

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Reducción del porcentaje de diferencia existente entre el inventario en
sistema y el inventario físico en una empresa de acero

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Katherine Mishell Cruz Hermenejildo

Byron Dario Lino Granoble

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco A Dios por brindarme la fuerza, perseverancia y sabiduría para lograr este objetivo.

A mis padres Frecia Hermenejildo, Eduardo Cruz y a mis hermanos Jonathan y Geancarlos quienes han sido mi mayor motivación y me han apoyado en esta etapa de mi vida sin dejar atrás al resto de mi familia por confiar en mí.

A mi compañero de tesis por su paciencia y apoyo incondicional durante el proceso de este proyecto.

A mis amigos, en especial a Adriana V. quien me ha brindado la mano cuando más lo hemos necesitado y me ha acompañado a lo largo de mis estudios.

Katherine cruz

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la fortaleza y guía para lograr este objetivo.

A mis padres Milton Lino, Cira Granoble y a mi hermano John quienes han sido mi mayor motivación y me han apoyado a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi compañera de tesis por emprender junto a mí esta gran etapa y ser un apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos, en especial a Adriana V. y Danilo quienes han confiado en mí y me han acompañado a lo largo de la trayectoria de estudios

Byron Lino

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Katherine Mishell Cruz Hermenejildo* y *Byron Dario Lino Granoble* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Katherine Mishell
Cruz Hermenejildo

AUTORA 1



Byron Dario
Lino Granoble

AUTOR 2

EVALUADORES

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

PhD. Jorge Abad Morán

PROFESOR DE LA MATERIA

A handwritten signature in blue ink, featuring a large, sweeping initial 'K' followed by several smaller, connected letters.

PhD. Kléber Barcia Villacreses

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la industria de acero el manejo de MP es muy importante ya que es utilizado en una gran variedad de productos. Pero las pocas medidas de control del flujo de material ocasionan que se desencadene problemas de existencias de inventario.

El presente proyecto tiene como finalidad disminuir el porcentaje de diferencia existente entre el inventario en sistema y el inventario físico, es decir el inventario real que se encontraba en el área de conformado comparado a el inventario que se obtenía del sistema. Actualmente la diferencia de inventario en promedio es de 0.41%, la meta de la empresa es alcanzar un 0.12% debido a que es el mejor escenario en el que se han encontrado, por tal motivo el objetivo es reducir la diferencia de inventario al menos a un 0.34% en promedio.

Se utiliza un mapeo del proceso para identificar las actividades que afectan a la diferencia de inventario, por lo cual se determinó que actividades que desarrollaban los operadores y en la forma como realizaban tenía un gran impacto en el problema.

Se analizó las diferentes causas raíz que afectan a la diferencia de inventario en el área de conformado, por medio de lluvia de ideas, con la finalidad de encontrar soluciones que puedan atacar a dichas causas. Cada una de estas fueron validada, así como también sus posibles soluciones; se seleccionaron las soluciones que generarán mayor impacto y bajo esfuerzo, con las implementaciones de cada solución se logró determinar que la diferencia de inventario a un 0%, lo cual le permite a la empresa reducir los faltantes de flejes de acero.

Palabras clave: Diferencia de inventario, causas raíces, DMAIC

ABSTRACT

In the steel industry the handling of MP is very important as it is used in a wide variety of products. But the few material flow control measures cause inventory stock problems.

The present project aims to reduce the percentage difference between the inventory in the system and the physical inventory, the real inventory that was in the forming area compared to the inventory that was obtained from the system. Currently the difference of inventory in average is of 0.41%, the goal of the company is to reach a 0.12% because it is the best scenario in which they have been found, for such reason the objective is to reduce the difference of inventory at least to a 0.34% in average.

A mapping of the process is used to identify the activities that affect the inventory difference, so it was determined that the activities developed by the operators and the way they performed had a great impact on the problem.

The different root causes that affect the inventory difference in the forming area were analyzed through brainstorming, with the purpose of finding solutions that can attack the root causes. Each one of these was validated, as well as their possible solutions. The solutions that generated the greatest impact and low effort were selected, and with the implementation of each solution it was possible to determine that the difference in inventory was 0%, which allows the company to reduce the shortage of steel strips.

Keywords: Percentage inventory difference, root causes, DMAIC

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 DMAIC.....	3
1.4.2 VOC	4
1.4.3 SIPOC	5
1.4.4 Diagrama causa efecto	5
1.4.5 Herramienta 5 porque	5
1.4.6 Inventarios.....	5
1.4.7 Inventario de producto en proceso	5
1.4.8 Revisión literaria.....	6

CAPÍTULO 2	8
2. Metodología	8
2.1 Definición	8
2.1.1 Definición del problema.....	9
2.2 Medición	11
2.2.1 Estratificación.....	11
2.2.2 Mapeo de proceso.....	12
2.2.3 Plan de recolección de datos	13
2.2.4 Confiabilidad de los datos	15
2.3 Análisis	21
2.3.1 Lluvia de ideas	21
2.3.2 Plan de verificación de causas.....	23
2.3.3 Identificación de las causas raíces.....	27
2.4 Mejoras.....	28
2.4.1 Evaluación de propuestas	29
2.4.2 Selección de propuesta de mejora.....	29
2.4.3 Plan de implementación de soluciones	30
2.5 Control	33
CAPÍTULO 3.....	34
3. Resultados y Análisis	34
3.1 Rediseñar el sistema de codificación manual	34
3.2 Resultados CTQ sostenibilidad.....	34
CAPÍTULO 4.....	36
4. Conclusiones y Recomendaciones	36
4.1 Conclusiones	36
4.2 Recomendaciones.....	36

BIBLIOGRAFÍA.....	37
APÉNDICES	39

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Implementar y Control
VOC	Voz del cliente
SIPOC	Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes
CTQ	Características críticas para la calidad
MP	Materia prima

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
Kg	kilogramo
mm	milímetro
Ton	Toneladas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diferencia de de inventario	2
Figura 1.2 Diferencia promedio de inventario	2
Figura 2.1 CTQ Tree.....	9
Figura 2.2 Contribución porcentual en la diferencia de inventario	12
Figura 2.3 Resultado estadístico de la prueba de hipótesis.....	16
Figura 2.4 Diagrama de cajas de pesos bobinas	16
Figura 2.5 Tipos de fallos en los reportes de producción.....	18
Figura 2.6 Color de porta flejes.....	19
Figura 2.7 Diagrama Ishikawa	21
Figura 2.8 Matriz Impacto vs Control	23
Figura 2.9 Pintura y óxido sobre la codificación.....	25
Figura 2.10 Codificación escrita sobre la cinta	26
Figura 2.11 Ubicación de flejes incorrectos	27
Figura 2.12 Matriz impacto-esfuerzo.....	30
Figura 2.13 Interfaz para ingreso de información de producción de fleje.....	32
Figura 2. 14 Interfaz de generación de etiquetas.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 SIPOC.....	10
Tabla 2.2 Estratificación de tipos de flejes.....	11
Tabla 2.3 Plan de recolección de datos.....	14
Tabla 2.4 Pesos observados y pesos registrados en reporte producción.....	15
Tabla 2.5 Pesos de flejes en reporte producción.....	17
Tabla 2.6 Registro de datos de la codificación de flejes.....	19
Tabla 2.7 Resultados de la ubicación de flejes en porta flejes.....	20
Tabla 2.8 Registro de inventario físico y de sistema.....	20
Tabla 2.9 Causas potenciales con mayor impacto.....	22
Tabla 2.10 Plan de verificación de causas.....	23
Tabla 2.11 Muestreo de códigos de flejes.....	24
Tabla 2.12 Muestreo de pesos de flejes.....	25
Tabla 2.13 5 Porqué de la diferencia de inventario.....	28
Tabla 2.14 Causas raíces de diferencia de inventario.....	28
Tabla 2.15 Evaluación de propuestas.....	29
Tabla 2.16 Distribución de carga de trabajo.....	31

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La empresa donde se desarrolla el presente proyecto es fabricante de productos de acero industriales ofreciendo al mercado nacional una gran variedad de soluciones de acero para la construcción.

Los productos que son elaborados en la planta son varillas micro aleada, vigas electrosoldadas, paneles, perfiles y tuberías. Todos estos productos son distribuidos a nivel nacional a los distintos centros de distribución ubicados estratégicamente, ofreciendo de esta forma los recursos para construcciones de viviendas, comerciales e industrias. La empresa tiene como objetivo reducir las diferencias de los flejes de acero que existen en los inventarios físico y el inventario registrado en su sistema al finalizar cada mes, anteriormente no ha existido estudios que puedan explicar el motivo de las diferencias entre ambos inventarios.

Por medio de la metodología DMAIC se pretende identificar los problemas que producen la diferencia de inventario y mediante un análisis encontrar las causas potenciales, para posteriormente implementar planes de mejoras y estandarizar procesos que puedan seguirse implementado a largo plazo y permitan cumplir con las expectativas y objetivos de la empresa.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad la empresa presenta una diferencia de inventario que se encuentra registro en el sistema computarizado y el inventario físico de los flejes de acero el cual es un producto en proceso usado como materia prima para la elaboración de los perfiles y tubos en el área de conformado, esto a su vez genera desajustes en la contabilidad y en la planificación de producción.

Se registra una diferencia de inventario promedio de 0.41% (5.41 Ton) en el 2019, aquel nivel se encuentra por encima a lo requerido por la compañía, en la figura 1.1 y figura 1.2 se visualiza el porcentaje de diferencia desde el mes de enero a julio.

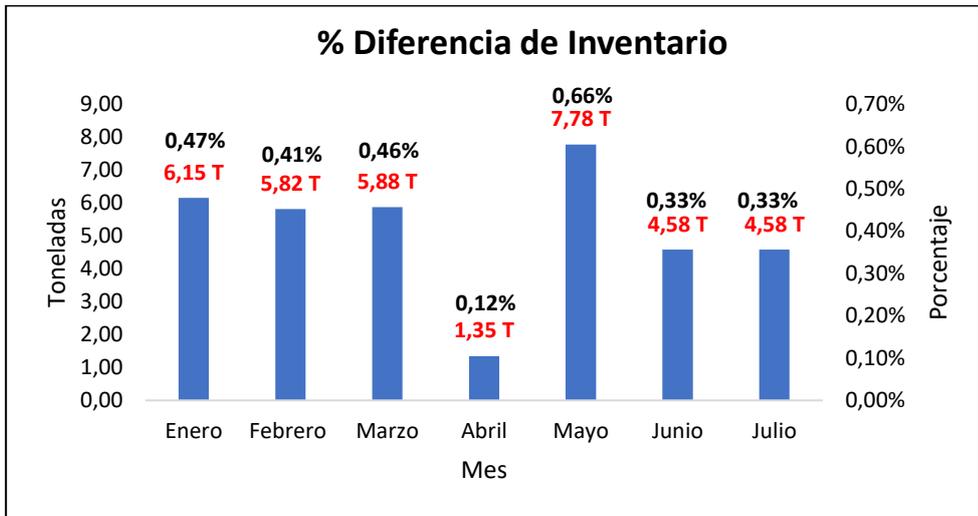


Figura 1.1 Diferencia de de inventario

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

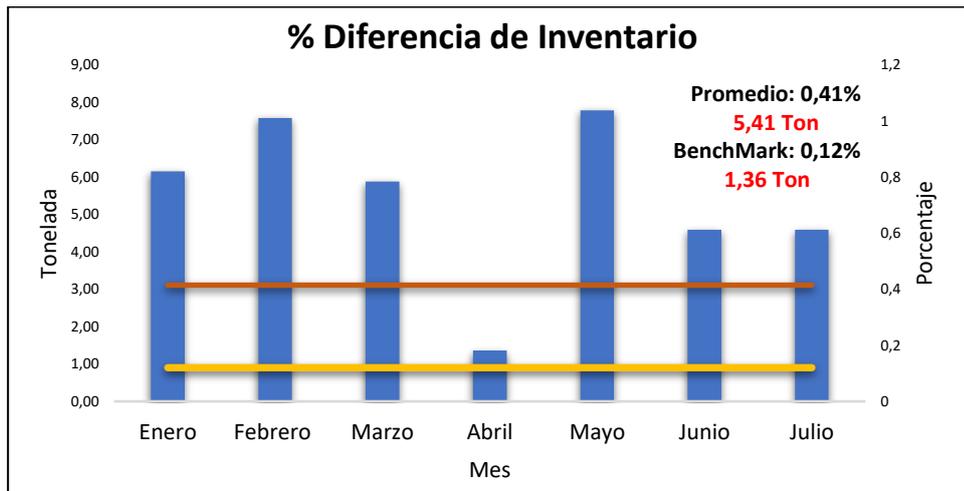


Figura 1.2 Diferencia promedio de inventario

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

1.2 Justificación del problema

El presente proyecto se enfoca en la diferencia de inventario de flejes dentro del área de conformado, lo cual corresponde a la diferencia existente entre lo que se contabiliza físicamente y lo que reporta el sistema. La finalidad del proyecto es reducir las diferencias para cumplir con los objetivos del área de producción y a su vez disminuir las diferencias en los registros contables de la compañía.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el porcentaje de la diferencia entre el inventario físico y de sistema de flejes en al menos un 17% al finalizar el mes de enero 2020.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar causas potenciales que afectan a mi diferencia de inventario.
- Reducir las diferencias en los registros contables.
- Reducir el material que se encuentra almacenado el cual se convertiría en chatarra.
- Reducir los costos por pérdida de producto.
- Gestionar e implementar planes de control.

1.4 Marco teórico

1.4.1 DMAIC

DMAIC es el acrónimo de sus cinco fases. Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una metodología Six Sigma que ayuda a lograr mejoras en los procesos mediante la reducción de la variación. Cada fase tiene su propio significado, el proceso DMAIC reduce muchas causas de raíz a sólo unas pocas causas de raíz vitales (International Six Sigma Institute, 2018).

Definir

En esta fase inicial el objetivo principal es describir el problema a solucionar y verificar si las acciones que se deben tomar para resolver los problemas son prioridad de la organización, se utilizan herramientas para identificar los requerimientos del cliente como el diagrama SIPOC, VOC y 5W las cuales permitirán tener una descripción del problema con datos reales y la base histórica de información que se obtenga al respecto (Monika Smetkowska, 2018).

Medir

El propósito de esta etapa es recopilar información sobre los procesos que van a ser mejorados, se centra en la información necesaria para entender mejor los procesos de la empresa y las expectativas del cliente, las especificaciones y la identificación de los posibles lugares donde puede ocurrir el problema (Shankar, 2009).

Análisis

En la etapa de análisis se utilizan diferentes herramientas y métodos que permiten encontrar las diferentes causas de fondo, analizar los datos y evaluar el riesgo. En esta etapa es necesario definir la capacidad del proceso, aclarar los objetivos en base a los datos reales obtenidos en el proceso (Monika Smetkowska, 2018).

Mejora

El objetivo de esta etapa es tomar la información necesaria para crear y desarrollar un plan de acción con la finalidad de mejorar la calidad del proceso y funcionamiento de la organización. Se utiliza varias herramientas como la matriz de causas y de comparación de esfuerzo-impacto (Monika Smetkowska, 2018).

Control

La etapa de control pretende establecer herramientas que permitan garantizar la ejecución de las mejoras en el proceso y confirmar si los cambios que se implementaron en la etapa anterior fueron suficientes, también controla el estado futuro del proceso con la finalidad de que la desviación del objetivo sea mínima (Shankar, 2009).

1.4.2 VOC

Esta herramienta permite describir las necesidades o expectativas que el cliente desea en relación con los productos y servicios que proporciona una compañía y transformar dichas necesidades en variables medibles para ser analizadas en el proyecto, la información es recolectada por medio de encuestas y entrevistas (Grotz, 2016).

1.4.3 SIPOC

El SIPOC es una herramienta que permite visualizar todos los elementos del proceso y el entorno, definiendo las entradas, salidas, proveedores y clientes, permite tener una visión general del inicio y final de los procesos de la empresa y delimitar el alcance del proyecto (Caletec, 2016).

1.4.4 Diagrama causa efecto

El diagrama es una herramienta que permite clasificar y ordenar las posibles causas que son generadas por un problema, para llegar a las causas raíces se procede enlistar los problemas por medio de lluvia de ideas, la elaboración del diagrama sirve para tener una mejor visión de un problema complejo (Bermúdez ER, 2010).

1.4.5 Herramienta 5 porque

La técnica fue creada por Toyota Motor el cual es un elemento estratégico e importante para la solución de problemas, se basa en un enfoque que consiste en la repetición de la pregunta porque cinco veces y conforme se realizan las rondas de preguntas hasta encontrar una causa raíz (manufacturing, 2018).

1.4.6 Inventarios

El inventario es un listado ordenado y valorado con los productos que posee la empresa, esto ayuda a la empresa al debido aprovisionamiento de los almacenes ayudando al proceso productivo o comercial con el objetivo de poner a disposición el producto al usuario (Fernández, 2017).

1.4.7 Inventario de producto en proceso

Está conformado por los bienes que se obtiene conforme se agrega mano de obra, materiales y otros costos indirectos a la materia prima, es decir se encuentran terminados en un nivel intermedio de producción (Bastos, 2006).

1.4.8 Revisión literaria

Con el propósito de analizar más allá el conocimiento de la diferencia de inventario, se revisan casos de estudios que permiten entender con más detalle el problema planteado.

En la revista Agrupación Iberoamericana de Contabilidad y Administración de Empresas publicada en el 2015, se menciona que el sistema de inventario es muy complejo y al existir las diferencias entre las unidades que indica el sistema o de los registros de contabilidad y las unidades que resultan de realizar un conteo físico producen afectaciones directas o indirectas en los estados financieros de la compañía (Fuentes, 2015).

Un artículo menciona los problemas existentes de inventario en una empresa de telecomunicaciones donde la codificación era el mayor problema, cambiar un sistema de gestión manual por un sistema automatizado provee una cantidad menor de errores además de simplificar el proceso para los operadores, la implementación del sistema en el almacén dio como resultado un error del 0%. Ofreciendo mayor confiabilidad y eficiencia a la empresa (Anas M. Atieh, 2016).

En otro artículo se menciona que los problemas de codificación en las empresas cubanas y esto se debe a problemas por emplear códigos internos de la empresa incorrectos y la falta de estandarización lo cual está afectando la relación del registro de información primaria y trazabilidad del producto, pero la utilización de estadísticas, entrevistas, la simplificación de la base de datos y el procesamiento de información permite estandarizar un sistema de codificación y clasificación de producto generando efectividad en la gestión de inventarios (Lopez Martinez, 2014). Además en otro artículo mencionan a una compañía de acero en la cual tienen inconvenientes en la producción de tuberías y perfiles debido al manejo de codificación, pero al usar un sistema mejorado este mismo proporciona una mayor calidad y reducción de plazos de entrega, con lo que aumenta la rentabilidad y viabilidad de la empresa, lo cual es muy importante en la fabricación ajustada (Wilson R. Nyemba, 2017).

La etiqueta es una forma de identificación primordial para el correcto manejo de inventario permitiendo que no exista diferencias dentro del sistema ya que frecuentemente se tiene el imaginario de que la disminución del inventario es producto de algún tipo hurto en los almacenes, las empresas por medio de un software y sensores permitira la lectura del código de barra permitiendo a la empresa saber las características del producto y mejor manejo del inventario (Business And Economics--Economic Situation And Conditions, 2019).

Por otro lado el gerente de logística de la empresa Corona menciona que para matener un nivel alto de trazabilidad y estandarización es necesario hacer un mapeo de los procesos involucrados en toda la cadena, involucrando al personal que se relaciona con el sistema porque al final ellos tienen un impacto profundo en el resultado de la producción (Grupos de Diarios América, 2019).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

La etapa de definición en la metodología DMAIC es una de la más importante ya que ayuda definir el problema actual de la empresa, por lo cual se procedió a realizar un levantamiento de información por medio de herramientas como el VOC, SIPOC, 3W+2H.

La recolección de información fue por medio de reuniones con el área de costo y con el área de conformado, se obtuvieron las necesidades principales de los supervisores y operadores. Los resultados obtenidos del VOC se presentan a continuación:

- Mejorar la confiabilidad del inventario
- Entregar los reportes de inventario establecidos
- Mejorar los indicadores de rendimientos
- Variabilidad entre el inventario de sistema y el físico en flejes sean mínimos
- Disminuir las paras no programadas

Al obtener las necesidades de los clientes, con esta información se procede a elaborar un árbol de variables críticas para la calidad, con el propósito de traducir las necesidades en variables medibles como se muestra en la figura 2.1.

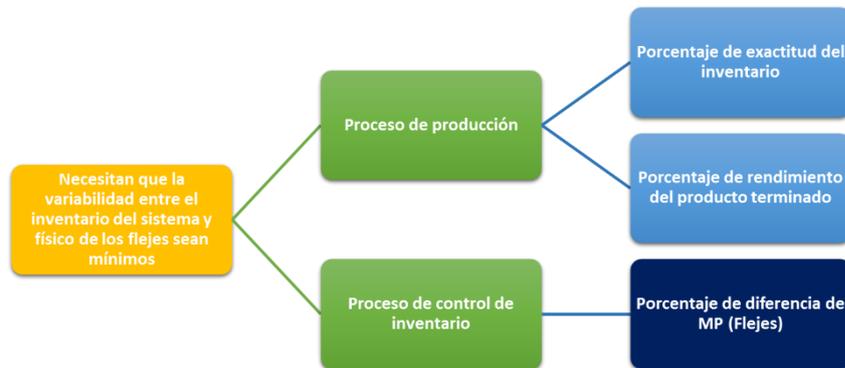


Figura 2.1 CTQ Tree

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Del grupo de variables obtenidas, se procedió junto a la empresa a seleccionar la variable más crítica además esta sería la variable respuesta para el proyecto, entonces se obtuvo que el indicador será porcentaje de diferencia de inventario de flejes, el cual se define de la siguiente forma:

$$\% \text{ Diferencia de Inventario} = \left| \frac{\text{Inventario Físico} - \text{Inventario Sistema}}{\text{Inventario Físico}} \right| \quad (2.1)$$

El porcentaje de diferencia corresponde a lo que existe entre el inventario que se encuentra en el sistema y el inventario físico que se localiza dentro del área de conformado, aquel porcentaje se calcula en función del inventario de sistema ya que este valor debería encontrarse en el mejor de los escenarios.

2.1.1 Definición del problema

Mediante la información recopilada de la empresa se estableció y se definió el problema.

El porcentaje de la diferencia entre el sistema de inventario y el físico de los flejes de acero en el área conformada es en promedio de 0,41 % (5,41 Ton) desde enero de 2019 cuando el valor mínimo es de 0,12%. (1,36 Toneladas).

El alcance dentro de la etapa de definición es primordial, debido a que permitió identificar en que proceso se empleó la metodología DMAIC. Mediante la herramienta SIPOC se puede observar el proceso para la producción de flejes que son materia prima que posteriormente serán utilizados en la fabricación de tuberías y perfiles. De esta manera se conoció los proveedores, entradas, procesos, salida y cliente como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 SIPOC

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino



S Suppliers	I Input	P Process	O Outputs	C Customer
Planeación del área comercial	Pronosticos de la demanda	planificar la producción de producto terminado	Programa de producto terminado	Clientes internos (Área de Conformado)
Bodega de MP	Bobina	Solicitud y Recepción de Bobinas Almacenaje en la Bodega de Procesos Proceso de slitter	Flejes	
	Fleje	Registro la Codificación sobre el Fleje Proceso de Tuberías Proceso de Perfiladoras Reporte de Producción	Producto Terminado	Centro de Distribución.
Operadores de Máquina	Habilidades humanas	Calibración máquinas		
Suministros	Puente grúa	Traslado de Bobinas y Producto Terminado		
	Herramientas	Verificación de Medidas		

Por lo tanto, el alcance del presente proyecto es en el proceso de recepción de bobinas, corte y almacenado de los flejes en el área de conformado.

2.2 Medición

En la etapa de medición se efectuó la recolección de diferentes datos que son importantes para el levantamiento de información que se relacionan con la variable respuesta es por lo que se desarrolló una estratificación, un plan de recolección de datos, análisis y validación de datos.

2.2.1 Estratificación

Mediante los datos históricos de la empresa de la diferencia de inventario de flejes, se realizó una estratificación de los diferentes tipos de flejes desde enero hasta julio del 2019 para determinar que flejes aportaban con el mayor desajuste que posee en los inventarios al finalizar cada mes, donde se identificó que existen tres tipos de flejes: laminado en caliente, laminados en frío y galvanizados los cuales son mostrados en la tabla 2.2 y la figura 2.2 en las cuales se observan la contribución de la diferencia en porcentaje de cada tipo de fleje.

Tabla 2.2 Estratificación de tipos de flejes

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

ESTRATIFICACIÓN (Información de Enero-Julio del 2019)					
TIPO DE FLEJE	FÍSICO Kg	SISTEMA Kg	Difer. Abs Kg	Difer. Abs %	CONTRIBUCIÓN
FLEJES LAMINADOS CALIENTE	7.864.317,00	7.882.306,00	36.145,00	0,40%	95%
FLEJES LAMINADOS FRIO	581.701,00	582.410,90	709,90	0,01%	2%
FLEJES GALVANIZADOS	635.176,00	634.126,00	1.050,00	0,01%	3%
Suma	9.081.194,00	9.098.842,90	37.904,90	0,42%	100%

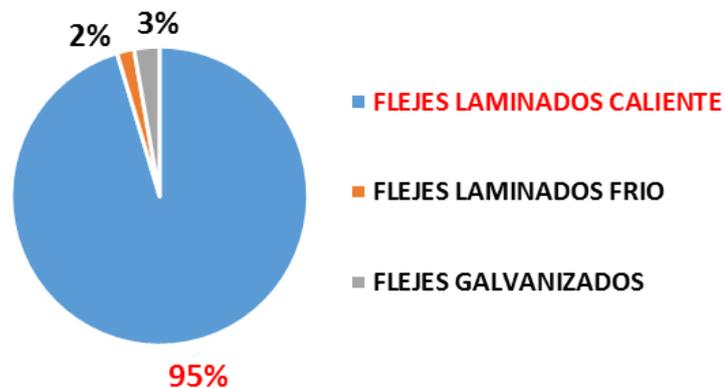


Figura 2.2 Contribución porcentual en la diferencia de inventario

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Se identificó que, de los tres tipos de flejes de acero, el fleje laminado en caliente es el que tiene mayor contribución en la diferencia de inventario con un 95 % del total, mientras que los flejes en laminado frío aporta con un 2% y galvanizados con un 3%, por lo cual sobre esta información se procedió a enfocar el problema en las actividades que se realizan en los flejes laminado en caliente del área de conformado.

2.2.2 Mapeo de proceso

Para observar detalladamente las actividades que se desarrollan dentro de la producción de los flejes de acero se elabora un diagrama de flujo de proceso. El proceso empieza desde que se reciben las órdenes de pedido, el operador 1 se encarga de elaborar las cartas de armado la cual tendrá información para cortar la cantidad de flejes requerido para producir las tuberías y perfiles requeridos, los operadores de máquina solicitan las materia primas y arman y calibran las cuchillas para realizar los cortes, también se procede a enrollar los flejes y codificar los flejes por último el operador líder elabora el reporte de producción el mismo que debe ser entregado al digitador que se encuentra en la oficina de conformado. En el apéndice A se encuentra detalladamente el diagrama de procesos de flejes en laminados en caliente.

Por medio del diagrama de flujo se encontró actividades críticas que afectaban a la diferencia de inventario tales como: requerimiento de materiales a la bodega, codificación de los flejes de acero y la elaboración de los reportes de producción, en base a estas actividades mencionadas se procedió a realizar un plan de recolección de datos

2.2.3 Plan de recolección de datos

Después de haber descritos los procesos de la estratificación se realizó un plan de recolección que se utilizó para obtener la información que influye en la variable respuesta de diferencia de inventario. En la tabla 2.3 se encuentra las variables que afectan al problema.

Tabla 2.3 Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

QUIÉN	QUÉ			DÓNDE	CUÁNDO	COMO		PORQUÉ
	Variable	Unidades	Tipo de dato			Metodo de observación	Metodo de colección	
Byron Lino Katherine Cruz	Diferencia entre Peso Real y Teórico de los Bobinas	Kg	Continuo	Área de Slitter	Desde el inicio de la etapa de medición	Directo	Gemba work	Para determinar Exactitud de registros de bobinas
Byron Lino Katherine Cruz	Diferencia entre Peso Real y Teórico de los Flejes	Kg	Continuo	Área de Slitter	Desde el inicio de la etapa de medición	Directo	Gemba work	Para determinar Exactitud de registros
Byron Lino	Reportes de Producción	Cantidad de reportes de producción con equivocaciones / Mes	Discreto	Oficina de Conformado	Desde el inicio de la etapa de medición	Indirecto	Data histórica	Para determinar Número de fallas en los reportes
Katherine Cruz	Codificación de Flejes	Cantidad de flejes mal codificados/bobina	Discreto	Área de Slitter	Desde el inicio de la etapa de medición	Directo	Gemba work	Para determinar los flejes mal codificados
Byron Lino	Ubicación de Flejes	Cantidad de flejes mal ubicados/ Máquina	Discreto	Área de maquinado	Desde el inicio de la etapa de medición	Directo	Gemba work	Para determinar la cantidad de flejes extraviados
Byron Lino Katherine Cruz	Inventario Sistema	Kg	Continuo	Programa de la empresa	Desde el inicio de la etapa de medición	Indirecto	Programa Hiper K	Para determinar la cantidad del inventario teórico para contrastarlo con el inventario real
Byron Lino Katherine Cruz	Inventario Físico	Kg	Continuo	Área de Almacenamiento y Área de Maquinas	Desde el inicio de la etapa de medición	Indirecto	Programa estadístico de la empresa	Para determinar la cantidad del inventario físico para contrastarlo con el inventario teórico

2.2.4 Confiabilidad de los datos

Para demostrar la confiabilidad de los datos que fueron utilizados se realizó una hipótesis en ciertas variables comparando el valor registrado en los reportes de los operadores y los valores tomados por el grupo de proyecto dando como resultado lo siguiente:

Diferencia entre Peso Real y Teórico de los Bobinas

Para efectuar la validación de los datos de los pesos de las bobinas se realizó una comparación entre los datos que registran de los pesos dados por el proveedor y los datos observados, ver tabla 2.4.

Tabla 2.4 Pesos observados y pesos registrados en reporte producción

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Número de Muestra	Código	Peso Registrado (kg)	Peso Báscula (kg)	Diferencia (kg)	Diferencia (%)
1	MBC1501220 - # 105772 - P12410	12.410	12.410	0	0,00%
2	MBC1501220 - #105774 - P12230	12.230	12.240	10	0,08%
3	MBC1501220 - #105776 - P12130	12.130	12.150	20	0,16%
4	MBC1501220 - #105766 - P12180	12.180	12.200	20	0,16%
5	MBC15012220 - #105785 - P10920	10.920	10.920	0	0,00%
6	MBC20011075 - #103959 - P11470	11.470	11.470	0	0,00%
7	MBC20011075 - #103958 - P11590	11.590	11.580	-10	0,09%
8	MBC20011075 - #103955 - P8550	8.550	8.550	0	0,00%
9	MBC2509755 - #102998 - P9760	9.760	9.760	0	0,00%
10	MBC250755 - #102993 - P9960	9.960	9.950	-10	0,10%

Se proponen las siguientes hipótesis, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa y también un valor de alfa de 0.05

Hipótesis nula = El promedio de la muestra son iguales

Hipótesis alternativa = El promedio de la muestra tienen diferencia significativa

$$\text{hipótesis nula: } \mu_1 = \mu_2$$

$$\text{hipótesis alternativa: } \mu_1 \neq \mu_2$$

Usando la herramienta estadística Minitab se realizó una prueba de diferencias de media para validar la hipótesis nula, ver figura 2.3 y figura 2.4.

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
1,69	5	0,151

Figura 2.3 Resultado estadístico de la prueba de hipótesis

Fuente: Minitab

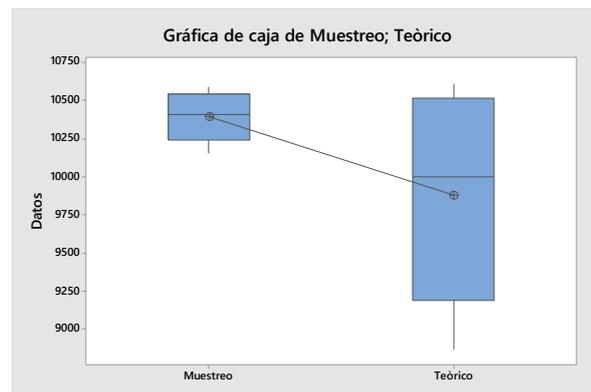


Figura 2.4 Diagrama de cajas de pesos bobinas

Fuente: Minitab

Se procedió analizar el valor P de la prueba dando como resultado un valor de 0.151 siendo este un valor mayor al valor de alfa de 0.05, entonces se puede inferir con un 95% de nivel de confianza, que el promedio entre las muestras son iguales.

Diferencia entre Peso Real y Teórico de los Flejes

En la validación de los datos de los pesos de los flejes se realizó una comparación entre los datos registrados por los operadores y el peso marcado por la balanza para posteriormente calcular la diferencia de peso existente, para la confiabilidad de los datos se usó una balanza con una tolerancia del equipo de ± 10 kg, tal como se puede observar en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Pesos de flejes en reporte producción

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Código	Peso Registrado en Reporte (kg)	Peso Registrado en balanza (kg)	Diferencia (kg)	Diferencia (%)
FCL 300254 - 254x3 - MBC2901220 #101860 - G219204 - P2507	2.507	2.462	-45	1,83%
FCL 300315 - 315x3 - MBC2801220 #105981 - G119319 - P3222	3.222	3.197	-25	0,78%
FCL 400390 - 390x4 - MBC3831220 #103757 - G219317 - P3299	3.299	3.283	-16	0,49%
FCL 200238 - 238x - MBC19012 #101525 - G219316 - P2421	2.421	2.414	-7	0,29%
FCL 180396 - 396x1.8 - MBC1731220 #105846 - G219311 - P4037	4.037	4.032	-5	0,12%
FCL 250127 - 127x2.5 - MBC2501000 #104169 - G119280 - P1771	1.771	1.720	-51	2,97%
FCL 300192 - 192x3 - MBC2801220 #104142 - G119276 - P1893	1.893	1.676	-217	12,95%
FCL 200396 - 396x2 - MBC1901220 #102149 - G119323 - P4124	4.124	4.152	28	0,67%
FCL 180129 - 129x1.8 - MBC1821220 #105910 - G119323 - P1313	1.313	1.302	-11	0,84%
FCL 500096 - 97x1,5 - MBC1451220 #104059 - G119324 - P1797	1.797	1.096	-701	63,96%
FCL 180173 - 172x1.8 - MBC1731220 #105824 - G219323 - P1750	1.750	1.692	-58	3,43%
FCL 150158 - 158x1,5 - MBC1451220 #104059 - G119324 - P1797	1.797	1.778	-19	1,07%

Reportes de producción

La verificación de los datos registrados por los operadores en los reportes de producción presenta falencias, para esta verificación se utilizó las siguientes herramientas: observación directa, recopilación de data histórica de reportes.

Como resultado de esta verificación se obtuvo los tipos de falencias que ocurren dentro de los reportes en una muestra de 82 informes correspondiente al mes de octubre, se encontró que 30 reportes poseen errores tales como reportes incompletos, tachones anulaciones, error en pesos, por tal motivo la afirmación del cliente es verídica. Los detalles de los errores más frecuentes se observan en la figura 2.5.

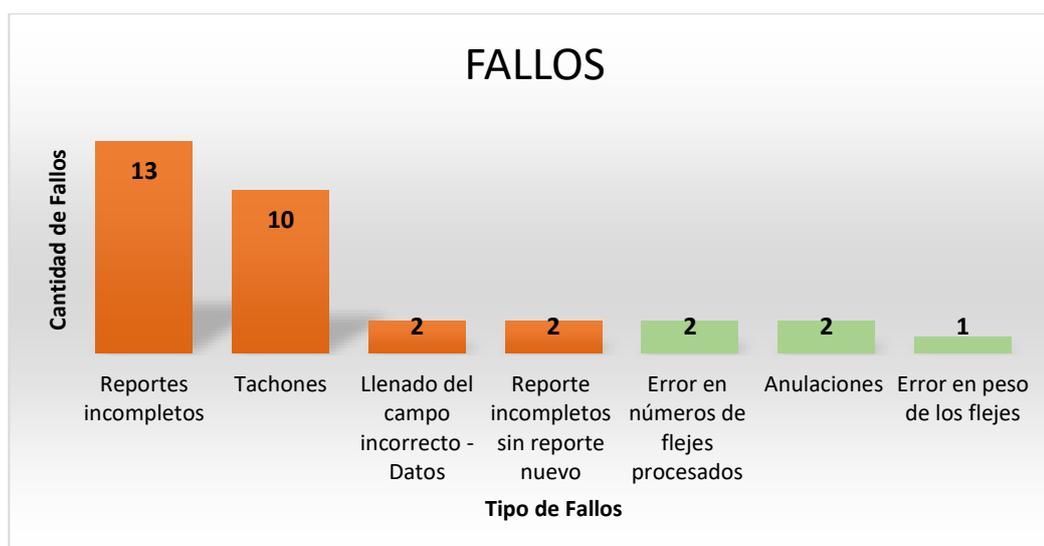


Figura 2.5 Tipos de fallos en los reportes de producción

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

Codificación de flejes

Para la verificación de datos se toma una muestra de 19 flejes en la cual se recopiló información sobre las medidas, códigos para ser comparados con la información de los reportes de producción y además se observó las condiciones físicas del fleje tales como óxidos, manchas y pintura que dificulten la visibilidad de la codificación. Tal como se observa en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Registro de datos de la codificación de flejes

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

	CÓDIGO	MEDIDA	CÓDIGO MP	SECUENCIAL	PESO	APLICACIÓN	OBSERVACIÓN
1	FCL 200238	238x2	MBC 1901220	#101525	P2421	TC-60	Legibilidad de la letra 238x2, x2 parecía 62
2	FCL 300315	315x3	MBC 2801220	#105981	P 3222	TR4	bien
3	FCL 200238	238x2	MBC 1821220	#105910	P 2423	TC-60	bien
4	FCL 200096	97x2	MBC 1921220	#104095	P 1014	TC 1 "	Diferente código en sistema hiper K
5	FCL 180114	114,5x1,8	MBC 1731220	#105806	P 1153	TC 11/4	Pintura sobre la codificación
6	FCL 180114	114,5x1,8	MBC 1731220	#105855	P 1157	TC 11/4	Pintura sobre la codificación
7	FCL 200114	114,5x2	MBC 1921220	#105952	P 1141	TRE-20	Pintura sobre la codificación
8	FCL 200114	114,5x2	MBC 1901220	#101555	P 1088	TRE-20	Diferente código en sistema hiper K
9	FCL 300208	208x2,8	MBC2801220	#103748	P 1766	C6-100	Legibilidad de la letra, 1220 parecía 1222
10	FCL 140123	124x1,45	MBC1401220	#101809	P 1224	CG 60	Diferente código en sistema hiper K
11	FCL 140123	124x1,45	MBC1401220	#101807	P 1217	C6 60	Diferente código en sistema hiper K
12	FCL 200124	124x2	MBC1921220	#105928	P 1219	C6 60	Diferente código en sistema hiper K

Ubicación de flejes

En la verificación de la ubicación de los flejes en los respectivos porta flejes, se realiza una comparación en color del porta fleje y del fleje el cual dependerá de la máquina asignada tal como se observa en la figura 2.6.

Máquina	Color de PortaFlejes
Tubera 2	
Tubera 3	
Tubera 5	
Perfiladora 1	
Perfiladora 2	
Perfiladora 4	

Figura 2.6 Color de porta flejes

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

En el muestreo se obtuvo que los colores de los flejes no coincidían con el porta flejes de cada máquina como en el caso de la tubera 2 obtuvimos que contenía 8 flejes de color azul y 2 blancos, cuando lo correcto sería encontrar todos los flejes de color naranja, como se observa en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Resultados de la ubicación de flejes en porta flejes

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Portafleje	Primera muestra	Segunda muestra
Tubera 2	8 flejes azules y 2 blanco	12 flejes azules
Tubera 3	4 flejes azules	3 flejes blancos
Tubera 5	2 flejes verdes y 3 azules	11 flejes verdes
Perfiladora 1	16 flejes rojos	8 flejes verdes
Perfiladora 2	13 flejes naranjas	4 flejes amarillos
Perfiladora 4	7 flejes verdes	5 flejes verdes y 2 amarillos

Inventario físico e inventario de sistema

Se utilizó observación directa para la verificación de datos de la variable de inventario físico y del sistema con la finalidad de revisar que los flejes que se encuentran físicamente en el área de conformado en la misma cantidad de la que se encuentra en el sistema Hiper k, como se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Registro de inventario físico y de sistema

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

FLEJES LAMINADOS CALIENTE				
	FISICO	SISTEMA	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
FCL400391	0	0	0	
FCL400522	0	1461	1461	2 REPORTES NO CONFOMES POR INGRESAR
FCL400522	0	0	0	
FCL500061	1833	1833	0	
FCL400588	0	0	0	
FCL500100	512	512	0	
FCL500178	11946	11946	0	
FCL500193	528	528	0	
FCL500221	1722	1722	0	

2.3 Análisis

En esta etapa, se identificó las causas con sus respectivos análisis de estas, el proceso tuvo la participación de 9 personas que comprendían: operadores de máquinas de Slitter, perfiladoras, operadores de grúa y personal administrativo, las herramientas que se utilizaron fueron lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa. Además, se determinaron las causas significativas usando una matriz de causa y efecto con la finalidad de encontrar las causas que afectan a mi problema enfocado, posteriormente se realiza una verificación de cada una de las causas, finalmente con el grupo de trabajo se determinó las causas raíces empleando la herramienta de los 5 por qué.

2.3.1 Lluvia de ideas

La ayuda de esta herramienta permitió encontrar causas que generan las diferencias de inventario en los flejes laminado en caliente, posteriormente se procedió a clasificar cada una de las ideas propuestas por los operadores de máquina y administrativos en el diagrama Ishikawa. Dicha clasificación se observa en la figura 2.7.

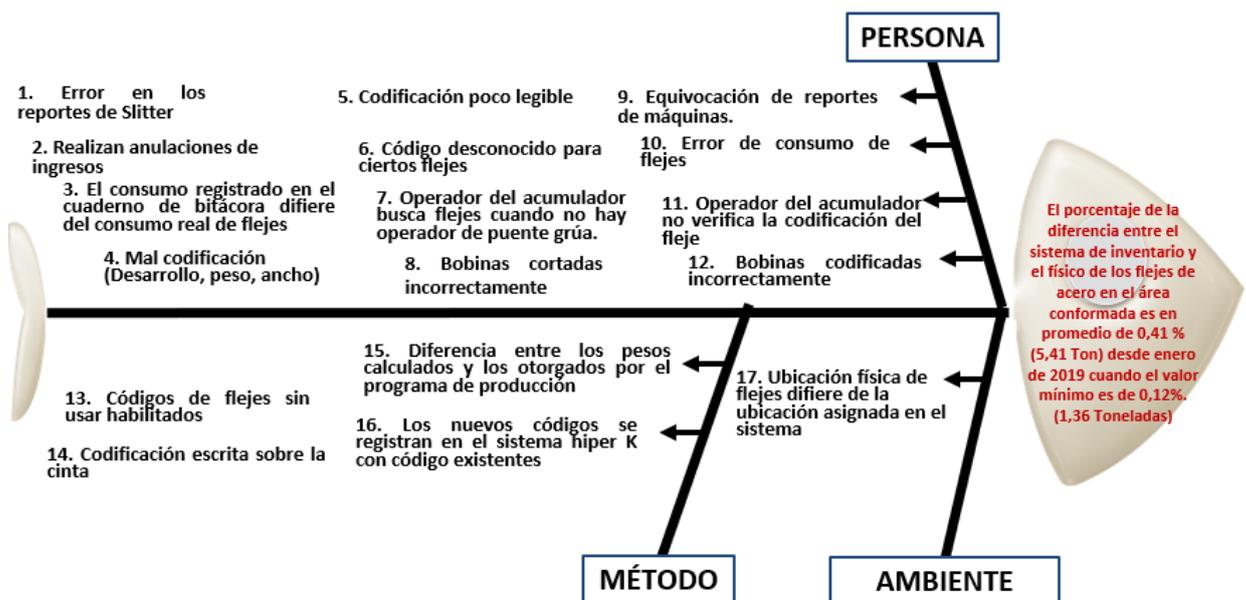


Figura 2.7 Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Matriz causa y efecto

La herramienta matriz causa y efecto brinda la oportunidad de identificar las causas potenciales, las cuales generan un mayor impacto en la diferencia de inventario, consiste en realizar calificaciones de cada una de las causas con el valor de 0, 1,3 y 9 donde cero equivale a que la causa potencial no tiene relación y toman valor de 9 cuando las causas se relaciona fuertemente con la variable de respuesta. En la tabla 2.9 se observa las causas potenciales que tenían mayor impacto en el problema enfocado.

En el apéndice B, se encuentra detallada la ponderación de cada una de las causas que se obtuvieron de la lluvia de ideas, y la respectiva calificación de 9 evaluadores.

Tabla 2.9 Causas potenciales con mayor impacto

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

X	Causas Potenciales
1	Flejes mal codificados (Espesor, Peso, Desarrollo)
2	Codificación poco legible
3	Codificación escrita sobre la cinta
4	Ubicación física de flejes difiere de la ubicación asignada en el sistema
5	Equivocación de reportes de máquinas
6	Diferencia entre los pesos calculados y los pesos reales de flejes
7	Bobinas codificadas incorrectamente
8	Códigos de flejes sin usar habilitados

Luego junto con el supervisor del área se realizó una evaluación de nivel de control a cada una de las causas potenciales teniendo una matriz que permite filtrar las causas potenciales para de esta manera escoger el cuadrante de mayor impacto y fácil control, como se puede observar en la figura 2.8.



Figura 2.8 Matriz Impacto vs Control

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Una vez realizada la matriz de impacto vs control, se procedió a seleccionar las causas que se encuentran en el primer cuadrante ya que estas causas generan un mayor impacto a la variable respuesta.

2.3.2 Plan de verificación de causas

Para esta fase se pretende demostrar que las causas anteriormente escogidas son significativas y que verdaderamente ocasionan un impacto al problema enfocado, realizando el plan de verificación de causas, ver tabla 2.10 y a su vez comprobados se procede a encontrar soluciones.

Tabla 2.10 Plan de verificación de causas

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Plan de Verificación de causas				
X	Causas Potenciales	Teoría	¿Cómo verificar?	ESTADO
1	Flejes Mal Codificados (Espesor, Pesos, Desarrollo, otros)	Al realizar la revisión diaria del inventario presenta dificultad de identificación de fleje, generando diferencia de inventario	Realizar gemba y verificar con el reporte de producción la codificación del fleje	Completado
2	Codificación poco Legible	Al realizar la revisión diaria del inventario presenta dificultad de identificación de fleje, quedando en duda donde se encuentra el fleje generando una diferencia de inventario físico	Realizar gemba, cuantificar el tiempo que me toma en identificar el fleje con el inventario o tomar una muestra con respectiva foto para evidenciar la causa codificación	Completado
3	Codificación escrita sobre la cinta	La cinta se desprende con el código quedando el fleje sin codificación haciendo difícil su identificación, generando diferencia de inventario	Realizar gemba y contabilizar con un muestra, el número de flejes por porta fleje que se observa con la cinta desprendida y tomar foto para evidenciar la causa	Completado
4	Ubicación física de flejes difiere de la ubicación asignada en el sistema	Al instante de buscar el fleje no se encuentra y se tienen que consumir uno de similar características, quedando un fleje sin consumir y generando diferencia de inventario	Realizar gemba, cuantificar cuántas veces ocurre el evento y registrar las características del fleje que se busca y el fleje utilizado	Completado
5	Equivocación de reportes de máquinas	Al ingresar los operadores datos inconsistentes en los reportes generan una diferencia de inventario en el sistema	Data histórica, cuantificar cuántas veces y tipos de errores se presentan en los reportes de producción	Completado

X1: Flejes mal codificados

La verificación de la causa de los flejes mal codificados se efectuó por medio de observación directa, se realiza un muestreo de los flejes de acero comparando el código del fleje con los registros del espesor y desarrollo ingresado en el sistema. Obteniendo como resultados que en algunos casos los códigos de los flejes de acero no coinciden con el registro del reporte elaborado por los operadores, además tampoco coinciden en los registros de orden de liquidación que se obtiene del sistema Hiper K. Observar la tabla 2.11.

Tabla 2.11 Muestreo de códigos de flejes

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

Registros (Desarrollo –Espesor)		
Código del fleje	Registro del Reporte	Registro Orden de Liquidación
FCL 300315	315x3	Correcta
FCL 200238	238x2	Correcta
FCL 200096	97x2	96,5x2
FCL 180114	114,5x1,8	Correcta
FCL 180114	114,5x1,8	Correcta
FCL 200114	114,5x2	114x2
FCL 200114	114,5x2	114x2
FCL 140123	124x1,45	124x1,40
FCL 140123	124x1,45	124x1,40
FCL 200124	124x2	123x1,90

También se realizó una prueba para verificar los pesos de los flejes obteniendo como resultado que existían en ciertos flejes diferentes pesos registrados en el reporte y en el peso marcado por la balanza, como se puede observar la tabla 2.12 para el fleje de código FCL300192 y FCL500096 se encontró una diferencia de 217 kg y de 701 kg al pesar el fleje y compararlo con lo registrado en el sistema representando un 12.95% y 63.96% respectivamente de diferencia en el inventario para cada tipo de fleje.

Tabla 2.12 Muestreo de pesos de flejes

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

Código	Peso registrado en reporte (kg)	Peso registrado en balanza (kg)	Diferencia (kg)	Diferencia (%)
FCL 300192 - 192x3 - MBC2801220 #104142 - G119276 - P1893	1.893	1.676	-217	12,95%
FCL 500096 - 97x1,5 - MBC1451220 #104059 - G119324 - P1797	1.797	1.096	-701	63,96%
FCL 180173 - 172x1.8 - MBC1731220 #105824 - G219323 - P1750	1.750	1.692	-58	3,43%
FCL 150158 - 158x1,5 - MBC1451220 #104059 - G119324 - P1797	1.797	1.778	-19	1,07%

X2: Codificación poco legible

Para la codificación poco legible se procedió a verificar mediante observación directa, se detectó que existe falencias, existe pintura encima de la codificación, o se escribe en partes del fleje de acero con óxido y también había códigos borrados, tal como se puede observar en la figura 2.9.



Figura 2.9 Pintura y óxido sobre la codificación

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

X3: Codificación escrita sobre la cinta

Por medio de observación directa se verifico que existe fallas en el método de codificación, los operadores en ocasiones escriben los datos del fleje sobre la cinta Fita la cual no permite distinguir la codificación cubriendo datos como el peso, datos de la máquina y producto en la que debe ser procesado el fleje de acero, ver figura 2.10.



Figura 2.10 Codificación escrita sobre la cinta

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

X4: Ubicación física de flejes difiere de la ubicación asignada en el sistema

Por medio de observación directa algunos flejes de acero no se encuentran en los porta flejes correspondientes de cada máquina, cada porta fleje posee un color distintivo para cada máquina, con lo cual los flejes que provienen de la máquina Slitter son codificadas con colores de las máquinas donde deben ser procesadas, y se pudo verificar que los flejes encontrados no coincidían con el color y lugar de la máquina observar figura 2.11 pero esta variable no afecta a mi diferencia de inventario, aunque no se encuentren en el lugar correcto, los flejes son encontrados al final del día.



Figura 2.11 Ubicación de flejes incorrectos

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

X5: Equivocación de reportes de máquinas

Por medio de una data histórica se obtuvo que frecuentemente se producen fallas en los reportes de producción, los cuales pueden ser por motivos de reportes incompletos o tachones, de una muestra de un mes se obtuvo que de 32 reportes con falencias, los tipos de fallos que tienen efecto sobre la diferencia de inventario son las anulaciones por ingreso equivocado en el sistema que representa un 6.25% de las fallas, error en el cálculo del peso un 3.12% y números de flejes procesados en la máquina 6.25 %.

2.3.3 Identificación de las causas raíces

Finalmente, luego de verificar las causas potenciales, se procedió a encontrar las causas raíces de las variables X1, X2, X3 y X5 utilizando la herramienta de los 5 porque, esto permite obtener el origen de los problemas como se muestra en la tabla 2.13 y de forma detallada para cada variable en el apéndice C.

Tabla 2.13 5 Porqué de la diferencia de inventario

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

X2: Codificación poco legible (pintura sobre la codificación, óxido del fleje)

Ronda1	Hipótesis	Ronda2	Hipótesis	Ronda3	Acción
¿Porqué la codificación poco legible afecta a la diferencia de inventario?	SI	¿Porqué se dificulta la identificación del Fleje ?	SI	¿Porqué sobre la codificación existe rastros de pintura ?	Rediseñar el sistema de codificación manual con ayuda de una máquina de etiquetas de colores y códigos para la identificación de flejes
Por que se dificulta la identificación del Fleje		Por que sobre la codificación existe rastros de pintura		Por que el sistema de asignación para máquinas consta en colocar pintura sobre los flejes	
		Por que se escribe la codificación sobre las imperfecciones del Fleje		¿Porqué se escribe la codificación sobre las imperfecciones del Fleje?	
				Por que el operador no puede mover el fleje por su peso y buscar una mejor área para codificar	
		Por que los operadores no tienen una letra legible			

Finalmente se identifica las causas raíces las cuales se muestran a continuación en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Causas raíces de diferencia de inventario

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Causas Potenciales	Causas Raíz	Acción
X1: Flejes mal codificadas	Las actividades no están distribuidas equitativamente	Distribuir la carga de trabajo entre operadores de la máquina
	El sistema no se encuentra depurado para poder crear nuevos códigos	Depurar el sistema Hiper K
X2: Codificación poco legible	El sistema de asignación para las máquinas consiste en colocar pintura en los flejes de acero	Rediseño del sistema de codificación manual con la ayuda de una máquina de etiquetas y códigos de color para la identificación de los flejes de acero
	El operador no puede mover los flejes de acero por su peso y buscar una mejor área para codificar	
	Los operadores no tienen una letra legible	
X3: Codificación sobre la cinta	La cinta ocupa el área donde debe ser codificada	
X5: Error en los informes de Slitter	No hay una correcta distribución de la carga de trabajo	Distribuir la carga de trabajo entre los operadores de la máquina cortadora

2.4 Mejoras

Mediante la identificación de cada una de las causas raíz las cuales se obtuvieron de la etapa de análisis, se plantearon posibles soluciones las mismas que serán evaluadas por el cliente para dar una prioridad y escoger las más importantes con el propósito de realizar un plan de implementación.

2.4.1 Evaluación de propuestas

Para la selección de soluciones que más impactan al problema, se realizó una matriz de impacto – esfuerzo, para la valoración de cada una de las soluciones. Se evalúan dos criterios los cuales son impacto e inversión las mismas que reciben una valoración de 1 si el impacto e inversión son bajos, 3 si es medio y 9 si son altos. Los resultados de la evaluación se muestran en la tabla 2.15.

Tabla 2.15 Evaluación de propuestas

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

Evaluación de Propuesta	Costo	Impacto	Inversión	TOTAL	Aceptación de la Empresa
1-Depurar códigos del sistema Hyper K	\$ 0	9	3	27	No
2-Distribuir la carga de trabajo entre operadores de la máquina Slitter Slitter machine operators	\$ 0	9	9	81	Si
3-Rediseñar el sistema de codificación manual con ayuda de una máquina de etiquetas de colores y códigos para identificación de flejes	\$119,69	9	7	63	Si
4-Analizar el método de codificación	\$ 0	9	9	81	Si

2.4.2 Selección de propuesta de mejora

Con la ayuda del equipo de trabajo se ponderaron cada una de las soluciones y se determinó el nivel de impacto y el esfuerzo haciendo referencia al ámbito económico y se escogió las soluciones con mayor impacto y de fácil esfuerzo como se muestra en la figura 2.12.

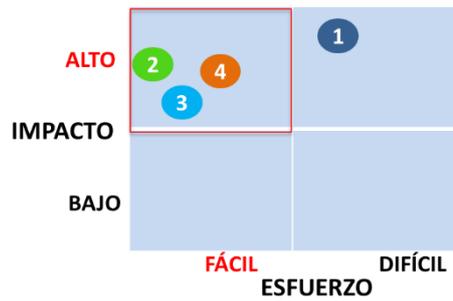


Figura 2.12 Matriz impacto-esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

2.4.3 Plan de implementación de soluciones

El plan de implementación para cada una de las soluciones del problema enfocado se puede visualizar en el apéndice D, en el plan se logra detallar los responsables, la fecha y las indicaciones a realizar en cada solución.

2.4.3.1 Distribuir la carga de trabajo entre operadores de máquina Slitter

Se procedió a realizar un descriptivo de cargo con cada una de las actividades desempeñadas por el operador, en primera instancia se realizó observaciones de las actividades ejecutadas en la obtención de flejes de acero. Como se observa en la tabla 2.16, el motivo de la distribución es permitir que solo el operador 3 realice las actividades para llenar los reportes y codificar cada uno de los flejes y evitar confundir los valores registrados, el descriptivo de cargo se puede observar en el Apéndice D.

Tabla 2.16 Distribución de carga de trabajo

Fuente: Elaboración propia
Katherine Cruz – Byron Lino

PRINCIPALES SUBPROCESOS		
OPERADOR 1	OPERADOR 2	OPERADOR 3
Armado de Cuchillas - Calibración	Armado de brazos guías del Rebobinador	Traslado de Bobinas
Colocar cinta o Soldar	Manejo de Desechos	Llenado de Reporte
Cambio de Matricería	Cambio de Matricería	Codificación de Flejes
Manejo de Panel de Control 2	Manejo de Panel de Control 3	Manejo de Panel de Control 1

2.4.3.2 Rediseñar el sistema de codificación manual

Al cambiar el proceso de generación de reportes, en cada turno se optó por realizar un número determinada de capacitaciones a los trabajadores de la máquina Slitter y personal administrativo, para que cada uno de ellos tenga claro el nuevo procedimiento que se está implementando y los beneficios de este.

El sistema de codificación actual provee una probabilidad de error considerable, por tal motivo se rediseñó el sistema cambiando de escritura manual a digital, cada dato que se calculaba y colocaba en las hojas de forma manual, ahora se procederá a introducir de forma digitalmente en la computadora la cual me generará reportes de producción de los operadores de forma automática ver la figura 2.13 ingresando información muy puntual en la hoja de trabajo ayudando significativamente en los cálculos y en el tiempo que les tomaba realizar estas tareas administrativas.

2.4.3.3 Analizar método de codificación

Se procedió a un análisis para mejorar la forma de colocar la codificación sobre el fleje, debido a que se codificaba sobre la cinta Fita, pero se mejoró la forma de colocar la información colocando la etiqueta perpendicularmente y en caso contrario de que se encuentre la bobina con cinta frente al operador se debe colocar la etiqueta detrás de la bobina.

2.5 Control

Al finalizar la implementación de cada una de las soluciones, se procedió a establecer un plan de control apéndice E para cada solución, con la finalidad de asegurar un funcionamiento a largo plazo.

En la figura 2.15 se puede observar uno de los controles visuales para el momento d la generación de etiquetas en donde se encuentra los códigos que deben llenar los operadores con respecto a la calidad de los flejes de acero y de esta manera obtener mayor confiabilidad y reducir la probabilidad de error al ingresar información.

Figura 2.15 Formato de control calidad de Fleje

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Rediseñar el sistema de codificación manual

El programa desarrollado con la herramienta de macros en Excel permitió a los operadores de la máquina Slitter reducir la probabilidad de errores al momento de ingresar cierta información al programa, la misma que fue almacenada en una base de datos y esto permitió llevar un mejor control en la información.

Se efectuó una prueba piloto en la que se empleó la nueva forma de codificar, cada operador encargado realizar el registro de información y genero de etiquetas con éxito, y la verificación de los resultados por parte del personal encargado de la revisión del inventario reporto que la diferencia de inventario durante los días de la prueba piloto fue de 0% superando con creces el objetivo planteado al comienzo del proyecto.

Al comienzo del proyecto la empresa mantenía un promedio mensual de diferencia de inventario de 0.41% (5.41 toneladas), en unidades monetarias se consideró que el material contabilizado tenía un valor de \$466.67 mensuales haciendo un total de \$5600.04 anualmente, con las mejoras implementadas esta cantidad se reduce relativamente a cero.

3.2 Resultados CTQ sostenibilidad

Los resultados obtenidos en los puntos de sostenibilidad se resumen en la siguiente tabla 3.1.

Tabla 3.1 CTQ de sostenibilidad

Fuente: Elaboración propia

Katherine Cruz – Byron Lino

CTQ Sostenibilidad	Reducción
Costos de sistemas de codificación	66.34%
Problemas Ergonómicos	45.4%
Consumo de suministro	46.8%

Actualmente con el sistema de codificación de la empresa mantenía un costo mensual de \$345.39 y con el sistema mejorado su costo es de \$119.69 generando un ahorro de \$2708.40 al año. Es decir, se obtuvo una reducción de costo del 66.34%.

Los operadores presentaban problemas de ergonomía debido a los movimientos repetitivos y posturas incorrectas al momento de escribir sobre los flejes de acero, mediante el nuevo sistema se redujo el número de movimientos de 22 a 10 movimientos por cada fleje codificado, por lo tanto, se redujo un 45.4% de movimientos evitando fatiga muscular.

El impacto ambiental se redujo un 46.8% debido a que se la cantidad de papel usada anteriormente para los reportes de producción mensualmente paso de 160 hojas a 75 hojas debido a que se reciclan las hojas y además una parte de los reportes paso a ser digitales.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se obtuvo una reducción de la diferencia de inventario de 0,41% a 0% en la prueba piloto superando el objetivo propuesto.
- El beneficio social fue evidente al reducir los problemas ergonómicos para los operadores porque el número de movimientos al codificar los flejes se redujo significativamente de 22 a 10 movimientos, lo que eliminó las molestias musculares.
- Reducción del impacto ambiental un 46,87% en el uso de papelería de información de producción debido al reciclaje.
- Disminuir los costos del sistema de codificación un 66.34 %.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda Modificar la ecuación para el cálculo del Peso de Flejes de Acero para obtener datos más confiables.
- Se sugiere realizar la depuración de códigos del sistema Hiper K para tener códigos únicos de Producto de esta forma eliminar posibles coincidencias que generen error en el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

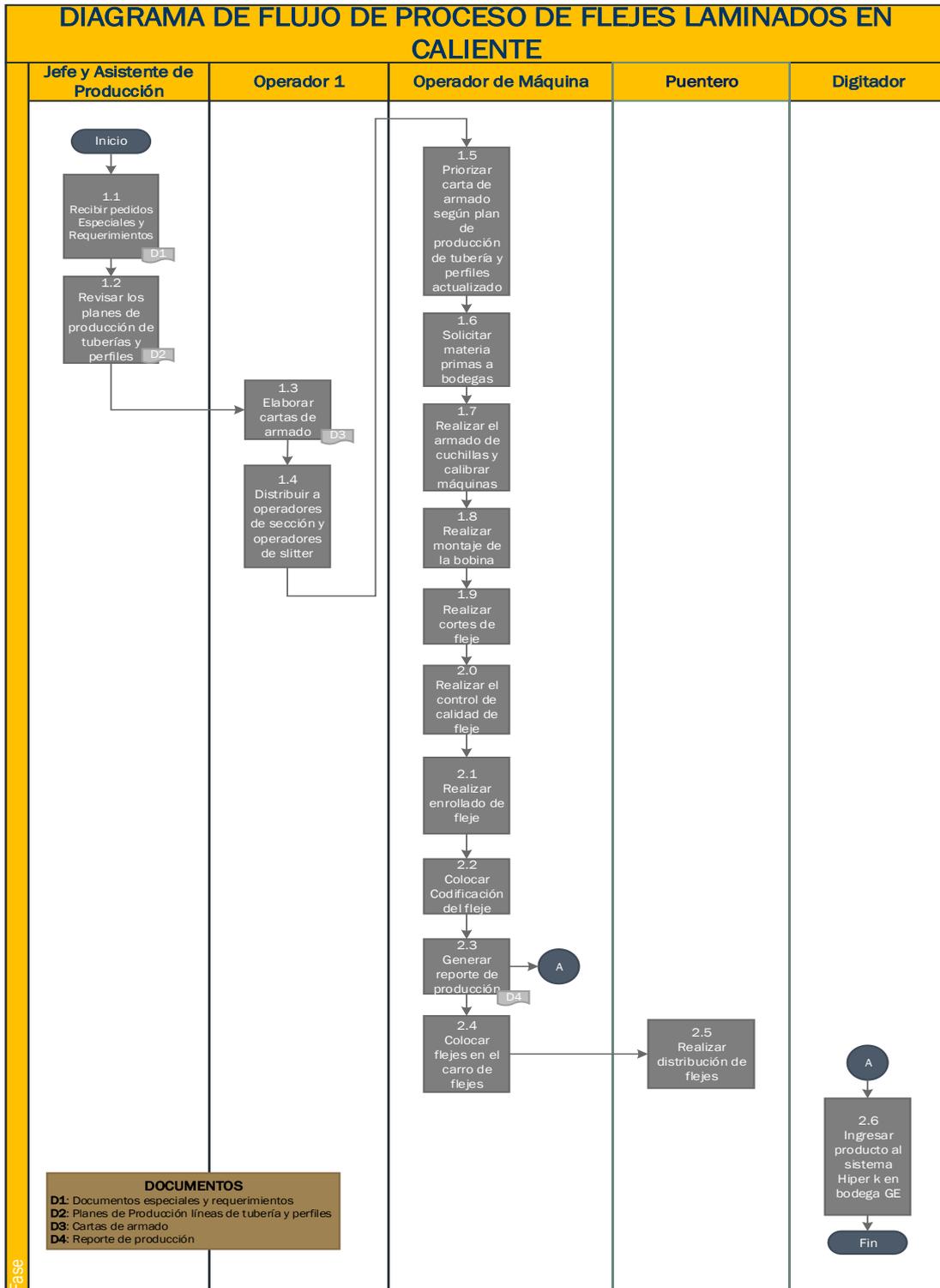
- Anas M. Atieh, H. K.-a. (2016). Performance Improvement of Inventory Management System Processes by Automated Warehouse Management System. *Science Direct*, 568-572.
- Bastos, M. M. (2006). *Introducción a la gestión de stocks. El proceso de control y valoración y gestión de stocks*. Ideaspropias.
- Bermúdez ER, C. J. (2010). El uso del diagrama causa efecto en el análisis de casos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos.*, 127-142.
- Business And Economics--Economic Situation And Conditions. (16 de septiembre de 2019). Sistemas que se destacan por velar por la seguridad: La implementación del.
- Caletec. (2016). *SIPOC – Mapa de proceso a alto nivel*. Obtenido de SIX SIGMA. LEAN. KAIZEN: <https://www.caletec.com/otros/sipoc-mapa-de-proceso-a-alto-nivel/>
- Fernández, A. C. (2017). *Gestión de Inventarios*. Málaga: IC Editorial.
- Fuertes, J. A. (2015). Métodos, técnicas y sistemas de evaluación de inventarios. *Revista de la Agrupación joven Iberoamericana de Contabilidad y Administración de Empresas*, 48-65.
- Grotz, S. (28 de Diciembre de 2016). *Creativa consulting la Voz del cliente y Lean Six Sigma*. Obtenido de <https://creativaconsulting.com.ar/la-voz-del-cliente-y-lean-six-sigma/>
- Grupos de Diarios América. (26 de Abril de 2019). La estandarización y la trazabilidad son claves: Los conceptos han tomado relevancia en las operaciones de exportación, ya que permiten hacer seguimientos detallados y otorgan garantías.
- International Six Sigma Institute. (2018). *Six Sigma Revealed*.
- Lopez Martinez, I. G. (2014). Problemas de codificación de productos que afectan a la gestión de inventario. *Dyna*, 64-72.
- manufacturing, H. L. (2018). *Lean Manufacturing 10*. Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/analisis-la-causa-raiz-los-5-ques-funciona-ejemplo>

- Monika Smetkowska, B. M. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process. *Social and Behavioral Sciences*, 590-596.
- Salas, H. G. (2017). *Inventarios manejo y control* . ECOE.
- Shankar, R. (2009). *Process improvement. Using Six Sigma. A DMAIC guide*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Wilson R.Nyemba, C. M. (2017). Design of a 10-digit Inventory Codification System for a Tube and Pipe Manufacturing Company in Zimbabwe,. *Science Direct*, 503-510.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Diagrama de flujo del proceso de flejes laminados en caliente



APÉNDICE B

Ponderación de causas potenciales

MATRIZ CAUSA-EFECTO	Diferencia de Inventario(10)	Total
Realizan anulaciones de ingresos	1	10
Códigos de flejes sin usar habilitados	3	30
Nuevos códigos se registran en el sistema hyper K con códigos similar	3	30
Bobinas codificadas incorrectamente	3	30
Bobinas cortadas incorrectamente	1	10
Codificación poco legible	9	90
Codificación escrita sobre la cinta	9	90
Ubicación física de flejes difiere de la ubicación asignada en el sistema	9	90
Flejes mal codificados (Espesor, pesos, Desarrollo)	9	90
Diferencia entre los pesos calculados y los otorgados por el programa de producción	3	30
Operador del acumulador busca flejes cuando no hay operador de puente grúa.	1	10
Operador del acumulador no verifica la codificación del fleje	1	10
Equivocación de reportes de máquinas	3	30

APÉNDICE C

Causa raíz- 5 PORQUÉ

Codificación poco legible (pintura sobre la codificación, óxido del fleje)

Ronda1	Hipótesis	Ronda2	Hipótesis	Ronda3	Acción
¿Porqué la codificación poco legible afecta a la diferencia de inventario?	SI	¿Porqué se dificulta la identificación del Fleje ?	SI	¿Porqué sobre la codificación existe rastros de pintura ?	Rediseñar el sistema de codificación manual con ayuda de una máquina de etiquetas de colores y códigos para la identificación de flejes
Por que se dificulta la identificación del Fleje		Por que sobre la codificación existe rastros de pintura		Por que el sistema de asignación para máquinas consta en colocar pintura sobre los flejes	
		Por que se escribe la codificación sobre las imperfecciones del Fleje		¿Porqué se escribe la codificación sobre las imperfecciones del Fleje?	
				Por que el operador no puede mover el fleje por su peso y buscar una mejor área para codificar	
		Por que los operadores no tienen una letra legible			

Flejes codificados sobre las cintas

Ronda1	Hipótesis	Ronda2	Hipótesis	Ronda3	Acción
¿Porqué los Flejes codificados sobre las cintas afecta en la diferencia de inventario?		¿Porqué la codificación se escribe sobre la cinta que se despega?		¿Porqué no hay espacio para escribir la codificación ?	Rediseñar el sistema de codificación manual con ayuda de una máquina de etiquetas de colores y códigos para la identificación de flejes
Por que la codificación se escribe sobre la cinta que se despega		Por que no hay espacio para escribir la codificación		Por que la cinta ocupa el área donde se debe se debe codificar	

Flejes Mal Codificados (Espesor, Pesos, Desarrollo)

Ronda1	Hipótesis	Ronda2	Hipótesis	Ronda3	Hipótesis	Ronda4	acción
¿Porqué los flejes mal codificados influyen en la diferencia de inventarios?		¿Porqué al consumir el fleje no refleja sus verdaderas características?		¿Porqué los operadores se equivocan al registrar las características de los flejes?		¿Porqué el operador realiza múltiples actividades?	Distribuir la carga de trabajo entre operadores de la máquina Slitter
Por que al consumir el fleje no refleja sus verdaderas características		Por que los operadores se equivocan al registrar las características de los flejes (Espesor, Peso, Desarrollo)		Por que el operador realiza múltiples actividades		Por que las actividades no están distribuidas de manera equitativa	
				Por que la codificación no se encuentra creado en sistema hiper K		¿Porqué la codificación no se encuentra creado en sistema hiper K ?	Depurar el sistema Hiper K
						Por que el sistema no se a depurado para poder crear nuevos códigos	

Equivocación de reportes en slitter

Ronda1	Hipótesis	Ronda2	Hipótesis	Ronda3	Hipótesis	Ronda4	Acción
¿Porqué la Equivocación de reportes en slitter afecta a la diferencia de inventario?	SI	¿Porqué no se reportan la cantidad correcta de flejes procesados ?	SI	¿Porqué el operador se distrae ?	SI	¿Porqué el operador realiza múltiples actividades ?	Distribuir la carga de trabajo entre operadores de la máquina Slitter
Por que no se reportan la cantidad correcta de flejes procesados		Por que el operador se distrae		Por que el operador realiza múltiples actividades		Por que no hay una correcta distribución de carga de trabajo	

APÉNDICE D

Descriptivo de cargo

	DESCRIPTIVO DE CARGO		Edición:
INFORMACION GENERAL			
Nombre del Cargo:	OPERADOR 1 - OPERADOR 2 - OPERADOR 3		
Departamento:	Producción	Reporta a:	Supervisor de Producción
MISION DEL CARGO			
<p>Operar maquinaria en el área de producción, cumpliendo al menos de uno de los siguientes criterios</p> <p>Opera máquinas de una línea de producción que producen producto terminado o producto en proceso</p> <p>Opera máquinas de alto riesgo de accidentes a terceros</p> <p>Basandose en métodos, guías de trabajo y especificaciones técnicas establecidas para garantizar que el producto terminado o producto en proceso cumplan con las especificaciones técnicas y uso adecuado de los recursos</p>			
PRINCIPALES SUBPROCESOS			
OPERADOR 1	OPERADOR 2	OPERADOR 3	
Armado de Cuchillas - Calibración	Armado de brazos guías del Rebobinador	Traslado de Bobinas	
Colocar cinta o Soldar	Manejo de Desechos	Llenado de Reporte	
Cambio de Matricería	Cambio de Matricería	Codificación de Flejes	
Manejo de Planel de Control 2	Manejo de Panel de Control 3	Manejo de Panel de Control 1	
			
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS			
<p>Colabora en actividades de mantenimiento para permitir un buen funcionamiento de la máquina.</p> <p>Realizar las actividades 5s para crear un ambiente de orden aseo y limpieza en el lugar de trabajo.</p>			
AUTORIDAD			
Seguridad y Salud Ocupacional:			
Detener cualquier actividad que conlleve riesgo inminente de incidentes/accidentes.			
Gestión Ambiental:			
Detener cualquier actividad que evidencie riesgo inminente de impacto ambiental y notificar.			
Gestión de la Calidad:			
Reportar cualquier actividad que puede conllevar el incumplimiento de los parámetros de calidad de producto.			

APÉNDICE E

Plan de control

¿QUÉ?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿COMÓ?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿CUÁNTO?
% Diferencia de inventario	Victor Vera Supervisor	Para verificar que la diferencia de inventario disminuye con el tiempo	El área de conformado registra la diferencia en el inventario en un formato Excel, mediante el cual se proporcionará un documento donde puede ingresar valores y observar su disminución a lo largo de los meses.	final de enero del 2020	Oficina de conformado	Cada mes
Correcta codificación en los flejes	Victor Vera	Para verificar que los flejes de acero estén correctamente identificadas	Seleccionar los flejes al azar y con un vernier mida el ancho de los flejes y verificar la información con su etiqueta	cada turno	Área slitter	2 veces
Información de reportes manuales de producción	Digitadores	Para verificar que la información escrita sea la correcta	Comparar los valores en el Informe de producción manual con el Informe de producción	cada turno	Oficina de conformado	Diario