figura 6.1.2 como hoja de ayuda estamos solicitando que se ingrese este valor en el registro de una tabla, con la finalidad de ir evaluando si se cumple o no este control.

6.1.3 Control de chatarras no planificadas.

Como se detalló en el capítulo 3.3.3, las chatarras no planificadas es donde está concentrada la mayor causa de rechazos, y antes de comenzar este proyecto no se disponía de ninguna información respecto a estas causas, por tanto era imposible determinar cuáles eran estas causas; Con la información recopilada con el formato desarrollado de la Tabla 11 y representada en el proceso para el control del largo de mesa de la figura 6.1.2, ya tendremos las causas con los valores de chatarras generadas.

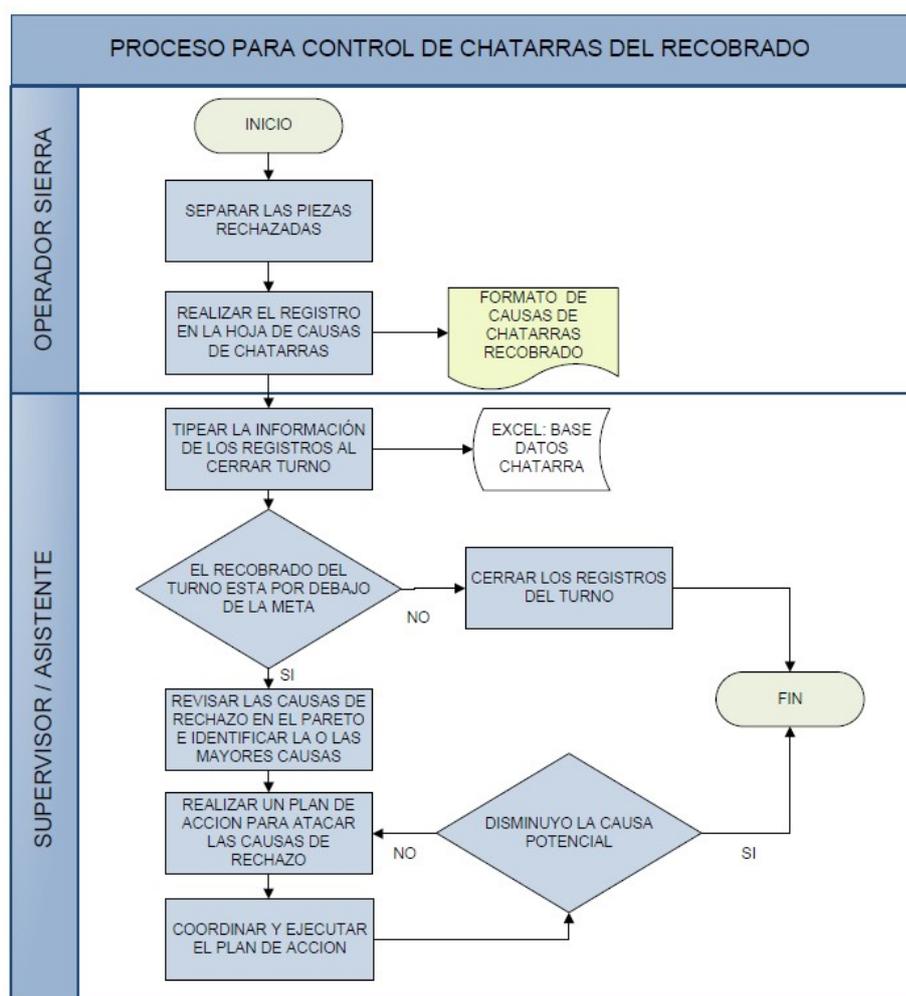


Figura 6.1.3 Proceso de mejora continua y análisis de chatarras no planificadas

(Fuente: Autor)

Estos valores asignados a las chatarras debemos realizar un seguimiento continuo con un periodo de control turno a turno, como una propuesta de mejora continua y con el objetivo de disminuir las chatarras para mejorar el recobrado

En la figura 6.1.3 se propone un proceso de análisis de los resultados del recobrado y de cómo proceder para ir atacando a estas causas latentes; el objetivo es disminuir la variabilidad de la chatarra de estas causas con planes de acción para las de largo plazo o las causas que no son propias del proceso sino que se deben ajustar en las entradas como son las materias primas, calibración de equipos, diseño de matrices y personal entrenado.

6.2 Gráficos de pre-control del recobrado para el proceso de Extrusión.

Para mantener el control del recobrado y disminuir los rechazos vamos a realizar unas graficas de pre-control utilizando los valores de recobrado diario de estos seis meses del presente trabajo de Octubre del 2020 a marzo del 2021 los datos se encuentran en el Anexo B.

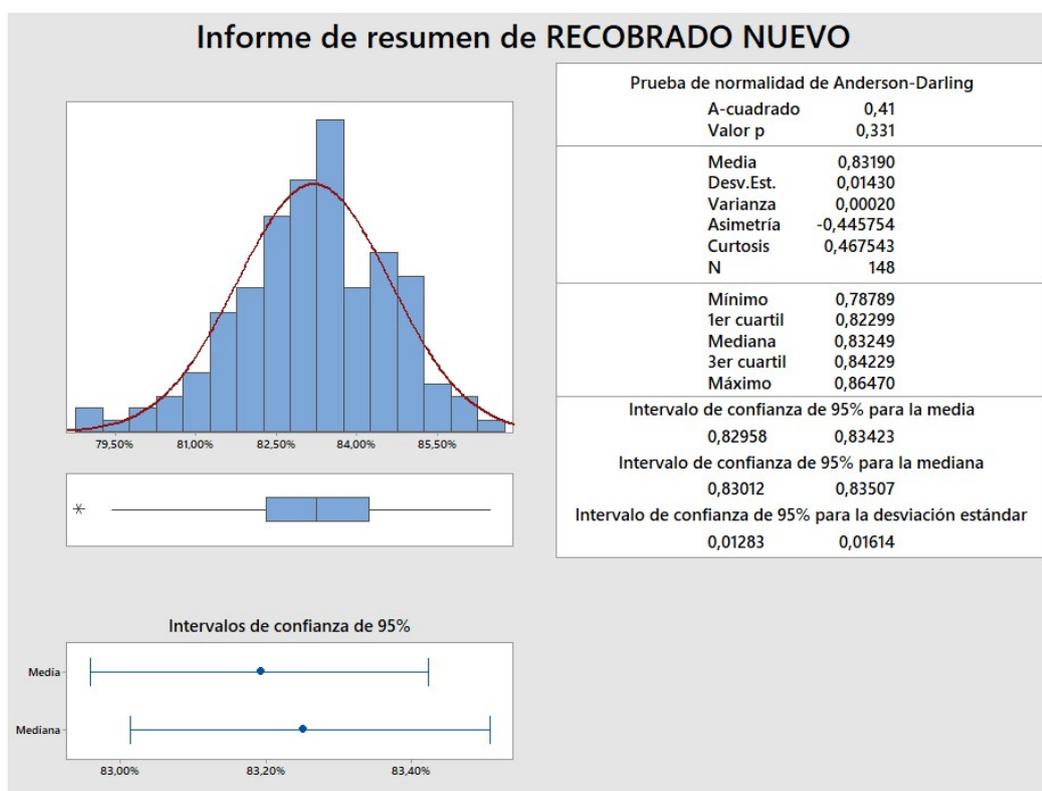


Figura 6.2 Histograma del recobrado de octubre 2020 a marzo 2021

(Fuente: Autor)

En la figura 6.2 de los datos diarios obtenidos del recobrado, tenemos como resultado una desviación estándar de 1.4295% y una media de 83.19%, estos valores de media y desviación estándar obtenidos vamos a considerar para su posterior cálculo de límites de control y la capacidad del proceso.

6.2.1 Cálculo de límites y zonas de pre-control.

El objetivo de las gráficas de control como su nombre lo indica es controlar que los valores del recobrado se mantengan estables y dentro de ciertas especificaciones. Para el presente estudio solo va existir un límite inferior que fue entregado por el encargado del proceso, que es el mínimo aceptable el valor de 79%, ya que es una empresa que tiene 7 años y las maquinas tienen una importante inversión valorada en millones que su punto de equilibrio es el 79% del promedio global y es la razón principal de colocar este valor como límite inferior.

Datos:

$$\mu = 0.8319 = 83.19\%$$

$$\sigma = 0.014295 = 1.4295\%$$

Calculo de Límites de control Naturales:

$$\text{Límite de Control Superior Natural} = LCSN = \text{NO EXISTE ES ABIERTO} \quad \text{F.2}$$

$$\text{Límite de Control Inferior Natural} = LCIN = \mu - 3\sigma \quad \text{F.3}$$

$$LCIN = 83.19\% - 3(1.4295\%)$$

$$LCIN = 83.19\% - 4.2885\%$$

$$LCIN = 78.90\%$$

Zonas de control para el gráfico: Las zonas de control van a ser representados como se muestra en la tabla 18, para poder realizar el gráfico de control respectivo.

Tabla 18
Datos para las zonas de pre-control

ZONAS DEL GRAFICO DE CONTROL			
	ZONA A	ZONA B	ZONA C
LCS POR ZONA		86,05%	84,62%
LCI POR ZONA	78,90%	80,33%	81,76%
VALOR CENTRAL	83,19%	VC	RANGO
VALOR CENTRAL	$\pm 1,43\%$	ZONA C	$2\sigma - 4\sigma$
ADVERTENCIA	$\pm 2,86\%$	ZONA B	$4\sigma - 6\sigma$
NIVEL CRITICO	$\pm 4,29\%$	ZONA A	$> 6\sigma$

(Fuente: Autor)

6.2.2 Desarrollo del gráfico de pre-control del recobrado

El desarrollo del gráfico de pre-control se lo realizó en una hoja de cálculo de Excel, ya que es el programa que la compañía tiene licencias para su uso.

Primero se creó una tabla en Excel con todos los valores de control como se muestra a continuación en la tabla 19.

Tabla 19
Datos para realizar el gráfico de pre-control del recobrado

DATOS ORIGINALES			LINEAS DE CONTROL Y ESTADISTICOS										DATOS SENSIBLES		
MES	DIAS	RECOBRADO	LCS	LCL	CPKS	CPK	MEDIA	LCL	UCL	LCS-ZONA	LCL-ZONA	LCS-ZONA	LCL-ZONA	FUERA CONTROL	ZONA B
MES	1		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	2		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	3		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	4		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	5		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	6		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	7		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	8		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	9		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	10		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	11		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	12		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	13		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	14		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	15		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	16		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	17		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	18		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	19		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	20		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	21		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	22		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	23		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	24		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	25		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	26		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%		86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	27		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%		86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	28		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%		86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	29		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%		86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO
MES	30		86,00%	79,00%	0,66	0,98	83,19%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	0,00%	#NINGUNO

(Fuente: Autor)

La tabla 19, está desarrollada para controlar los datos diarios del recobrado por cada mes, adicional a los datos de control se establecieron datos sensibles, que se

los dividió en puntos de advertencia que son los puntos que se encuentran entre la zona B y la zona A. Y los puntos críticos que son los valores que salen de los límites de control naturales. Está configurado en la tabla de Excel para solo mostrar en los datos sensibles aquellos datos tanto los críticos como los sensibles como una ayuda visual de alarma para trabajar en ellos.

Ya con la tabla llena de los registros se procede a realizar un gráfico de pre-control dinámico propuesto con fondo de color negro para una mejor visualización, como se ilustra en la figura 6.2.2 con la finalidad de tener una mayor visualización de la gráfica, para su posterior análisis.

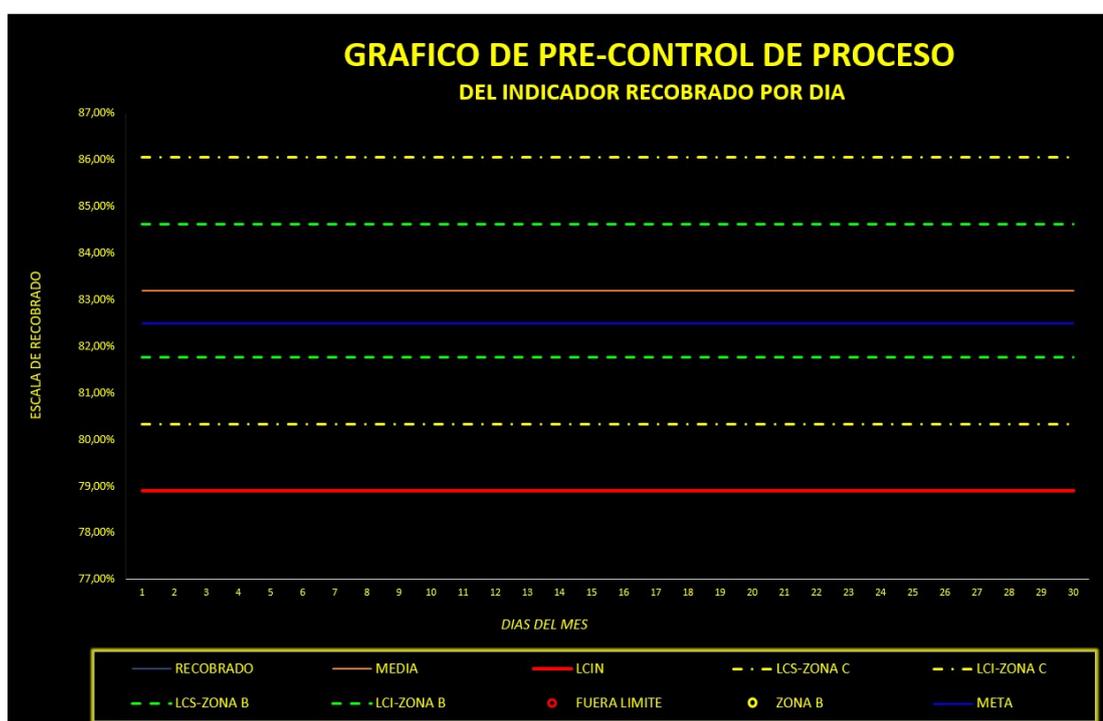


Figura 6.2.2 Gráfico de pre-control del recobrado diario

(Fuente: Autor)

6.2.3 Reglas para control de los gráficos de proceso del recobrado.

El objetivo de las gráficas de pre-control como su nombre lo indica, es utilizado para controlar que los valores del recobrado no salgan de los límites de especificación. Para evitar un aumento en los rechazos y poder actuar antes que estos salgan de control.

El presente control de Proceso vamos usar las reglas de control de proceso codificadas y publicadas en 1956 por el comité especializado de la compañía

Western Electronics, y vamos a personalizarlas en el recobrado para monitoreo y pre-control del proceso. A continuación se presenta un resumen de las principales reglas personalizando las posibles causas asociadas de tendencia para la interpretación del grafico de pre-control.

Regla 1: Si existe un punto fuera de los límites de control se debe revisar su causa, ya que esta tendría una probabilidad del 99,97% de que ocurra y puede estar actuando una causa especial o atípica del recobrado. Para esta regla se creó en el gráfico un sistema de alerta llamado punto fuera de límite o crítico como se muestra en la figura 6.2.2 que se añadirá un círculo de color rojo automáticamente en cada punto que salga del límite inferior.

Regla 2: Cuando existen de 2 a 3 puntos en la zona A. Este punto no está fuera de los límites de especificación pero es un valor que comienza alejarse del promedio , en la zona A, donde no debería tener muchos puntos, lo que nos puede indicar su pronóstico es que la media ha cambiado, este promedio cuando se acerca al límite superior es causal de alguna mejora para el recobrado, pero si esto ocurre en la zona a del límite inferior, existe alguna referencia que salió con algún fallo, la materia prima con impurezas, una falla operacional o una matriz con algún problema de deformación como posibles causas. Para esta Regla También tenemos un indicativo visual llamado punto de advertencia como se muestra en la figura 6.2.2 que va marcarse con un círculo amarillo en cada punto que se encuentre en la zona A.

Regla 3: Cuando existe una concentración en una región de baja probabilidad, pudiendo también indicar un cambio del promedio, la tendencia se da si es están 4 o 5 puntos en la Zona A o en la Zona B por debajo de la media. Indica una tendencia a la baja del recobrado. Se debe realizar un análisis de las causas de chatarra no planificada.

Regla 4: Si 8 puntos caen en la misma zona de la gráfica, como ejemplo sería la misma probabilidad de jugar a lanzar una moneda 8 veces y 8 veces esta caiga en cara. Es decir es una afirmación que algo en el proceso de fabricación cambio para que de esta tendencia. El objetivo es saber si esto es bueno o malo todo depende si se acerca al límite superior es bueno pero si se acerca al límite inferior debe haber una causa latente.

Regla 5: Cuando 15 puntos seguidos se encuentran en la zona c, nos pronostica que probablemente el promedio se mantuvo, pero resulta que la variabilidad del proceso bajo. Es importante ver y analizar, que en estos casos se secuencias grandes, es más complicado de investigar pues este cambio del proceso no ocurrió ese momento sino que ya venía con esa tendencia y el punto seria inicial de estos 15 sería donde comenzó la secuencia.

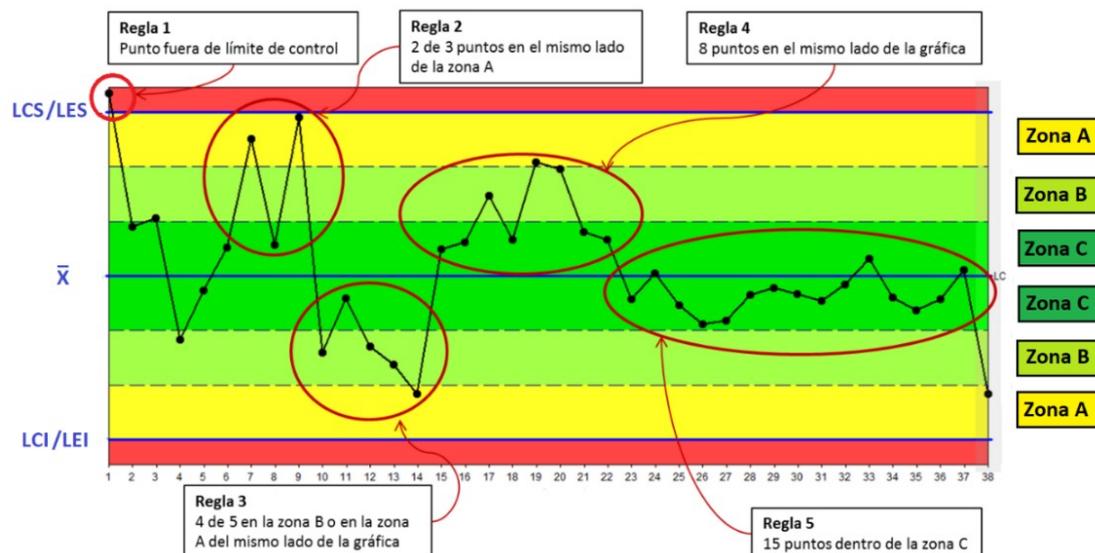


Figura 6.2.3.1 Esquema resumen a de las reglas para grafico de pre-control

(Fuente: Autor)

Regla 6: Si existen 6 puntos consecutivos son crecientes o decrecientes esto puede indicar algún desgaste en el proceso como des calibración de alguna máquina, o cambio de calidad de alguna materia prima. Al existir esto debemos identificarlo rápido y reportarlo.

Regla 7: Indica que alrededor del 70% de los puntos deberían estar en la zona c. Probablemente en una situación como esta se puede estar mezclando datos de dos comportamientos diferentes que puede ser por algún cambio de aleaciones, cambio de recetas o alguna des calibración del equipo es decir los procesos presentan promedios diferentes, ya que las aleaciones estructurales presentan un alto rechazo traducido a un bajo recobrado por ser una materia prima más dura y que se desgarrar o raya fácilmente, esto hace que se rechace más a diferencia de aleaciones arquitectónicas.

Regla 8: Si tenemos 15 puntos consecutivos oscilantes. Otra posibilidad de causa sería dada en función de realizar ajustes en el proceso a cada medición (interferencia en lugar de ajuste).

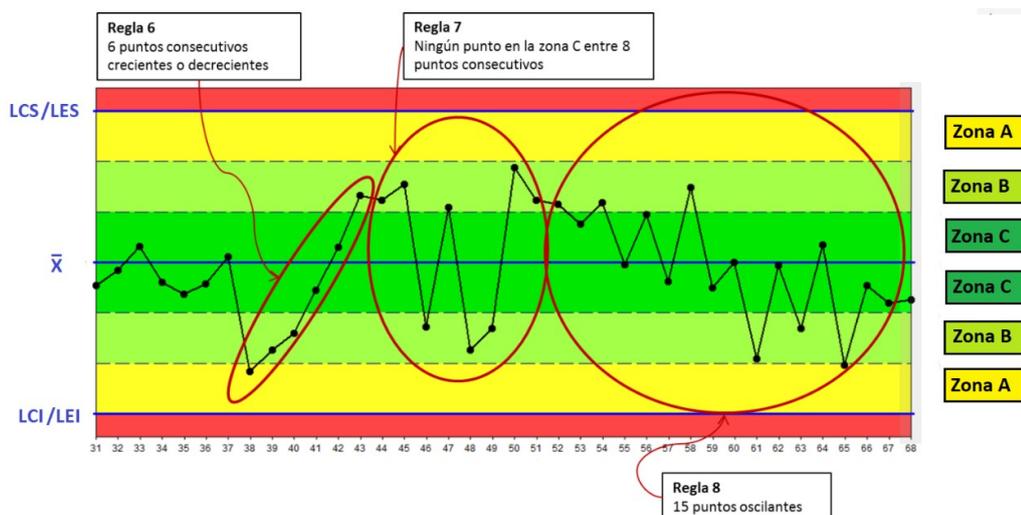


Figura 6.2.3.2 Esquema resumen b de las reglas para gráfico de pre-control
(Fuente: Autor)

6.2.4 Implementación de gráficos de pre-control del recobrado

Para realizar los gráficos de pre-control debemos saber que cada día se producen de 29 a 54 matrices o formas de perfiles con un promedio de 21000 kilos diarios de perfiles fabricados en un trabajo de 24 horas. Cada forma de perfil tiene su propia naturaleza de rendimiento por que cada perfil tiene un peso por metro diferente, formas y espesores que en el proceso causan rechazos asociados a su forma, como se revisó en los datos de la figura 3.4.3, por este motivo se va a realizar un gráfico de pre-control del recobrado por turno para controlar los 3 turnos del día, con el objetivo de tener un gráfico de control diario con menos variación.

6.2.4.1 Gráfico de pre-control diario de recobrado por turno

Con el objetivo de tener un mejor control, el mismo grafico vamos a cambiar los encabezados en datos de Origen como se muestra en la Tabla 20, vamos a ingresar el número de turno y el valor del recobrado. Estos datos de recobrado al ser turno a turno, por cualquier causa, se puede actuar depende el problema para que el recobrado no se afecte al siguiente turno, con este control se puede asegurar que el recobrado diario en lo posible no tenga puntos fuera del límite de control inferior LCIN ya que hay que recordar que el objetivo es 82.5% y que mientras más alto sea el valor de recobrado es mejor para el proceso y para la compañía.

Tabla 20
Datos para realizar el gráfico de pre-control del recobrado por turno mensual

DATOS ORIGINALES			LINEAS DE CONTROL Y ESTADISTICOS								DATOS SENSIBLES	
MES	TURNO	RECOBRADO	MEDIA	ZONA	LCI	META	LCS-ZONA C	LCI-ZONA C	LCS-ZONA B	LCI-ZONA B	PUNTOS CRITICO	PUNTOS ADVERTENCIA
MARZO	4911	80,36%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4912	83,15%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4913	78,20%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	78,20%	#¿NOMBRE?
MARZO	4914	86,53%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4915	80,16%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	80,16%
MARZO	4916	81,57%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4917	84,82%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4918	83,92%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4919	80,93%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4920	87,27%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4921	85,17%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4922	82,51%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4923	82,90%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4924	83,02%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4925	83,28%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4926	85,10%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4927	83,89%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4928	77,22%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	77,22%	#¿NOMBRE?
MARZO	4929	83,12%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4930	79,86%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	79,86%
MARZO	4931	86,54%	83,19%	87,48%	78,90%	82,50%	86,05%	80,33%	84,62%	81,76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?

(Fuente: Autor)

Para tener más claro este gráfico vamos a ingresar los datos del recobrado de los turnos del mes de marzo 2021 (Ver Anexo E) y poder evidenciar en la gráfica que valores generaron, cuántos puntos de advertencia y críticos se evidencio durante el mes.

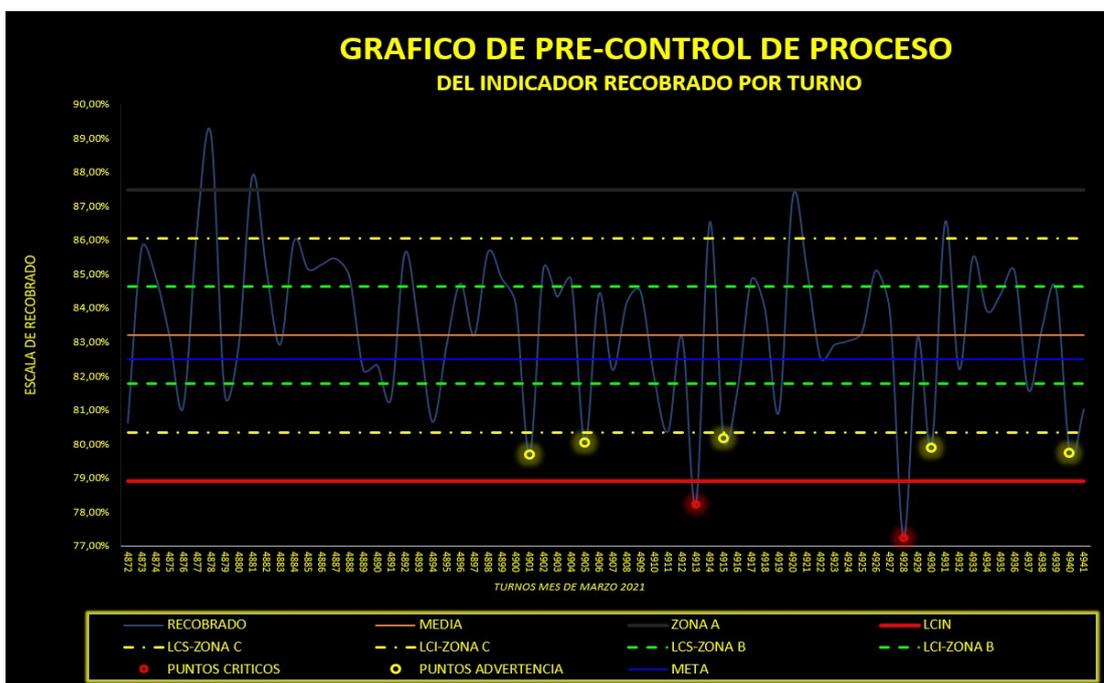


Figura 6.2.4.1 Gráfico pre-control del recobrado por turno – marzo 2021

(Fuente: Autor)

Como se observa en la figura 6.2.4.1 los puntos fuera de especificación se graficó un punto de color rojo en la gráfica como indicativo de alerta y se marcaron de

amarillo los puntos de advertencia que están en la zona A. Estos puntos se evaluaron y se trabajó en ellos, excepto los puntos atípicos por ejemplo los del reporte 4911 al 4913, los cuales fueron causados por un daño en el equipo de guiado de perfiles, que por una falla de función provocó un incremento de chatarra el cual se resolvió en 24 horas hasta encontrar el fallo. Causas puntuales como estas se reportan y se resuelven con ayuda externa en este caso con el apoyo del grupo de Mantenimiento de la compañía.

Datos de ingreso y control:

Datos recobrado: Extraer del sistema ERP/SIP por turno

Responsable de Ingreso: Operadores de prensa

Registro: Gráfico de Pre-control del recobrado en Excel

Secuencia: cada final del turno ingresar este valor al registro Excel.

Control: Supervisor del turno / Operador de Prensa

6.2.4.2 Gráfico de pre-control diario de recobrado

Para la aplicación del gráfico solo se debe ingresar la fecha y el valor del recobrado en la tabla 19, en la sección de datos originales, en la columna de recobrado, con este ingreso la tabla automáticamente registra y dibuja todos los valores de control.

Como se pudo observar en la figura 6.2.4.1 existieron varios puntos críticos y de advertencia, los cuales se realizó varios ajustes para disminuir chatarra en los turnos consiguientes, teniendo como resultado de ese pre-control el gráfico de control diario de marzo de la figura 6.2.4.2, donde se puede evidenciar que tenemos todos los valores del recobrado dentro de los límites de control.

También podemos observar que en el mes de marzo del 2021 no existen datos fuera de control.

Datos de ingreso y control:

Datos recobrado: Extraer del sistema ERP/SIP por turno

Responsable de Ingreso: Supervisor de extrusión

Registro: Gráfico de control diario del recobrado en Excel

Secuencia: cada final del día ingresar este valor al registro Excel.

Control: Supervisor del Turno / Jefe de Área.

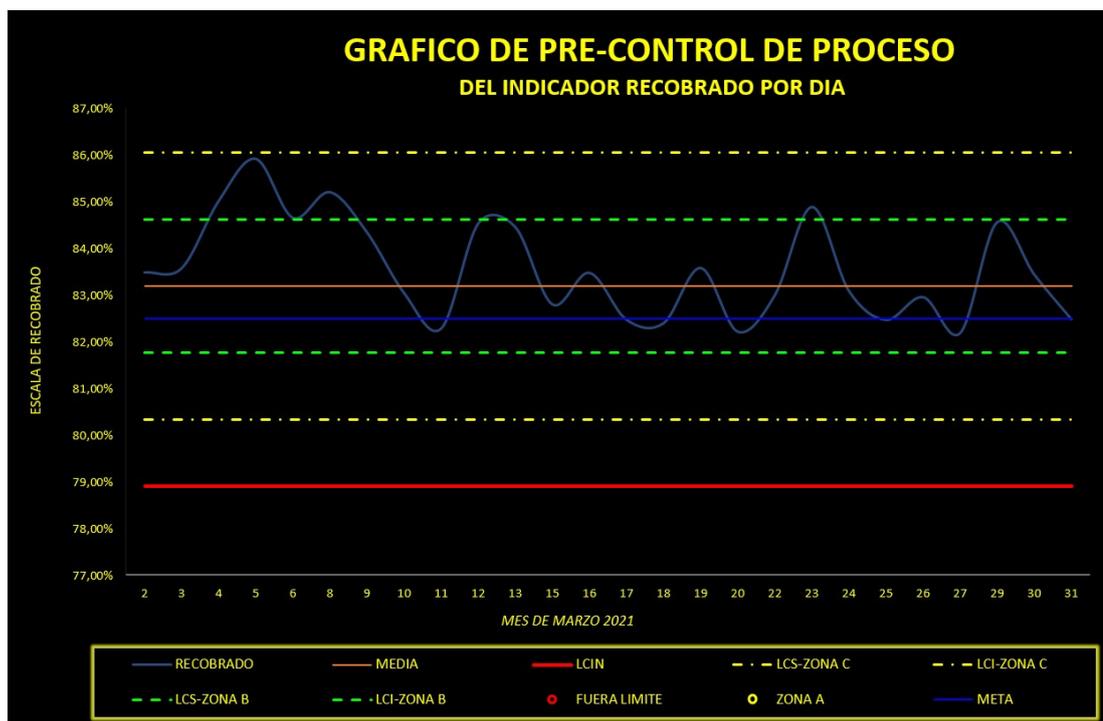


Figura 6.2.4.2 Gráfico de pre-control del recobrado por día – mes de marzo 2021

(Fuente: Autor)

6.3 Resultados obtenidos, cp y cpk del recobrado.

Se procede a calcular los índices de capacidad de proceso del periodo de desarrollo e implementación del presente proyecto de octubre 2020 a marzo 2021, con los recobrados diarios obtenidos. (Ver anexo B), para su cálculo y comparación vamos usar los mismos límites de especificación que se usó antes del desarrollo de este proyecto.

Datos:

$$\mu = 0.8319 = 83.19\%$$

$$\sigma = 0.014295 = 1.4295\%$$

LES = NO EXISTE MIENTRAS MAYOR ES MEJOR

LEI = 79%

Calculo del Cp del recobrado:

$$Cp \text{ del Recobrado} = Cp = \frac{LES - LEI}{6 \sigma} \quad \text{F.2}$$

$$Cp = \frac{N/A - 79\%}{6 (1.4295\%)}$$

$$Cp = \frac{N/A}{6,699\%}$$

$$Cp = N/A$$

Calculo del Cpk del recobrado:

$$Cpks \text{ del Recobrado} = Cpks = \frac{N/A - \mu}{3 \sigma} \quad \text{F.3}$$

$$Cpks = \frac{N/A - 83.19\%}{3 (1.4295\%)}$$

$$Cpks = \frac{N/A}{4,289\%}$$

$$Cpks = N/A$$

$$Cpki \text{ del Recobrado} = Cpki = \frac{\mu - LEI}{3 \sigma} \quad \text{F.4}$$

$$Cpki = \frac{83.19\% - 79\%}{3 (1.4295\%)}$$

$$Cpki = 0.98$$

Como podemos revisar de los calculos anteriores el Cp en la fórmula 10, no tiene ningun valor ya que no existe un limite superior.

Para el calculo del Cpks y el Cpki, al igual que el Cp, el Cpks no tiene valor porque no tenemos un valor de límite superior como se muestra en la fórmula 11 y el Cpki tiene un valor de 0.98 indicando que en este rango es un proceso capaz con un cierto valor de rechazos o con ciertos puntos fuera de control.

Como el objetivo es de 82.5% y en el nuevo valor del recobrado medio desde la mejora tiene un promedio de 83.19%, por tal motivo se tomaría en cuenta como Cpk el valor de C_{pk} de 0.98.

Para un mejor entendimiento de un aumento de la capacidad del proceso vamos a realizar una comparativa de la capacidad de recobrado anterior a este estudio y el recobrado nuevo del presente desarrollo.

Primero vamos a realizar una prueba de normalidad a los datos diarios del recobrado de octubre 2020 a marzo del 2021, para saber si los datos cumplen una normalidad con a prueba de Anderson-Darling en Minitab, ver la figura 6.3.1, donde podemos observar que los datos son Normales con un valor p de 0.331 que es mayor a 0.05.



Figura 6.3.1 Prueba de normalidad del recobrado nuevo

(Fuente: Autor)

Para la diferenciar los C_{pk} del recobrado previo al estudio y luego del presente estudio vamos a ingresar como los datos de RECOBRADO ANTES los datos del recobrado de abril 2019 a septiembre del 2020 del Anexo A y como valor de RECOBRADO DESPUES los datos del recobrado de octubre 2020 a marzo del 2021 del Anexo B.

Se observa en la figura 6.3.2 que el histograma de capacidad de RECOBRADO ANTES están la mayoría de datos por debajo del objetivo de 82.5% mientras que el RECOBRADO DESPUES la mayor parte de los valores del recobrado están centrados después del valor objetivo, con un promedio de 83.19% que supera la meta.

También se puede observar que el histograma de RECOBRADO NUEVO, la mayoría de datos están dentro de los límites de control, con una tendencia de incrementar su media por encima de la meta.

Los valores de Capacidad de proceso del RECOBRADO DESPUES son de C_{pk} = 0.98 que es un valor mejor a la capacidad del proceso del RECOBRADO ANTES de

Cpk = 0.43, teniendo como resultado una mejora del proceso con un cambio de media en aumento de 0.55 indicando una mejora en el control de proceso y una disminución en la variabilidad con una diferencia de desviación estándar de 0.379%.

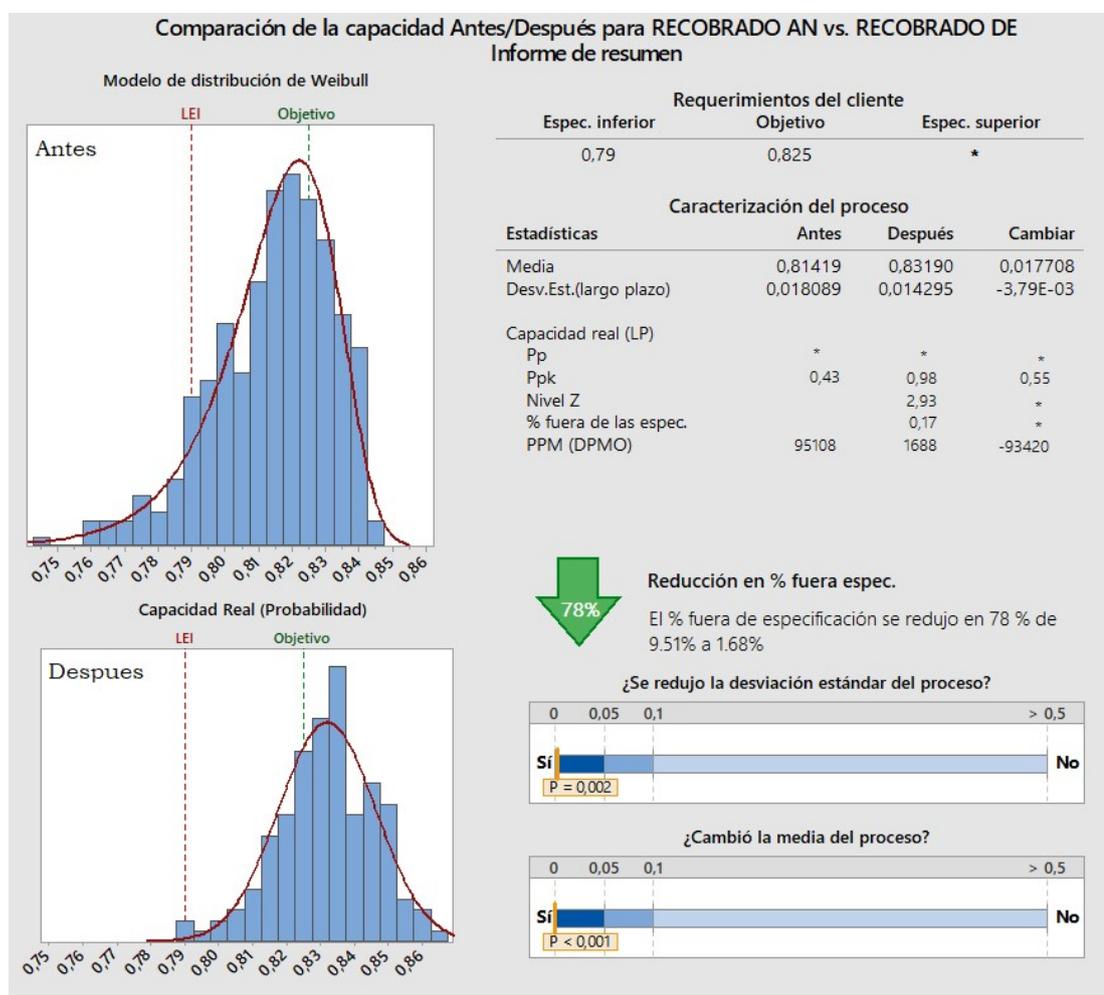


Figura 6.3.2 Capacidad del proceso del recobrado CP y CPK (Antes y después)

(Fuente: Autor)

El porcentaje de rechazo se redujo en un 78% de 9.51% del Recobrado antes versus el 1.68% del recobrado después, como se observa en la parte inferior derecha de la figura 6.3.2.

CAPÍTULO 7

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

1. El proyecto se centralizó en mejorar el indicador del recobrado por encima de la meta planteada por la empresa que es de 82.5%. El principal objetivo se cumplió que fue aumentar el recobrado en un 50% de 81,79% a 83,19%, hasta marzo del 2021, y se obtuvo como promedio de octubre 2020 a marzo 2021 un recobrado del 83,22% con una tendencia no solo a mantenerse sino a la mejora.
2. Se aplicaron varias herramientas para el análisis causa raíz como Ishikawa, matrices ponderadas y Pareto enfocadas en el análisis de las posibles causas que afectan el recobrado clasificándolas su enfoque en chatarras planificadas y chatarras no planificadas.
3. En la etapa de mejora, se implementó una estandarización en el proceso de Extrusión por medio de recetas de producción en las que incluyó la posible chatarra programada incluyendo el largo de Butt, el largo de mesa, largo de los despuntes y todas las variables de entrada con la finalidad de disminuir la variabilidad que existía, estos datos de receta tuvieron como resultado la disminución de la desviación estándar de 1.8089% a 1.4295%.
4. En la prueba de estandarización realizada en los perfiles AAA en noviembre del 2020 se pudo observar una mejora ponderada de 1.3 % en el recobrado, que al ir incrementando en cada producción mensual ayudó a la mejora del recobrado como se observa en los periodos de octubre 2020 a marzo 2021.
5. Se pudo observar que mediante la implementación de un pre-control de proceso estadístico del recobrado aplicado en marzo 2021 turno a turno, se puede disminuir la variabilidad y eliminar valores que salgan de los límites de control.
6. Se evidenció que, mediante la estandarización y control de proceso estadístico, la capacidad de proceso aumento de $Cpk = 0.43$ de recobrado anterior al $Cpk = 0.98$ del nuevo recobrado, teniendo como resultados un menor rechazo y un proceso más confiable.
7. Se Implementó una metodología DMAIC durante el desarrollo del presente proyecto concluyendo con la etapa de control acciones de mejora continua y se identificó con los indicadores de 6 Sigma como disminuyó el rechazo un 78% de reducción de los productos fuera de especificación de 9.51% del recobrado antes versus el 1.68% del recobrado después.

7.2 Recomendaciones.

1. Se recomienda seguir registrando en cada producción los valores de receta de los perfiles que no son de alta rotación con la finalidad de llegar a tener una estandarización mayor al 90% en un año.
2. En el proceso de extrusión donde se realizó el presente trabajo se cuenta con equipos modernos con tecnología de punta en los cuales se recomienda exportar estos valores a una base de datos por cada producto para tener un análisis más numérico y proyectarse en controlar otras variables del proceso para disminuir la variabilidad.
3. Se recomienda mantener los controles turno a turno de chatarras tanto planificadas como las chatarras no planificadas apoyadas en el gráfico de pre control y utilizando las herramientas aplicadas en el presente trabajo.
4. Considerar la alternativa de desarrollar un reporte automático de gráficos de control del recobrado que tomen para su registro los datos del sistema ERP por cada referencia.
5. Para un análisis más acertado, rápido y profundo de los datos en la gráfica de control se recomienda que se adquiriera una licencia de Minitab actual como herramienta estadística.

BIBLIOGRAFÍA

- Anis Ben Alaya. (2016). El método Seis Sigma: Mejore los resultados de su negocio. *50Minutos*.
- Escalante, E. (2005). *Seis-Sigma: metodología y técnicas*. 1–435.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (M. G. H. Education (ed.)).
- Heizer, J., Render, B., & Parra, J. L. M. (2015). *Dirección de la producción y de operaciones* (P. Educación. (ed.)).
- Herrera Acosta, R. J., & Fontalvo Herrera, T. J. (2005). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus aplicaciones*. 1–435.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Control Estadístico de Procesos*. (P. Educación. (ed.)).

ANEXOS

ANEXO A

REGISTROS DIARIOS DEL RECOBRADO DE ABRIL 2019 A SEPTIEMBRE 2020

MES	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	MES	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	MES	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO
abril	511 376	413 807	80.92%	julio	561 954	457 463	81.41%	octubre	488 140	392 253	80.36%
1	17 582	14 974	84.64%	1	17 728	14 943	84.29%	2	12 127	9 779	80.64%
2	16 531	13 595	82.17%	2	19 860	16 424	82.70%	3	17 018	14 530	82.47%
3	5 362	4 393	81.93%	3	25 533	20 584	80.62%	4	17 063	13 492	79.07%
4	15 680	12 543	79.95%	4	23 975	19 270	80.38%	8	9 510	7 204	75.75%
5	24 123	20 014	82.97%	5	25 020	20 695	82.69%	9	15 088	11 974	79.31%
6	19 545	16 240	83.05%	6	8 425	7 021	83.34%	10	24 141	19 604	81.20%
7	5 589	4 619	82.45%	8	24 598	19 892	81.00%	11	25 346	20 700	81.67%
8	14 522	11 054	76.13%	9	15 384	12 952	84.19%	12	23 125	18 413	79.63%
9	26 788	22 003	82.20%	10	23 623	19 392	82.09%	13	7 687	6 238	81.14%
10	24 387	19 873	81.49%	11	24 262	20 190	83.22%	14	12 829	10 413	81.17%
11	26 485	21 644	81.72%	12	17 348	14 403	83.03%	15	25 274	20 590	79.49%
12	22 819	18 361	80.47%	15	20 084	16 102	80.18%	16	25 147	20 203	80.70%
13	25 526	20 614	79.91%	16	22 963	18 496	80.73%	17	23 373	19 018	81.37%
15	20 327	16 433	80.84%	17	13 110	10 546	80.51%	18	24 376	19 807	81.03%
16	23 381	18 919	80.98%	18	25 093	20 451	81.50%	19	13 054	10 370	79.44%
17	24 376	19 343	79.55%	19	24 480	19 967	81.56%	21	20 524	17 054	83.10%
18	17 267	12 678	73.46%	20	19 478	15 866	81.20%	22	22 745	18 626	81.93%
22	14 679	11 710	79.83%	22	25 011	19 776	79.07%	23	24 349	19 646	81.50%
23	22 998	18 626	81.07%	23	19 841	15 696	80.12%	24	27 428	21 729	79.22%
24	23 433	18 346	78.29%	24	25 045	20 394	81.43%	25	19 740	15 644	79.25%
25	25 565	20 669	80.85%	25	25 079	19 944	79.72%	27	11 677	8 893	76.16%
26	25 701	20 909	81.36%	26	27 866	21 360	76.32%	28	23 038	18 141	78.74%
27	23 734	18 784	79.14%	27	9 088	7 564	83.24%	29	19 656	15 754	80.16%
28	4 898	3 936	81.69%	29	23 782	19 377	81.48%	30	19 822	15 642	78.88%
29	21 079	16 144	76.59%	30	24 106	19 746	81.91%	31	23 443	18 908	80.66%
30	19 707	15 574	83.25%	31	26 059	21 980	84.36%	Noviembre	513 906	415 158	80.78%
mayo	522 195	427 118	81.79%	agosto	465 302	381 232	81.93%	1	4 344	3 298	75.91%
1	18 317	14 988	81.88%	1	25 240	20 461	81.07%	4	12 290	9 959	81.02%
2	26 962	21 819	80.93%	2	27 598	22 956	83.18%	5	22 983	18 336	79.78%
6	26 197	21 453	81.89%	5	17 693	14 813	83.72%	6	21 375	16 527	77.54%
7	22 409	18 127	80.89%	6	26 209	20 956	79.96%	7	20 678	16 662	81.50%
8	23 285	18 828	80.93%	7	24 789	20 645	83.29%	8	23 369	18 770	80.32%
9	18 731	15 227	81.30%	8	25 367	20 731	81.73%	9	14 184	11 075	77.66%
10	25 454	20 306	79.77%	9	24 570	19 819	79.85%	10	5 350	4 212	78.73%
11	22 881	18 573	81.17%	10	7 833	6 057	77.33%	11	19 871	16 388	82.52%
13	17 006	13 963	82.05%	12	24 949	20 373	81.65%	12	23 106	18 593	80.47%
15	22 713	18 486	81.39%	13	21 548	17 759	82.41%	13	21 483	17 138	79.77%
16	14 076	11 527	81.89%	14	24 097	19 778	82.08%	14	15 595	13 567	87.01%
17	25 146	21 100	83.91%	15	26 637	22 345	83.89%	15	13 777	11 328	80.77%
18	27 248	23 099	84.77%	16	6 578	4 813	73.17%	16	23 304	19 075	81.85%
19	24 640	21 450	87.05%	19	22 588	18 548	82.11%	17	16 113	13 252	82.25%
20	19 327	16 012	82.82%	20	25 839	21 353	82.64%	18	14 984	12 132	80.97%
21	21 786	17 217	79.03%	21	21 077	17 444	82.76%	19	21 394	17 325	80.98%
22	18 813	15 486	82.31%	22	3 827	3 163	82.40%	20	24 212	19 997	82.59%
23	23 286	19 011	81.64%	26	14 810	12 148	82.03%	21	23 330	18 460	79.12%
24	20 759	16 916	81.53%	27	24 296	20 103	82.74%	22	21 772	18 766	83.98%
27	23 419	19 427	82.95%	28	22 934	19 999	82.84%	23	19 033	15 054	78.85%
28	22 573	18 592	82.58%	29	18 564	15 477	83.37%	25	20 389	16 134	79.13%
29	20 633	16 334	79.17%	30	19 515	14 634	80.11%	26	25 725	21 513	83.63%
30	21 269	17 290	81.30%	31	9 743	7 889	80.75%	27	21 376	17 251	80.78%
31	21 284	16 986	79.90%	Septiembre	401 532	322 838	80.40%	28	25 350	20 652	81.47%
junio	523 628	427 790	81.70%	2	15 879	13 628	85.83%	29	23 959	19 876	82.92%
1	23 637	19 629	82.89%	3	15 243	12 621	82.86%	30	13 571	10 469	77.14%
3	22 950	18 384	80.10%	4	17 262	14 207	82.30%	Diciembre	475 398	390 770	82.20%
4	27 626	23 781	85.73%	5	5 041	4 197	83.26%	2	11 487	9 043	78.73%
5	22 679	18 282	80.61%	6	9 976	8 487	85.08%	3	25 546	21 123	82.69%
6	22 422	18 690	83.35%	7	6 540	5 345	81.73%	4	17 162	14 120	82.32%
7	24 916	20 605	82.70%	9	20 682	16 918	81.80%	5	23 416	18 253	82.22%
8	23 764	19 061	80.21%	10	12 491	10 497	84.03%	6	26 517	21 871	82.48%
10	24 580	20 116	81.84%	11	17 581	13 880	78.95%	7	20 249	16 685	82.40%
11	17 603	14 321	81.35%	12	15 069	11 946	79.28%	8	21 295	17 445	81.94%
12	22 176	17 955	80.96%	13	22 780	18 507	81.24%	9	21 991	18 347	83.43%
13	23 490	19 274	82.05%	14	19 249	15 809	82.12%	11	23 470	19 630	83.64%
14	19 821	15 767	79.55%	16	13 657	10 577	77.45%	12	23 560	19 346	82.11%
15	3 995	3 203	80.18%	17	15 797	12 516	79.23%	13	23 370	19 471	83.32%
17	21 797	17 434	79.98%	18	15 604	12 195	77.90%	14	24 423	20 349	83.32%
18	21 763	17 848	82.01%	19	21 413	17 030	79.53%	15	18 764	15 568	82.97%
19	22 763	18 259	80.21%	20	20 708	16 574	80.04%	16	13 449	11 172	83.07%
20	19 948	16 030	80.36%	21	7 321	5 784	79.01%	18	2 084	1 700	81.56%
21	20 675	16 891	81.83%	22	12 862	10 600	82.41%	19	8 502	7 171	84.34%
22	5 317	4 118	77.44%	23	15 775	12 829	81.33%	20	9 292	7 338	78.97%
24	20 488	16 985	82.90%	24	13 397	10 579	78.96%	21	25 827	21 246	82.26%
25	23 434	19 381	82.70%	25	12 907	10 343	80.14%	22	26 034	21 501	82.59%
26	19 631	16 036	81.69%	26	12 535	9 826	78.39%	23	26 399	21 468	81.32%
27	22 569	18 653	82.76%	27	16 512	11 918	72.83%	24	7 568	6 233	82.36%
28	24 377	19 438	79.74%	28	16 483	12 850	77.96%	26	14 501	11 801	79.73%
29	21 116	17 439	82.55%	29	14 358	11 641	81.07%	27	20 330	16 481	81.07%
				30	14 470	11 595	79.92%	28	14 514	11 360	78.27%
								29	10 050	8 013	83.17%
								30	7 458	6 233	83.57%

Fuente: Datos SIP 2020

MES	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	MES	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	MES	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO
enero	490.769	394.320	80.35%	abril	24.990	20.731	82.96%	julio	335.018	278.737	83.20%
6	19.561	16.256	83.11%	27	5.107	4.329	84.76%	1	14.610	12.078	82.67%
7	23.622	19.972	80.31%	28	6.033	5.039	83.52%	2	6.085	5.047	82.95%
8	23.143	18.577	80.27%	29	7.949	6.690	84.17%	3	6.213	5.093	81.98%
9	22.004	18.074	82.14%	30	5.901	4.673	79.19%	6	8.854	7.226	81.61%
10	20.248	16.204	80.03%	mayo	64.927	53.365	82.19%	7	17.614	15.143	85.98%
11	19.525	14.769	75.72%	1	5.390	4.531	84.06%	9	13.971	11.591	82.97%
12	6.997	5.359	76.59%	4	1.310	1.108	84.62%	9	13.318	10.730	80.57%
13	19.507	15.839	81.20%	18	4.208	3.318	78.83%	10	16.010	13.425	83.85%
14	19.796	14.786	74.69%	19	3.952	3.365	85.16%	11	8.480	7.068	83.34%
15	13.886	11.414	82.20%	20	4.547	3.815	83.90%	13	13.084	10.987	83.97%
16	21.759	15.748	72.37%	21	5.722	4.875	85.20%	14	15.919	12.893	80.99%
17	19.122	15.221	79.60%	22	7.830	6.668	85.16%	15	16.164	13.432	83.47%
18	21.765	16.760	77.00%	25	5.628	4.693	83.38%	16	17.149	14.413	84.04%
20	16.646	13.684	82.21%	26	5.479	4.383	80.08%	17	17.329	14.727	84.98%
21	24.308	20.237	83.25%	27	4.345	3.365	77.45%	20	16.183	13.614	84.13%
22	23.606	19.194	81.31%	28	6.241	4.958	79.44%	21	14.716	12.324	83.75%
23	23.394	19.669	79.80%	29	10.334	8.286	80.18%	22	16.622	13.843	83.28%
24	24.817	19.832	79.91%	junio	242.919	201.509	82.95%	23	14.633	12.188	83.29%
25	25.640	21.244	82.86%	1	8.179	6.746	82.47%	24	15.289	12.657	82.78%
27	21.431	16.804	78.41%	2	5.589	3.834	68.61%	27	18.664	15.501	83.05%
28	21.471	17.869	83.23%	3	7.819	6.198	79.26%	28	14.804	12.174	82.24%
29	18.911	15.576	82.36%	4	8.827	7.197	81.53%	29	14.654	11.911	81.28%
30	19.942	16.246	81.47%	5	6.808	4.619	67.85%	30	9.295	7.903	85.03%
31	20.666	16.986	82.20%	8	6.800	5.585	82.13%	31	15.361	12.708	82.73%
febrero	427.030	349.270	81.79%	9	13.028	11.020	84.59%	agosto	305.695	253.361	82.88%
3	10.696	8.324	77.82%	10	12.291	10.458	85.09%	3	16.591	14.110	85.05%
4	26.301	21.479	81.67%	11	9.528	7.902	82.94%	4	14.077	11.663	82.85%
5	19.264	15.970	82.90%	12	12.551	10.755	85.69%	5	12.992	10.400	80.04%
6	25.438	21.396	84.11%	15	13.765	11.531	83.77%	6	12.771	10.471	81.98%
7	16.659	14.021	84.17%	16	9.708	8.153	83.98%	7	15.034	12.468	82.93%
8	19.997	16.296	81.49%	17	12.557	10.433	83.09%	10	6.885	5.669	82.57%
10	19.950	16.576	83.09%	18	13.300	11.390	85.63%	11	13.711	11.382	83.02%
11	24.708	20.668	83.65%	19	12.590	10.603	84.22%	12	15.595	13.054	83.71%
12	21.084	17.169	81.43%	22	12.935	10.861	83.97%	13	12.089	9.795	81.02%
13	18.694	15.192	80.71%	23	13.654	11.588	84.87%	14	9.964	8.008	80.37%
14	22.492	18.535	82.41%	24	13.767	11.592	84.20%	17	13.126	10.705	81.56%
15	20.561	16.379	79.66%	25	10.671	8.623	80.81%	18	10.336	8.461	81.86%
16	5.867	4.802	81.85%	26	13.047	10.896	83.44%	19	14.872	12.299	82.70%
17	23.402	19.228	82.17%	29	11.523	9.812	85.16%	20	13.991	11.577	82.75%
18	20.717	16.715	80.68%	30	13.982	11.722	83.83%	21	14.883	12.369	83.11%
19	17.694	14.157	80.01%					24	18.030	15.006	83.23%
20	8.395	6.940	82.67%					25	20.879	17.305	82.88%
25	14.594	11.936	81.79%					26	17.689	14.816	83.76%
26	22.961	19.920	82.40%					27	20.409	17.030	83.45%
27	24.422	19.871	81.36%					28	13.624	11.188	82.19%
28	23.350	19.941	81.12%					31	18.165	15.574	85.74%
29	19.584	15.755	80.45%					Septiembre	390.840	322.285	82.46%
marzo	307.124	249.838	81.35%					1	9.042	7.662	84.73%
2	18.926	14.839	78.41%					2	16.953	13.889	81.93%
3	22.670	18.452	81.39%					3	16.879	13.812	81.83%
4	22.357	18.135	81.12%					4	13.359	10.663	79.82%
5	21.915	17.980	82.04%					7	15.132	12.731	84.13%
6	22.111	17.609	79.64%					8	18.823	15.618	82.97%
7	19.543	15.197	77.76%					9	13.347	11.201	83.92%
9	14.049	11.479	81.71%					10	6.227	5.235	84.06%
10	25.538	21.381	83.72%					11	14.888	12.351	82.96%
11	26.729	22.100	82.68%					14	15.898	13.148	82.70%
12	21.396	17.332	81.01%					15	18.447	15.389	83.44%
13	23.661	19.421	82.08%					16	11.972	9.781	81.70%
14	29.500	24.292	82.35%					17	16.233	13.376	82.40%
16	21.329	17.259	80.92%					18	14.797	11.939	80.68%
17	17.399	14.363	82.55%					21	17.512	13.990	79.89%
								22	17.623	14.299	81.14%
								23	18.499	15.236	82.36%
								24	26.257	21.579	82.18%
								25	20.776	17.037	82.00%
								26	17.446	14.261	81.74%
								28	17.858	14.951	83.72%
								29	27.309	22.601	82.76%
								30	25.562	21.735	85.03%

Fuente: Datos SIP 2020

ANEXO B

REGISTROS DEL RECOBRADO DIARIO DE OCTUBRE 2020 A
MARZO DEL 2021

mes	día	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO
octubre	1	7.804	6.486	83,12%
-	2	26.927	22.822	84,76%
-	3	7.263	5.941	81,79%
-	5	14.233	11.677	82,04%
-	6	17.180	14.458	84,16%
-	7	14.190	11.595	81,71%
-	8	14.716	11.594	78,79%
-	9	16.334	13.506	82,69%
-	12	11.522	9.222	80,04%
-	13	22.981	18.767	81,66%
-	14	28.602	24.359	85,17%
-	15	25.118	20.964	83,46%
-	16	26.567	22.548	84,87%
-	17	25.370	21.190	83,52%
-	18	7.763	6.593	84,93%
-	19	18.910	16.104	85,16%
-	20	26.955	23.012	85,37%
-	21	26.599	23.001	86,47%
-	22	26.510	22.371	84,39%
-	23	25.794	21.602	83,75%
-	24	21.702	17.928	82,61%
-	25	8.315	7.166	86,18%
-	26	14.565	12.201	83,77%
-	27	16.923	14.269	84,32%
-	28	23.520	19.558	83,16%
noviembre	30	18.448	15.636	84,76%
-	31	24.460	20.475	83,71%
-	4	10.676	9.167	85,87%
-	5	26.216	21.752	82,97%
-	6	29.687	24.600	82,86%
-	7	28.534	23.713	83,10%
-	9	16.464	13.466	81,79%
-	10	24.933	20.769	83,30%

-	<u>11</u>	<u>22.890</u>	<u>18.939</u>	<u>82,74%</u>
-	<u>12</u>	<u>25.304</u>	<u>21.052</u>	<u>83,20%</u>
-	<u>13</u>	<u>25.837</u>	<u>21.802</u>	<u>84,38%</u>
-	<u>14</u>	<u>19.142</u>	<u>16.060</u>	<u>83,90%</u>
-	<u>16</u>	<u>11.921</u>	<u>9.942</u>	<u>83,40%</u>
-	<u>17</u>	<u>24.610</u>	<u>21.023</u>	<u>85,42%</u>
-	<u>18</u>	<u>23.589</u>	<u>19.624</u>	<u>83,19%</u>
-	<u>19</u>	<u>28.127</u>	<u>23.578</u>	<u>83,83%</u>
-	<u>20</u>	<u>28.205</u>	<u>23.562</u>	<u>83,54%</u>
-	<u>21</u>	<u>25.766</u>	<u>21.200</u>	<u>82,28%</u>
-	<u>22</u>	<u>17.421</u>	<u>14.570</u>	<u>83,64%</u>
-	<u>23</u>	<u>24.531</u>	<u>20.365</u>	<u>83,02%</u>
-	<u>24</u>	<u>24.466</u>	<u>19.998</u>	<u>81,74%</u>
-	<u>25</u>	<u>17.707</u>	<u>14.450</u>	<u>81,61%</u>
-	<u>26</u>	<u>23.380</u>	<u>19.381</u>	<u>82,90%</u>
-	<u>27</u>	<u>25.429</u>	<u>20.733</u>	<u>81,53%</u>
-	<u>28</u>	<u>22.820</u>	<u>19.021</u>	<u>83,35%</u>
-	<u>30</u>	<u>24.889</u>	<u>20.497</u>	<u>82,35%</u>
diciembre	<u>1</u>	<u>28.540</u>	<u>23.029</u>	<u>80,69%</u>
-	<u>2</u>	<u>26.615</u>	<u>21.496</u>	<u>80,77%</u>
-	<u>3</u>	<u>25.870</u>	<u>20.902</u>	<u>80,80%</u>
-	<u>4</u>	<u>20.071</u>	<u>16.177</u>	<u>80,60%</u>
-	<u>7</u>	<u>14.630</u>	<u>11.924</u>	<u>81,51%</u>
-	<u>8</u>	<u>28.386</u>	<u>23.676</u>	<u>83,41%</u>
-	<u>9</u>	<u>9.531</u>	<u>7.924</u>	<u>83,14%</u>
-	<u>10</u>	<u>16.102</u>	<u>13.075</u>	<u>81,20%</u>
-	<u>11</u>	<u>27.840</u>	<u>23.289</u>	<u>83,65%</u>
-	<u>12</u>	<u>7.213</u>	<u>6.000</u>	<u>83,18%</u>
-	<u>16</u>	<u>24.746</u>	<u>20.685</u>	<u>83,59%</u>
-	<u>17</u>	<u>28.143</u>	<u>23.098</u>	<u>82,07%</u>
-	<u>18</u>	<u>28.781</u>	<u>24.103</u>	<u>83,75%</u>
-	<u>19</u>	<u>26.492</u>	<u>21.617</u>	<u>81,60%</u>
-	<u>20</u>	<u>22.571</u>	<u>18.652</u>	<u>82,64%</u>
-	<u>21</u>	<u>30.256</u>	<u>25.566</u>	<u>84,50%</u>
-	<u>22</u>	<u>29.651</u>	<u>25.054</u>	<u>84,50%</u>
-	<u>23</u>	<u>15.659</u>	<u>12.871</u>	<u>82,20%</u>
-	<u>24</u>	<u>16.535</u>	<u>13.565</u>	<u>82,04%</u>
-	<u>26</u>	<u>15.770</u>	<u>12.896</u>	<u>81,78%</u>
-	<u>27</u>	<u>22.016</u>	<u>18.055</u>	<u>82,01%</u>
-	<u>28</u>	<u>23.664</u>	<u>19.769</u>	<u>83,54%</u>
-	<u>29</u>	<u>28.437</u>	<u>23.507</u>	<u>82,66%</u>

-	<u>30</u>	<u>24.938</u>	<u>20.700</u>	<u>83,00%</u>
-	<u>31</u>	<u>16.413</u>	<u>13.534</u>	<u>82,46%</u>
enero	<u>6</u>	<u>16.568</u>	<u>13.748</u>	<u>82,98%</u>
-	<u>7</u>	<u>27.239</u>	<u>22.515</u>	<u>82,66%</u>
-	<u>8</u>	<u>27.061</u>	<u>22.377</u>	<u>82,69%</u>
-	<u>9</u>	<u>27.287</u>	<u>22.289</u>	<u>81,68%</u>
-	<u>11</u>	<u>18.459</u>	<u>15.269</u>	<u>82,72%</u>
-	<u>12</u>	<u>24.402</u>	<u>20.185</u>	<u>82,72%</u>
-	<u>13</u>	<u>8.589</u>	<u>7.157</u>	<u>83,33%</u>
-	<u>14</u>	<u>15.377</u>	<u>12.564</u>	<u>81,70%</u>
-	<u>15</u>	<u>24.812</u>	<u>20.686</u>	<u>83,37%</u>
-	<u>16</u>	<u>22.259</u>	<u>17.681</u>	<u>79,43%</u>
-	<u>18</u>	<u>12.622</u>	<u>9.945</u>	<u>78,79%</u>
-	<u>19</u>	<u>29.930</u>	<u>25.444</u>	<u>85,01%</u>
-	<u>20</u>	<u>25.416</u>	<u>21.111</u>	<u>83,06%</u>
-	<u>21</u>	<u>9.977</u>	<u>8.524</u>	<u>85,43%</u>
-	<u>22</u>	<u>15.858</u>	<u>12.923</u>	<u>81,49%</u>
-	<u>23</u>	<u>20.673</u>	<u>17.235</u>	<u>83,37%</u>
-	<u>25</u>	<u>16.188</u>	<u>13.351</u>	<u>82,48%</u>
-	<u>26</u>	<u>18.498</u>	<u>15.004</u>	<u>81,11%</u>
-	<u>28</u>	<u>16.850</u>	<u>13.811</u>	<u>81,96%</u>
-	<u>29</u>	<u>27.537</u>	<u>23.162</u>	<u>84,11%</u>
-	<u>30</u>	<u>28.017</u>	<u>23.841</u>	<u>85,09%</u>
-	<u>31</u>	<u>24.562</u>	<u>20.549</u>	<u>83,66%</u>
febrero	<u>1</u>	<u>20.801</u>	<u>17.369</u>	<u>83,50%</u>
-	<u>2</u>	<u>25.700</u>	<u>21.848</u>	<u>85,01%</u>
-	<u>3</u>	<u>27.602</u>	<u>23.383</u>	<u>84,72%</u>
-	<u>4</u>	<u>24.996</u>	<u>20.933</u>	<u>83,75%</u>
-	<u>5</u>	<u>24.853</u>	<u>20.140</u>	<u>81,04%</u>
-	<u>8</u>	<u>12.626</u>	<u>10.126</u>	<u>80,20%</u>
-	<u>9</u>	<u>27.508</u>	<u>23.146</u>	<u>84,14%</u>
-	<u>10</u>	<u>28.289</u>	<u>23.951</u>	<u>84,67%</u>
-	<u>11</u>	<u>25.631</u>	<u>21.531</u>	<u>84,00%</u>
-	<u>12</u>	<u>27.101</u>	<u>22.846</u>	<u>84,30%</u>
-	<u>13</u>	<u>27.203</u>	<u>22.832</u>	<u>83,93%</u>
-	<u>15</u>	<u>16.911</u>	<u>14.298</u>	<u>84,55%</u>
-	<u>16</u>	<u>25.711</u>	<u>22.005</u>	<u>85,59%</u>
-	<u>17</u>	<u>26.290</u>	<u>22.127</u>	<u>84,17%</u>
-	<u>18</u>	<u>23.435</u>	<u>19.261</u>	<u>82,19%</u>
-	<u>19</u>	<u>17.529</u>	<u>14.103</u>	<u>80,46%</u>
-	<u>20</u>	<u>26.478</u>	<u>21.968</u>	<u>82,97%</u>

-	<u>22</u>	<u>16.011</u>	<u>13.411</u>	<u>83,76%</u>
-	<u>23</u>	<u>26.912</u>	<u>22.384</u>	<u>83,17%</u>
-	<u>24</u>	<u>22.789</u>	<u>19.071</u>	<u>83,69%</u>
-	<u>25</u>	<u>24.365</u>	<u>20.527</u>	<u>84,25%</u>
-	<u>26</u>	<u>16.985</u>	<u>14.287</u>	<u>84,12%</u>
-	<u>27</u>	<u>24.162</u>	<u>20.368</u>	<u>84,30%</u>
-	<u>28</u>	<u>27.461</u>	<u>23.299</u>	<u>84,85%</u>
-	<u>2</u>	<u>16.512</u>	<u>13.784</u>	<u>83,48%</u>
-	<u>3</u>	<u>23.213</u>	<u>19.400</u>	<u>83,57%</u>
-	<u>4</u>	<u>25.310</u>	<u>21.518</u>	<u>85,02%</u>
-	<u>5</u>	<u>13.004</u>	<u>11.173</u>	<u>85,92%</u>
-	<u>6</u>	<u>24.668</u>	<u>20.883</u>	<u>84,66%</u>
-	<u>8</u>	<u>17.362</u>	<u>14.793</u>	<u>85,21%</u>
-	<u>9</u>	<u>23.634</u>	<u>19.933</u>	<u>84,34%</u>
-	<u>10</u>	<u>23.955</u>	<u>19.892</u>	<u>83,04%</u>
-	<u>11</u>	<u>24.500</u>	<u>20.158</u>	<u>82,28%</u>
-	<u>12</u>	<u>23.387</u>	<u>19.770</u>	<u>84,53%</u>
-	<u>13</u>	<u>20.049</u>	<u>16.932</u>	<u>84,46%</u>
-	<u>15</u>	<u>13.891</u>	<u>11.502</u>	<u>82,80%</u>
-	<u>16</u>	<u>25.755</u>	<u>21.499</u>	<u>83,47%</u>
-	<u>17</u>	<u>25.193</u>	<u>20.776</u>	<u>82,47%</u>
-	<u>18</u>	<u>25.986</u>	<u>21.411</u>	<u>82,39%</u>
-	<u>19</u>	<u>20.622</u>	<u>17.235</u>	<u>83,58%</u>
marzo	<u>20</u>	<u>23.582</u>	<u>19.387</u>	<u>82,21%</u>
-	<u>22</u>	<u>9.207</u>	<u>7.641</u>	<u>82,99%</u>
-	<u>23</u>	<u>27.116</u>	<u>23.018</u>	<u>84,89%</u>
-	<u>24</u>	<u>24.061</u>	<u>19.991</u>	<u>83,08%</u>
-	<u>25</u>	<u>24.165</u>	<u>19.928</u>	<u>82,47%</u>
-	<u>26</u>	<u>25.062</u>	<u>20.790</u>	<u>82,95%</u>
-	<u>27</u>	<u>9.246</u>	<u>7.599</u>	<u>82,18%</u>
-	<u>29</u>	<u>19.068</u>	<u>16.125</u>	<u>84,56%</u>
-	<u>30</u>	<u>27.054</u>	<u>22.573</u>	<u>83,44%</u>
-	<u>31</u>	<u>25.347</u>	<u>20.906</u>	<u>82,48%</u>

Fuente: Datos SIP 2020

ANEXO C

TABLA DE REGISTROS DE CHATARRAS GENERADAS EN LA SIERRA DE CORTE

Valores	2/2/2021	12/2/2021	4/3/2021	5/3/2021	6/3/2021	8/3/2021	9/3/2021	10/3/2021	11/3/2021	12/3/2021	13/3/2021	15/3/2021	16/3/2021	17/3/2021	18/3/2021	19/3/2021	20/3/2021	23/3/2021	24/3/2021	25/3/2021	26/3/2021	27/3/2021	29/3/2021	Total general	
Suma de BURBUJAS KG	159,47	844,12	82,26	160,29	257,81	125,36	265,03	125,48	118,56	165,20	265,14	132,30	145,28	206,85	161,92	123,99	170,16	152,13	154,07	319,01	111,24	128,38	302,54	4189,90	
Suma de GOLPES KG	125,29	83,18	0,00	20,54	16,70	0,00	115,24	48,92	50,62	87,93	5,24	126,04	28,20	52,40	210,38	56,61	113,89	336,32	135,64	242,89	5,76	31,53	201,87	2085,19	
Suma de EMBALES POR MAQUINARIA KG	37,18	45,30	26,73	10,70	51,58	33,08	104,59	25,68	0,00	5,41	0,00	17,87	25,02	84,78	83,08	54,02	40,85	187,63	117,61	356,54	66,82	58,12	94,79	1487,58	
Suma de RAYAS KG	15,20	49,08	114,59	34,11	25,68	256,30	60,44	18,17	25,36	10,64	67,14	8,58	25,48	13,22	49,54	23,70	0,00	13,40	18,91	9,45	2,11	0,00	25,01	866,08	
Suma de RASGADAS KG	0,00	6,90	0,00	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,88	0,00	0,00	18,69	0,00	25,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,04	10,14	110,91
Suma de IMPUREZA KG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	206,60
Suma de NO DA EL LARGO KG	78,30	121,10	54,80	163,24	115,16	29,33	37,48	39,96	55,62	78,65	233,37	12,86	64,17	20,71	84,26	39,00	50,66	506,04	28,19	177,42	25,52	138,82	114,36	2295,04	
Suma de OBTULADOR PULER KG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	151,80	121,39	16,10	23,98	23,53	0,00	377,02	
Suma de ERROS DE CORTE KG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma de MAL ESTRIBADO KG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,29
Suma de PRIMER TOCHO KG	400,64	445,96	71,22	248,33	199,21	64,89	360,88	292,57	248,99	112,94	222,00	469,34	270,39	406,25	587,64	246,66	184,65	287,15	158,85	255,47	91,88	137,12	174,06	6117,18	
Suma de DEFECTO DE MATRIZ KG	140,06	253,20	174,26	150,38	179,65	102,50	186,30	179,58	123,58	112,50	188,60	86,78	189,42	125,43	146,29	201,86	287,20	162,47	187,25	186,25	178,29	145,27	386,21	4035,28	
Suma de CHATARRA PLANIFICADA	1025,70	796,16	543,34	801,45	582,45	238,17	588,72	499,92	266,52	599,81	626,83	398,91	535,93	1285,15	916,21	255,22	469,48	1040,87	674,63	1808,86	457,70	649,04	1558,87	16396,11	
Suma de DESGARRA POR MATERIA PRIMA KG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Datos operador de sierra 2020

ANEXO D

TABLA DE RECOBRADOS POR REFERENCIA DEL AÑO 2020 DE ENERO A AGOSTO CON PRODUCCIONES MAYORES A 300KG

#	REFERENCIAS	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	#	REFERENCIAS	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO	#	REFERENCIAS	KG BRUTOS	KG NETOS	RECOBRADO
1	1583	195.401	161.044	82,42%	101	2439	10.570	8.253	78,08%	201	1761	4.466	3.406	76,26%
2	1762	162.161	132.849	81,92%	102	1623	9.500	8.161	85,91%	202	1581	4.583	3.366	73,44%
3	1523	133.406	115.053	86,25%	103	1993	9.913	8.134	82,05%	203	3683	4.706	3.309	70,32%
4	2233	128.595	106.874	83,11%	104	1982	9.330	7.973	85,46%	204	1026	4.160	3.309	79,54%
5	1823	98.280	83.953	85,42%	105	3968	9.798	7.857	80,18%	205	4002	4.030	3.307	82,06%
6	1283	95.094	78.338	82,38%	106	1110	9.208	7.819	84,91%	206	3650	3.725	3.278	88,00%
7	1671	92.830	77.456	83,44%	107	1111	9.477	7.805	82,36%	207	1722	3.964	3.138	79,16%
8	1853	79.813	67.722	84,85%	108	3940	9.210	7.760	84,26%	208	1345	3.637	3.054	83,97%
9	1854	82.588	66.613	80,66%	109	2017	9.377	7.712	82,24%	209	2544	3.582	2.922	81,58%
10	1384	74.849	63.328	84,61%	110	1391	9.344	7.625	81,60%	210	1628	3.674	2.921	79,51%
11	1388	57.060	47.74	84,08%	111	1116	9.601	7.600	79,15%	211	4197	3.378	2.826	83,67%
12	2234	54.364	45.838	84,32%	112	1016	9.053	7.446	82,25%	212	1239	3.715	2.815	75,78%
13	1765	50.123	42.524	84,84%	113	3957	9.660	7.361	76,20%	213	3848	3.238	2.806	86,64%
14	4100	49.196	40.367	82,05%	114	1308	9.473	7.328	77,35%	214	2492	3.351	2.800	83,55%
15	2036	46.623	38.153	81,83%	115	4172	9.338	7.320	78,40%	215	3741	3.338	2.772	83,04%
16	1127	43.048	36.936	85,80%	116	1994	8.805	7.264	82,50%	216	2169	3.402	2.717	79,87%
17	4106	43.545	35.528	81,59%	117	3362	8.595	7.186	83,61%	217	4007	3.510	2.713	77,31%
18	2231	40.760	35.004	85,88%	118	2823	8.319	7.111	85,48%	218	1809	3.234	2.685	83,04%
19	2230	38.272	32.549	85,05%	119	2168	8.440	7.053	83,56%	219	4072	3.217	2.682	83,37%
20	4111	38.909	31.877	81,93%	120	2151	8.354	6.995	83,73%	220	3944	4.240	2.676	63,11%
21	1984	37.725	31.429	83,31%	121	1162	7.946	6.713	84,49%	221	1336	3.203	2.653	82,81%
22	2237	36.093	31.318	86,77%	122	2465	8.237	6.689	81,21%	222	3304	3.212	2.579	80,29%
23	3961	36.574	31.137	85,14%	123	4215	9.591	6.456	67,32%	223	3970	3.480	2.549	73,24%
24	4124	35.998	30.801	85,56%	124	2857	8.701	6.399	73,54%	224	3966	3.163	2.545	80,46%
25	1825	35.969	30.344	84,37%	125	4165	6.896	6.272	90,96%	225	1645	3.207	2.531	78,89%
26	2163	35.174	29.678	84,37%	126	4156	7.086	6.132	86,54%	226	3996	3.147	2.523	80,24%
27	2229	31.523	26.706	84,72%	127	3421	7.464	6.112	81,89%	227	4213	3.088	2.467	79,89%
28	2235	30.841	26.253	85,12%	128	1328	7.448	6.103	81,94%	228	1522	2.884	2.448	84,87%
29	1707	31.271	26.028	83,23%	129	4028	6.943	6.075	87,50%	229	4156	3.357	2.405	71,63%
30	1128	31.087	25.826	83,08%	130	2033	7.237	6.069	83,86%	230	3303	3.005	2.350	78,20%
31	1705	30.310	25.590	84,43%	131	3940	7.093	6.057	85,38%	231	3624	4.036	2.339	57,96%
32	2232	29.018	24.364	83,96%	132	4173	7.348	6.055	82,40%	232	3705	2.514	2.234	88,86%
33	3960	31.426	24.274	77,24%	133	1879	6.871	6.043	87,95%	233	3103	2.635	2.196	83,35%
34	2357	27.344	23.005	84,13%	134	4159	7.282	5.936	81,52%	234	3754	2.970	2.195	73,91%
35	1109	26.885	22.844	84,97%	135	2738	7.345	5.853	79,69%	235	3082	2.687	2.177	81,00%
36	4121	26.879	22.357	83,18%	136	1824	7.104	5.847	82,30%	236	1983	2.672	2.173	81,34%
37	4420	25.994	21.760	83,71%	137	3027	7.152	5.806	81,18%	237	3953	2.447	2.125	86,84%
38	2238	25.599	21.683	84,70%	138	1002	7.069	5.789	81,89%	238	3742	2.548	2.125	82,70%
39	2601	27.527	21.507	78,13%	139	1852	7.062	5.787	81,96%	239	4216	2.626	2.098	79,88%
40	1323	24.575	20.675	84,13%	140	1772	7.055	5.698	80,76%	240	3587	2.451	2.093	85,42%
41	4158	24.484	20.643	84,31%	141	1507	6.651	5.612	84,38%	241	3937	2.614	2.084	79,74%
42	2496	23.196	19.906	85,80%	142	2522	7.022	5.570	79,32%	242	3713	2.653	2.074	78,16%
43	1747	23.927	19.893	83,14%	143	3968	6.558	5.563	84,60%	243	4217	2.455	2.067	84,20%
44	2236	24.126	19.608	81,27%	144	1267	6.764	5.496	81,26%	244	3933	2.588	2.052	78,53%
45	2312	23.061	19.580	84,90%	145	1505	6.579	5.477	83,25%	245	2150	2.347	1.986	84,61%
46	1444	22.801	19.465	85,37%	146	3811	6.366	5.468	85,89%	246	3305	2.451	1.961	80,01%
47	1766	23.236	18.872	81,22%	147	4152	6.601	5.456	82,66%	247	1015	2.410	1.958	81,23%
48	2331	21.798	18.900	86,73%	148	2152	6.533	5.455	83,50%	248	3641	2.398	1.916	79,88%
49	4209	21.013	18.232	86,76%	149	1706	6.537	5.434	83,39%	249	1059	2.155	1.745	80,95%
50	4122	21.437	18.203	84,91%	150	1466	6.552	5.395	82,33%	250	3921	2.859	1.938	66,39%
51	3319	21.803	18.184	83,40%	151	1721	7.756	5.318	68,56%	251	3417	2.295	1.874	81,63%
52	2647	20.695	17.245	83,33%	152	3073	6.375	5.284	82,89%	252	1306	2.231	1.839	82,66%
53	1383	21.991	17.056	80,87%	153	4214	7.340	5.269	71,79%	253	4139	2.174	1.838	84,52%
54	1161	20.186	16.990	84,17%	154	1355	7.024	5.251	74,76%	254	3415	2.351	1.821	80,55%
55	1065	20.458	16.759	81,92%	155	1773	6.100	5.228	85,70%	255	3619	2.120	1.813	85,50%
56	3806	18.851	14.910	79,10%	156	3418	6.155	5.204	84,55%	256	1832	2.464	1.807	73,33%
57	3965	19.443	14.823	76,24%	157	2187	5.979	5.085	85,05%	257	4034	2.127	1.774	83,37%
58	1108	19.077	14.706	77,09%	158	1386	6.629	5.062	76,36%	258	4155	2.566	1.768	68,90%
59	1205	18.621	14.707	79,00%	159	2940	5.900	5.061	85,78%	259	1624	2.094	1.752	83,65%
60	1666	16.696	14.407	86,29%	160	3587	6.807	5.971	87,71%	260	4971	2.455	1.745	71,82%
61	2836	17.483	14.319	81,90%	161	1881	5.902	4.968	84,17%	261	3969	2.104	1.710	81,30%
62	4107	17.827	13.566	76,10%	162	1883	5.824	4.968	85,30%	262	4151	2.014	1.707	84,74%
63	3071	15.355	12.908	84,06%	163	1630	5.767	4.954	85,90%	263	3147	1.914	1.672	87,34%
64	1280	15.064	12.803	85,00%	164	2407	6.348	4.887	76,97%	264	3712	2.063	1.633	79,18%
65	1382	17.096	12.775	74,72%	165	1309	6.029	4.839	80,26%	265	4066	2.134	1.624	76,09%
66	3640	15.047	12.527	83,25%	166	1254	5.931	4.819	81,27%	266	4971	2.296	1.572	68,47%
67	4171	17.456	12.429	71,21%	167	2436	6.157	4.818	78,26%	267	2956	2.191	1.553	70,89%
68	2358	14.638	12.428	84,90%	168	3709	5.881	4.798	81,58%	268	1497	2.033	1.548	76,16%
69	3964	15.670	12.307	78,54%	169	4125	6.700	4.693	70,04%	269	3684	1.973	1.539	77,99%
70	2526	14.623	11.812	80,78%	170	1810	5.725	4.650	81,21%	270	4028	1.750	1.517	86,67%
71	1164	14.356	11.763	81,94%	171	1148	5.572	4.530	81,31%	271	3956	1.897	1.507	79,44%
72	3707	14.102	11.723	83,13%	172	3951	6.450	4.514	69,99%	272	3950	2.478	1.503	60,64%
73	1066	13.785	11.638	84,42%	173	3724	5.207	4.457	85,60%	273	1573	1.969	1.491	75,71%
74	4143	17.105	11.560	67,58%	174	4065	5.484	4.403	80,29%	274	3426	1.748	1.458	83,45%
75	4110	14.709	11.549	78,51%	175	3416	5.409	4.376	80,91%	275	2521	1.953	1.455	74,54%
76	1627	13.376	11.330	84,70%	176	3681	5.205	4.305	82,72%	276	1370	1.761	1.447	82,16%
77	4175	12.817	11.317	88,29%	177	2337	5.315	4.285	80,63%	277	4137	1.819	1.445	79,46%
78	2289	13.523	11.284	83,44%	178	3851	5.176	4.236	81,83%	278	2972	2.003	1.427	71,23%
79	1182	13.501	11.013	81,57%	179	4035	5.270	4.217	80,03%	279	3428	1.798	1.402	78,00%
80	1305	13.291	10.950	82,39%	180	1943	5.099	4.192	82,20%	280	3752	1.739	1.376	79,15%
81	1521	12.727	10.919	85,79%	181	3541	4.808	4.172	86,77%	281	4064	1.638	1.373	83,81%
82	4123	12.439	10.239	82,33%	182	4157	5.129	4.108	80,08%	282	3971	1.915		

ANEXO F

TABLA DE REGISTROS DEL RECOBRADO POR DIA DEL MES DE MARZO 2021

DATOS ORIGINALES			LINEAS DE CONTROL Y ESTADISTICOS											DATOS SENSIBLES	
MES	DIAS	RECOBRADO	LC	LCI	CPKS	CPK'	MEDI'	LCI'	MEI'	LCS-ZONA	LCI-ZONA	LCS-ZONA	LCI-ZONA	FUERA LIMITE	ZONA A
MARZO	2	83.48%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	3	83.57%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	4	85.02%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	5	85.92%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	6	84.66%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	8	85.21%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	9	84.34%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	10	83.04%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	11	82.28%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	12	84.53%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	13	84.46%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	15	82.80%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	16	83.47%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	17	82.47%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	18	82.39%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	19	83.58%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	20	82.21%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	22	82.99%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	23	84.89%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	24	83.08%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	25	82.47%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	26	82.95%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	27	82.18%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	29	84.56%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	30	83.44%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?
MARZO	31	82.48%	86.00%	79.00%	0.66	0.98	83.19%	78.90%	82.50%	86.05%	80.33%	84.62%	81.76%	#¿NOMBRE?	#¿NOMBRE?

Fuente: Autor