

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Reducción de la diferencia existente entre el inventario teórico
y el inventario real en una empresa de plástico"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Angel Roberto Guevara Orozco

Gino Gesú Portés Quito

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

De Angel Guevara

*A Ana Orozco y María Tama por saber
guiarme, corregirme, y tener paciencia
durante todo el camino.*

De Gino Portes

A mi amada familia.

DECLARACIÓN EXPRESA

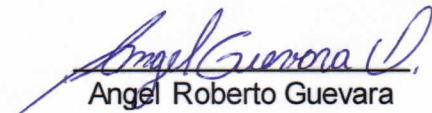
"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:


Angel Roberto Guevara Orozco

Gino Gesú Portes Quito

M.Sc. Luis Ignacio Reyes Castro

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".


Angel Roberto Guevara
Orozco
AUTOR #1


Gino Gesú Portés Quito
AUTOR #2


M.Sc. Luis Ignacio
Reyes Castro
TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

Para la industria plástica el manejo de residuos es de vital importancia. Esto se debe a que el material puede ser convertido nuevamente en materia prima a un costo relativamente bajo. Sin embargo, la falta de medidas regulatorias en ese flujo de material puede desencadenar problemas de existencias y ajustes de inventario.

La finalidad del proyecto fue disminuir la diferencia porcentual que existía entre el inventario teórico, es decir, lo que se debía encontrar y el inventario real, es decir, lo que realmente se encuentra en las bodegas de Plásticos S.A. (nombre ficticio para efectos de estudio) al final de cada periodo mensual.

Se empleó la metodología DMAIC para definir el problema, encontrar causas raíces y generar soluciones que permitieron mejorar las variables medidas y relacionadas con el objetivo establecido de reducir la diferencia porcentual entre los inventarios. Las principales herramientas usadas en la primera fase del proyecto fueron 4W+2H, SIPOC y VOC. Para la fase de medición, se usó las bases de datos históricas almacenadas en los registros de la empresa. En cuanto a la etapa de análisis, se empleó las herramientas de 5 por qué? y matrices de priorización para examinar las distintas causas y sus impactos en la diferencia de inventarios. De forma secuencial para la generación de soluciones se utilizó lluvia de ideas, matrices de impacto, así como círculos de calidad para decidir sobre las mejores implementaciones. Posteriormente para controlar las prácticas de las mejoras se empleó un sistema de control basado en una regresión logística, que permite estimar la cantidad de desperdicio generado en una orden de producción. En el desarrollo de este programa de control se usó el programa Python presentando datos a través de hojas de cálculo de Office.

En conclusión, se obtuvo una reducción del inventario promedio de 4 toneladas a 0.230 toneladas. De forma análoga, el costo alternativo de tener este inventario en exceso en las bodegas de Plásticos S.A se redujo de 12,172 dólares a 691 dólares para los meses de evaluación.

Palabras Clave: Porcentaje de diferencia de inventarios, Regresión logística, Python.

ABSTRACT

Currently, in the plastic industry, waste disposal plays a vital role. This is because this material can be reconverted into raw material at a relatively low cost. However, the lack of regulatory measurements may end up in existences and inventory adjustments.

This project aims to reduce the percental difference that exists between the theoretical inventory meaning what is meant to be and the current inventory meaning what is really found inside the warehouses of Plastics S.A. (fictitious name for study purposes)

DMAIC methodology was used to define the problem, to find the root causes and to generate solutions that enable the improvement of the variables measure and related to the established objective. The primary tools used in this first step of the project were 4W+2H, SIPOC and VOC. For the measurement a historical data base was used according to the industry records. As for the analysis phase the tools employed were 5 Whys and prioritization matrixes in order to examine the different root causes and its impact in the inventory difference. Then for the solutions generation part brainstorming, impact assessment matrixes and quality circles were the tools of choice in order to decide which were the best options. Subsequently, with regard to control the practice of the improvements a control system was designed. It is based on a logistic regression that allows to estimate the amount of scrap generated in a production order. To develop this software the software Python was used in combination with Excel to present data to the user.

To conclude, an average inventory reduction was obtained from 4 Tons to 0.230 Tons. In the same way, the alternative cost of holding this surplus in the industry shop, dropped from 12,172 dollars to 691 dollars for the evaluated months.

Keywords: Average difference in inventories, logistic-regression, Python

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Variables de medición.....	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Marco teórico	3
1.3.1 Six sigma	3
1.3.2 DMAIC	3
1.3.3 SIPOC	5
1.3.4 VOC.....	5
1.3.5 Diagrama de Pareto.....	6
1.3.6 Diagrama Ishikawa	6
1.3.7 Técnica de 5 por qué	6
1.3.8 Regresión logística	6
1.3.9 Machine Learning.....	6

CAPÍTULO 2	7
2. Metodología	7
2.1 Fase de Definición	7
2.1.1 Levantamiento de información	7
2.1.2 Declaración del problema	8
2.1.3 Identificación de las principales necesidades del cliente	9
2.2 Fase de Medición	10
2.2.1 Plan de recolección de datos	10
2.2.2 Plan de análisis de datos	15
2.2.3 Validación de datos	19
2.3 Fase de análisis.....	21
2.3.1 Generación de causas	21
2.3.2 Generación de soluciones	26
2.4 Fase de implementación	28
2.5 Fase de control	29
CAPÍTULO 3	33
3. Resultados	33
CAPÍTULO 4	38
4. Discusión y Conclusiones	38
4.1 Conclusiones.....	38
4.2 Recomendaciones	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
APÉNDICE	40

ABREVIATURAS

ESPOL:	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC:	Definir, medir, analizar, mejorar y controlar
VOC:	<i>Voice of Customer</i>
SIPOC:	<i>Suppliers - Inputs - Process - Outputs - Customers</i>

SIMBOLOGÍA

Kg: kilogramos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Proceso Operativo de la Empresa	7
Figura 2.2: 3W+2H.....	8
Figura 2.3: Voz del Consumidor	9
Figura 2.4: Tipo de inventario	16
Figura 2.5: Diferencia de inventario	16
Figura 2.6: Clasificación del inventario.....	17
Figura 2.7: Proporción de desperdicio por área	18
Figura 2.8: Pareto de tipos de desperdicio	19
Figura 2.9: Estación de registro de industria plástica	20
Figura 2.10: <i>Software</i> usado en industria plástica.....	20
Figura 2.11: Ishikawa del problema planteado	22
Figura 2.12: Pareto de utilización de extrusoras.....	30
Figura 2.13: Código del programa de regresión logística	32
Figura 3.1: Diferencia de inventario porcentual	33
Figura 3.2: Diferencia de inventario en kilogramos	34
Figura 3.3: Diferencia de inventario en dinero	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Diagrama SIPOC de la empresa de plástico	8
Tabla 2.2: Plan de recolección de datos	11
Tabla 2.3: Causas de matriz de priorización	23
Tabla 2.4: 5 Por Qué	24
Tabla 2.5: Plan de verificación.....	25
Tabla 2.6: Soluciones para causas raíces	26
Tabla 2.7: Ponderación de soluciones	27
Tabla 2.8: Plan de implementación #1	27
Tabla 2.9: Plan de implementación #2	28
Tabla 2.10: Plan de implementación #3	28
Tabla 2.11: Plan de implementación general	29
Tabla 2.12: Ejemplo de cálculo con <i>Software</i>	31
Tabla 3.1: Plan de implementación Solución 1	35
Tabla 3.2: Plan de implementación Solución 2	36
Tabla 3.3: Plan de implementación Solución 3	37

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo analiza la diferencia que existe entre el inventario real y el teórico en una empresa de plástico, ubicada en la ciudad de Guayaquil. El tema es: “Reducción de la diferencia existente entre el inventario teórico y el inventario real en una empresa de plástico”.

Plásticos S.A., es una industria que elabora productos de polipropileno y polietileno, de baja y alta densidad con impresión a todo color, destinados a los sectores industriales, comerciales, agrícolas, acuícolas y exportadores.

El objetivo principal es reducir la diferencia existente al contrastar el resultado del levantamiento físico de inventario y el inventario llevado de forma computarizada por los registros del sistema. Cabe señalar, que el inventario real equivale al inventario físico levantado al final de cada mes; es decir, lo que realmente se encuentra y el inventario teórico es equivalente al inventario señalado en el sistema.

No existen estudios previos que expliquen la razón de la diferencia entre los inventarios; sin embargo, para analizar esta desigualdad en el trabajo, se utiliza la metodología DMAIC. Así, se realizó un levantamiento y análisis de las potenciales causas, además de la implementación de una propuesta de mejora, de esa manera se mermo la composición desagregada dentro de esta disconformidad en el ajuste de inventario.

1.1 Descripción del problema

La diferencia entre el inventario teórico y el inventario real que se produce al final de cada mes en Plásticos S.A. está consumiendo espacio, ocupando recursos, generando vacíos de aprovisionamiento y planificación; y también creando desajustes contables. La cantidad promedio de diferencia de material es equivalente a 4,057Kgs, con un máximo de 10,770Kgs de enero a septiembre de 2017. Este nivel de diferencia en el inventario debe de ser acorde con la política de la empresa, sin embargo, se observa que este valor se ha excedido en el 100% de los meses. El costo alternativo de tener

esa diferencia en la fábrica es de aproximadamente \$12,172 mensual que se puede reducir en el mismo porcentaje que la diferencia.

1.1.1 Variables de medición

La variable de medición utilizada para el proyecto fue:

Porcentaje de diferencia de inventario.

Correspondiente al porcentaje de diferencia que existe entre el inventario real y el inventario físico que se encuentra dentro de las instalaciones de esta industria plástica. Ese porcentaje se calcula en función del inventario teórico, debido a que señala el valor que se debe encontrar en un escenario ideal.

$$Y = \left| \left(\frac{y_1: \text{inventario real}}{y_2: \text{inventario teorico}} - 1 \right) \right| * 100$$

$$Y = \left| \left(\frac{\text{inventario real} - \text{inventario teorico}}{y_2: \text{inventario teorico}} \right) \right| * 100$$

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Reducir las diferencias porcentuales de inventario de 18% (4,057Kgs) a 9% (2,133.5Kgs) del material ingresado en intervalos de 30 días; aplicando la metodología DMAIC.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las diferentes causas que generan la diferencia de inventario.
- Cuantificar y reducir los distintos componentes de la diferencia de inventario.
- Estimar la cantidad de desechos generados por pedido.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Six sigma

Es una metodología que hace referencia a la reducción de los defectos con la finalidad de que todos los productos o servicios cumplan y/o excedan con las expectativas de los clientes. (Peter S. Pande, Roberto P. Neuman & Roland R. Cavanagh, 2004)

Mide el nivel de desempeño a través de la variabilidad que se tiene entre un mismo producto/servicio considerando seis aspectos que son:

- Verdadera orientación al cliente.
- Gestión orientada a datos y hechos.
- Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos.
- Gestión proactiva.
- Colaboración sin fronteras.
- Búsqueda de la perfección, tolerancia a los errores.

Six sigmas usa dos metodologías, sin embargo, para proyectos de mejora se utilizan la metodología de DMAIC.

1.3.2 DMAIC

La metodología DMAIC se lleva a cabo en la implementación de proyectos de mejora, y consta de cinco etapas estructuradas:

1. Definir

En esta etapa se debe definir el proceso que se quiere mejorar, identificando los requisitos del cliente a través del VOC y el alcance con la herramienta SIPOC.

2. Medir

Recolectar datos identificando las medidas de entrada y salida del proceso mediante el mapeo del proceso. (Carroll, 2013)

3. Analizar

En esta etapa se hace un análisis de datos y un análisis de procesos, el análisis de los datos sirven para encontrar tendencias, patrones que ayuden a rechazar o aceptar las hipótesis sobre las causas de los defectos. En el análisis de procesos se realiza un escrutinio de los procesos más importantes que buscan cumplir con los requisitos de los clientes para encontrar su tiempo de ciclo y pasos que no añaden valor al cliente.

Las herramientas que se utilizan en esta etapa son:

- ✓ Gráfico y análisis de Pareto.
- ✓ Gráfico de tendencia y de series temporales.
- ✓ Histograma o gráfico de frecuencia.
- ✓ Análisis causa-efecto (Ishikawa).
- ✓ Diagrama de relaciones.
- ✓ Diagrama de dispersión o diagrama de correlación.
- ✓ Gráficos estratificados.
- ✓ Diagrama de flujo o mapas de procesos detallados.
- ✓ Diagrama de procesos interfuncional o de despliegue.
- ✓ Análisis de regresión y análisis de correlación.

4. Mejorar

En la etapa mejorar se crea, selecciona e implementa las soluciones que eliminen las causas de los defectos y reduzcan la variación de un proceso. Existen cinco pasos para lograrlo:

- Generar ideas creativas como posibles soluciones: utilizando técnicas que potencien la creatividad de las tormentas de ideas.
- Sintetizar las ideas de posibles soluciones.
- Seleccionar una solución.
- Prueba piloto.
- Implementación a gran escala.

5. Controlar

El objetivo de controlar consiste en implementar las mejoras, medir los rendimientos del proceso e ir ajustando el funcionamiento cuando sea necesario. En esta etapa, se requiere de disciplina, documentar la mejora, registrar los valores, y, por último, diseñar un plan de gestión de procesos. (Chip Caldwell, Greg Butler & Nancy Poston, 2009)

1.3.3 SIPOC

El diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés *Suppliers*(proveedores) - *Inputs*(entradas) - *Process*(Proceso) - *Outputs*(salidas) - *Customers*(clientes), es una herramienta para identificar problemas que ayudan a definir el alcance de mejora del proyecto y permite visualizar el proceso de una manera más simple.

- Los proveedores son los que proporcionan las entradas al proceso.
- Las entradas son los recursos que se requieren para realizar las actividades del proceso como materiales, información, servicios, personas.
- Los procesos son un conjunto de actividades que añaden valor al transformar las entradas en salidas.
- Las salidas son los recursos que necesita el cliente como información, servicio, producto.
- Los clientes son las personas que reciben la salida

1.3.4 VOC

La voz del cliente se utiliza para conocer sobre los requerimientos y necesidades del cliente, satisfaciendo sus expectativas; con este proceso se garantiza la identificación de los problemas del cliente y prioriza las soluciones. Las necesidades de los clientes ya sean internos o externos se los obtiene usando fuentes de información que pueden ser cualitativas o cuantitativas; también a través de entrevistas, grupos focales o encuestas. (Yang, 2007)

1.3.5 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se basa en una representación gráfica, la cual el 20% representan las causas que provocan el 80% de los efectos. Sirve para reconocer ese porcentaje de causas y se lo conoce como Diagrama 20-80. (Dirección Corporativa de Gestión de Calidad, 1991)

1.3.6 Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa sirve para reconocer las causas y efectos de un problema, permite tener una visión global de todas las causas que están generando un problema, por eso, esta herramienta brinda todos los elementos necesarios para estudiar las posibles soluciones al problema. También conocido como espina de pescado o diagrama de Grandal. (50minutos.es, 2016)

1.3.7 Técnica de 5 por qué

Es una herramienta que consiste en explorar un problema preguntando cinco veces ¿Por qué?, con la finalidad de encontrar la causa raíz del problema.

1.3.8 Regresión logística

La regresión logística es una regresión lineal que contiene variables dicotómicas, ya sea la variable dependiente o la variable independiente, para solucionar el problema de usar una regresión lineal simple con variables dicotómicas, se puede utilizar un modelo Probit o un modelo Logit. (Pérez, Á. A. J., Kizys, R., & Manzanedo, L., 2015)

1.3.9 Machine Learning

El *Machine Learning* es el campo de estudio, en donde los ordenadores tienen la habilidad de aprender a través de la experiencia usando datos, sin tener que ser programados. (Mitchell, 1997)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se realizó el desarrollo de los pasos de la metodología DMAIC que se utilizó en el proyecto y que son: Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control. De este modo, se realizó una explicación detallada de cada paso en su orden respectivo de desarrollo.

En las primeras partes de Medición y Análisis se realiza una explicación de la información que se ha recolectado con el fin de precisar las causas raíces del problema determinado en el paso de Definición.

En las etapas posteriores de Implementación y Control es necesario la búsqueda minuciosa de diferentes herramientas para la solución definitiva del problema presente, así mismo el mecanismo para que la solución se mantenga vigente con el paso del tiempo, así como el control sobre el problema. La fase de Definición no se menciona de forma minuciosa porque ya fue explicada en el capítulo anterior.

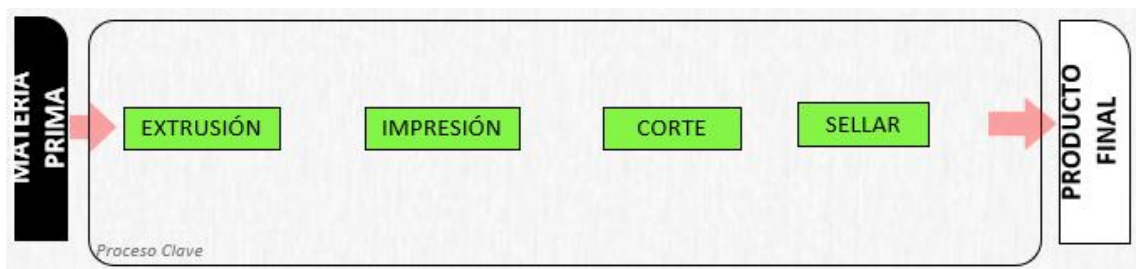
2.1 Fase de Definición

La fase de definición contiene la declaración del problema e identifica a los clientes, a través de las herramientas: 3W+2H, SIPOC, VOC.

2.1.1 Levantamiento de información

La empresa realiza cuatro procedimientos para transformar la materia prima en producto final (véase Figura 2.1).

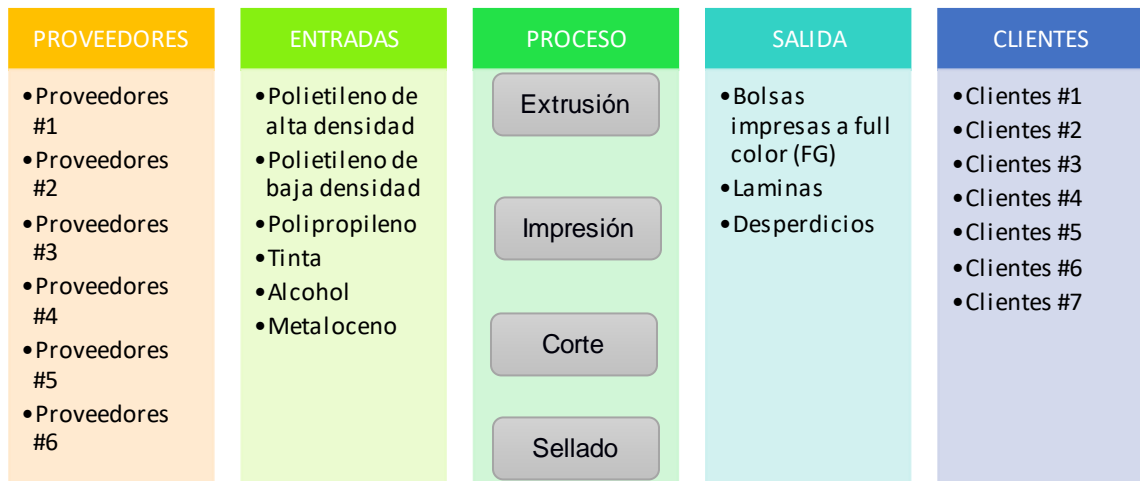
Figura 2.1: Proceso Operativo de la Empresa



Fuente: Elaboración propia

La herramienta SIPOC (véase Tabla 2.1), facilita la vista del proceso de la empresa de plástico en su entorno macro, que incluye: proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes.

Tabla 2.1: Diagrama SIPOC de la empresa de plástico

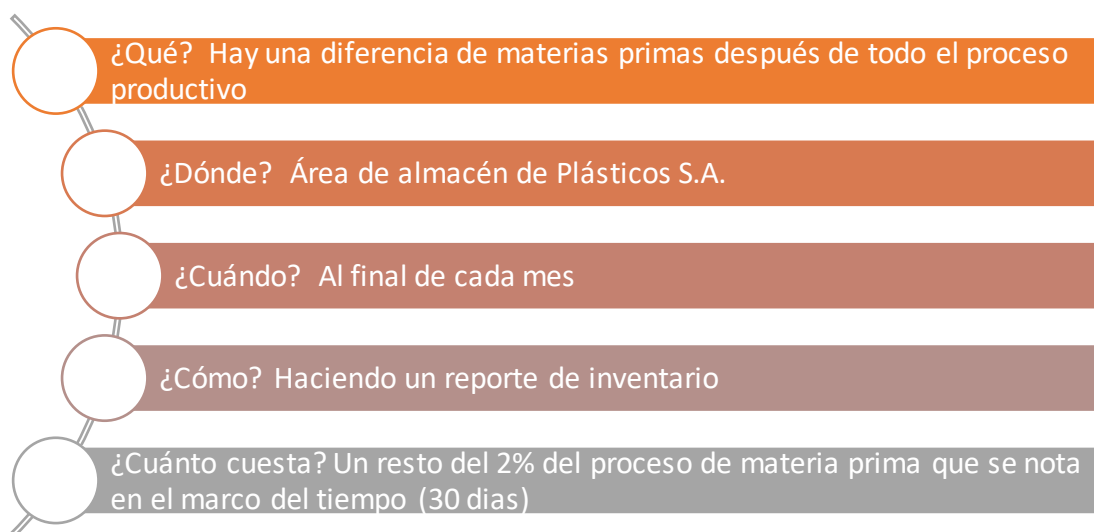


Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Declaración del problema

Con la herramienta 3W+2H (véase Figura 2.2), se podrá identificar cuáles son los síntomas que se derivan del problema de la diferencia de inventario que existe en la empresa.

Figura 2.2: 3W+2H



Fuente: Elaboración propia

Con la herramienta utilizada en la Figura 2.2, la descripción del problema es la siguiente:

“La cantidad promedio de diferencia del material es equivalente a 4,057Kgs con un máximo de 10,770Kgs, de enero a septiembre de 2017. Y, el costo alternativo de tener esta diferencia en la fábrica mensualmente es de aproximadamente \$12,172 que se puede reducir en el mismo porcentaje que la diferencia.”

2.1.3 Identificación de las principales necesidades del cliente

Comprender las necesidades de las partes interesadas, como proveedores o clientes, ayuda a solucionar los problemas. Con la herramienta VOC (véase Figura 2.3), se busca captar la percepción de las necesidades de las partes interesadas.

Figura 2.3: Voz del Consumidor



Fuente: Elaboración propia

2.2 Fase de Medición

La fase de medición es la encargada de levantar la información, concerniente al problema que se trató, la cual fue precisa y veraz, identificando las causas que afectaban la misma, por tanto, fue necesario desarrollar un plan para: recolección de datos, análisis de los datos, y validación de datos.

2.2.1 Plan de recolección de datos

En el plan de recolección de datos (véase Tabla 2.2), se desarrolló la técnica conocida como 3W+2H con el fin de determinar: ¿dónde serán conseguidos?, ¿por qué son necesarios?, y ¿cómo serán medidos?, además de encontrar una validación clara de los mismos, considera información como del personal responsable, información relevante a obtener, y unidades de datos con la que se está trabajando

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto:	Reducir la diferencia entre los inventarios				Líderes del proyecto:	Ángel Guevara	Gino Portes
Responsable	Información que recolectar				Condiciones Relacionadas	¿Por qué es necesario recolectar?	¿Cómo se mide?
	Variables	Uds.	Tipo de Datos	¿Dónde está la información?			
Operadores	Inventario Real (Y1)	Kg	Continuo	En un programa estadístico de la empresa	¿Qué?: Inventario remanente	Para determinar la cantidad del inventario físico para contrastarlo con el inventario teórico y obtener la diferencia	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Inventario Teórico (Y2)	Kg	Continuo	En el programa OPTIMUS de la empresa	¿Qué?: Inventario remanente en el sistema	Para determinar la cantidad del inventario teórico para contrastarlo con el inventario real y obtener la diferencia	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: en tiempo real		
Operadores	Inventario de materia prima	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente entre la clasificación de los inventarios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	INK	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente entre la clasificación de los inventarios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		

Tabla 2.2: Plan de recolección de datos

Operadores	Desperdicio	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente entre la clasificación de los inventarios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Kg de desperdicio en Extrusión	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en proporción de desechos por área	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en las diferentes áreas	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Kg de desperdicio en Impresión	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en proporción de desechos por área	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en las diferentes áreas	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Kg de desperdicio en corte	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en proporción de desechos por área	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en las diferentes áreas	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Kg de desperdicio en sellado	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en proporción de desechos por área	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en las diferentes áreas	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	desperdicio natural JD	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicio	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		

					¿Cuándo?: mensualmente	físico en la composición de desperdicios	
Operadores	desperdicio gris HD	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en la composición de desperdicios	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	desperdicio natural bajo	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en la composición de desperdicios	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	desperdicio gris bajo	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en la composición de desperdicios	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Desperdicio de propileno	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en la composición de desperdicios	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Desecho de torta	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en la composición de desperdicios	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Desperdicio blanco	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material	Base de datos

					¿Dónde?: Área de producción	físico en la composición de desperdicios	
					¿Cuándo?: mensualmente		
Operadores	Alcudia desperdicio verde	Kg	Continuo	Datos históricos de la empresa	¿Qué?: inventario remanente en la composición de desperdicios	Para encontrar el contribuyente más grande en exceso del material físico en la composición de desperdicios	Base de datos
					¿Dónde?: Área de producción		
					¿Cuándo?: mensualmente		

Fuente: Elaboración propia

La tabla que se mostró con anterioridad cuenta con las variables: unidades en que se encuentra la información requerida, el tipo de información, ¿dónde está la información?, ¿por qué es necesario la recolección de esa información?, ¿cómo fue conseguida?, y las condicionantes relacionados con las mismas que son las preguntas de, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? ¿Cómo?

Toda la información recolectada en la tabla sirvió para realizar un plan de análisis de datos, el cual consistió en la estratificación de la información con el fin de enfocar el proyecto en los puntos críticos que influyeron de forma directa al problema establecido con anterioridad.

2.2.2 Plan de análisis de datos

El plan de análisis de datos realizó estratificación como medida de reducción de distractores, dando mayor enfoque a las actividades más críticas que influyeron en el problema a analizar, todo esto utilizando la información recabada según la tabla de recolección de datos mostrada, y aprovechando la base de datos de Plásticos S.A.

A través, de una serie de tiempo se identificó que la existencia de diferencias en el inventario al cierre de cada mes se centraba en lo que se denomina el inventario real, el mismo que tiene una diferencia promedio del 18% con respecto al inventario teórico, el cual es el inventario que dice el *software* que debería estar en físico. Para la serie de tiempo se usó los primeros nueve meses del año, es decir, de enero a septiembre del 2017 lo cual es posible observar en la Figura 2.4: Tipo de Inventario.

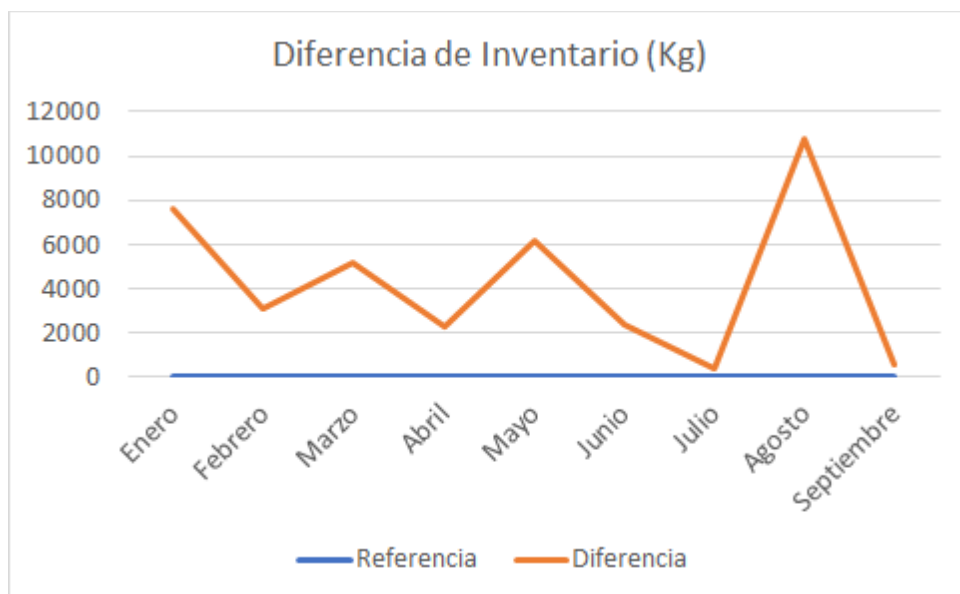
Figura 2.4: Tipo de inventario



Fuente: Elaboración propia

Al realizar la serie de tiempo y ver el inventario teórico versus el inventario real se observó que existió la diferencia mencionada entre las dos series de tiempo, lo cual según la política de la empresa debería tender a cero, para mejor lucidez del problema se agregó la Figura 2.5: Diferencia de inventario, en la cual la línea naranja debería ser cero, pero como se observó en el análisis previo esta no tiende al valor esperado.

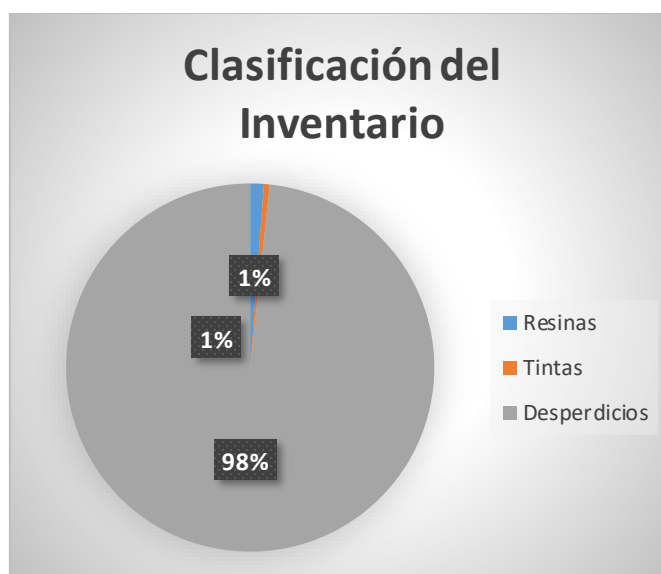
Figura 2.5: Diferencia de inventario



Fuente: Elaboración propia

Con la necesidad de determinar el o los componentes que aportaban en mayor medida al desajuste de los inventarios al cierre de cada mes se realizó una estratificación a lo que la empresa Plásticos S.A. determina como inventario. Lo cual llevó a la observación de que, la diferencia de inventario existente estaba conformado por tres componentes los mismo que son Materia Prima (Resinas), Tintas, y Desperdicio lo cual se muestra en la Figura 2.6: Clasificación de la diferencia inventario, la cual muestra la composición de la diferencia de inventario con el porcentaje que representa la aportación de cada uno de los mismos a la clasificación del inventario

Figura 2.6: Clasificación del inventario



Fuente: Elaboración propia

Con la figura 2.6 se observó que entre los tres componentes que conforman la diferencia de inventario a analizar, el componente que aportaba en mayor medida era el denominado desperdicio, el mismo que aportaba un 98% del total de la diferencia de inventario analizado seguido de Materia Prima (Resinas) y Tinta que aportan 1% cada uno respectivamente, bajo esa premisa se consideró hacer una siguiente estratificación para poder determinar qué área era la que producía mayor cantidad de desperdicio

obteniendo como resultado la Figura 2.7: Proporción de desperdicio por área.

Figura 2.7: Proporción de desperdicio por área

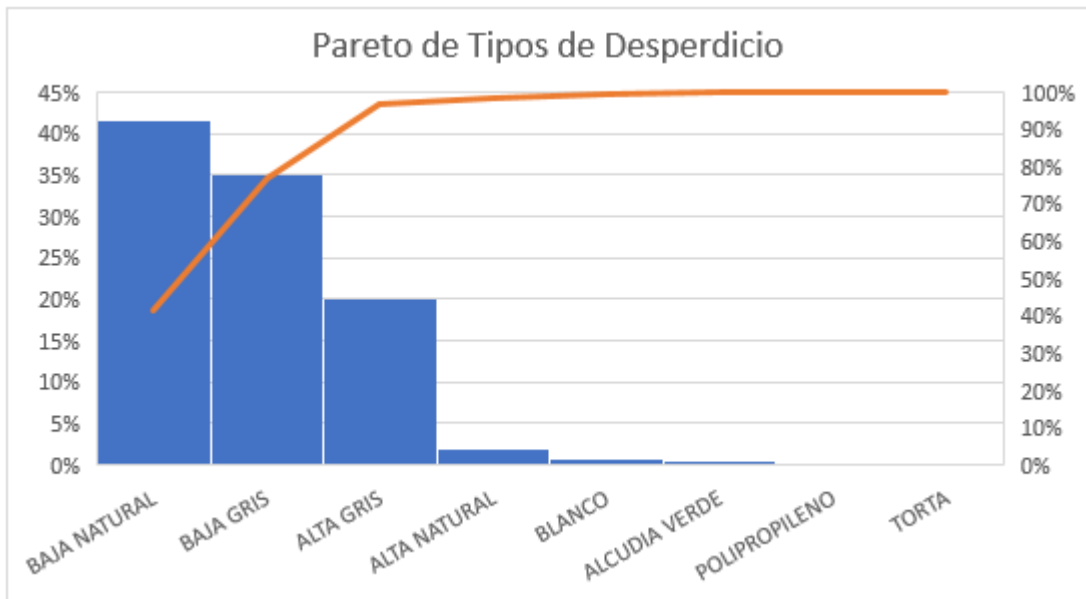


Fuente: Elaboración propia

Con la obtención del gráfico 2.7 se concluyó que el área de producción dentro de la empresa Plásticos S.A., que generaba la mayor cantidad de Desperdicio en orden descendente es extrusión, sellado, corte e impresión con un 52%, 22%, 21% y 5% respectivamente.

Debido a que existen algunas subclasificaciones de desperdicios, fue necesario realizar un análisis adicional, el cual contenía los diferentes tipos de desperdicios que existían, y así centrarse en atacar los tipos de desperdicios que mayor impacto generaban en la diferencia de inventario al cierre de cada mes, para posteriormente buscar una solución que redujera la diferencia y disminuir la cantidad de estos a la mínima cantidad posible, esto se observa con la Figura 2.8: Pareto de tipos de desperdicios.

Figura 2.8: Pareto de tipos de desperdicio



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2.8 se observa la distribución porcentual de los tipos de desperdicio, usando el diagrama de Pareto con lo que se analizó que tipos de desperdicio son los que más aportaban a la diferencia de inventario al final del cierre de cada mes en Plásticos S.A.

Se observa en el gráfico que los desperdicios que aportaban en mayor cantidad al problema eran los desperdicios denominados como baja natural y baja gris los cuales tienen una representación del 41.5% y 35.5% respectivamente y representa un total del 77%, por ese motivo el estudio se centró en el análisis de los dos tipos de desperdicio que se mencionaron que fueron dos fuentes importantes del problema de diferencia de los inventarios al cierre de cada mes en Plásticos S.A.

2.2.3 Validación de datos

La validación de los datos tiene que ver con la forma que se tomaron los datos, así con la veracidad de éstos. Para el caso presente, los datos recolectados fueron tomados de la base de datos de la empresa Plásticos S.A. Por lo que se contaba con solida confianza para el uso de éstos, adicionalmente se tiene claro que el registro de los datos se llevaba a cabo

de forma sistemática haciendo uso de computadoras estacionadas en cada área productiva de la empresa y a su vez haciendo uso del *Software* que se dispone en la empresa (véase Figura 2.9 y Figura 2.10).

Figura 2.9: Estación de registro de industria plástica



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.10: Software usado en industria plástica

Consulta Masiva de Producciones

Centro Producción: <Todos> SELLADORA # 9 LUNG-MENG PERFORADORA TROQUELADORA 1

Máquina: <Todos> C01 Cosedora E0 Virtual E1 Extrusora 1 E100 Impresora 2 E101 Impresora 3

Fecha Ingreso: Desde 01/11/2017 Hasta 10/11/2017

Producto:

No.	Có.Máqui	Centro Pr	Num.Comp.	Fecha Ingres	Producto	Descripción Producto	Cant.
1	E1	201	22100	6/11/2017	RI00.200000.008000.1520	ROLLO BD 2000x80x	50
2	E1	201	22080	3/11/2017	LV00.240000.048500.8400	LAMINA BD 2400x48	68
3	E1	201	22072	1/11/2017	RV02.1270.000000.0051.0	ROLLO BD 1270FL27	3
4	E1	201	22110	8/11/2017	RP00.200000.005000.3000	ROLLO BD 2000x50x	17
5	E1	201	22116	9/11/2017	RP00.127000.000.00.7600	ROLLO BD 1270FL53	6
6	E1	201	22111	8/11/2017	RI00.200000.008000.1520	ROLLO BD 2000x80x	68
7	E1	201	22102	7/11/2017	RI00.200000.008000.1520	ROLLO BD 2000x80x	90
8	E1	201	22095	5/11/2017	RI01.200000.005300.1520	ROLLO BD 2000FL50	79
9	E1	201	22091	5/11/2017	RI01.200000.005300.1520	ROLLO BD 2000FL50	50
10	E1	201	22087	4/11/2017	LV00.155000.218600.4000	REF. 5014848 LAMIN	2
11	E1	201	22074	2/11/2017	RV00.139700.012000.3300	ROLLO BD 1397x120	53
12	E1	201	22083	3/11/2017	MEB.ROLL000.0	ROLLO DE EMBALAJI	1
13	E1	201	22076	2/11/2017	LV00.155000.218600.4000	REF. 5014848 LAMIN	6

Cantidad: 1,713,105.00 Peso: 180,563.03

Fuente: Elaboración propia

2.3 Fase de análisis

La parte de análisis trata con los datos obtenidos en la fase de medición, es necesario recordar que el problema que se trata es la diferencia de los inventarios al cierre de cada mes y que se encontró que los factores que influían en mayor medida a esas diferencias eran los desperdicios denominados baja natural y baja gris con una participación del 77% en los desperdicios producidos en el área de extrusión, por lo tanto, el nuevo problema a tratar fue “Reducción de las inconsistencias de los registros en los desperdicios de polietileno de baja densidad gris y polietileno de baja densidad natural al cierre de cada mes en las bodegas de Plásticos S.A. según análisis históricos”. Recurriendo a su vez a la técnica de generación de causas y soluciones para su resolución efectiva.

2.3.1 Generación de causas

2.3.1.1 Lluvia de ideas

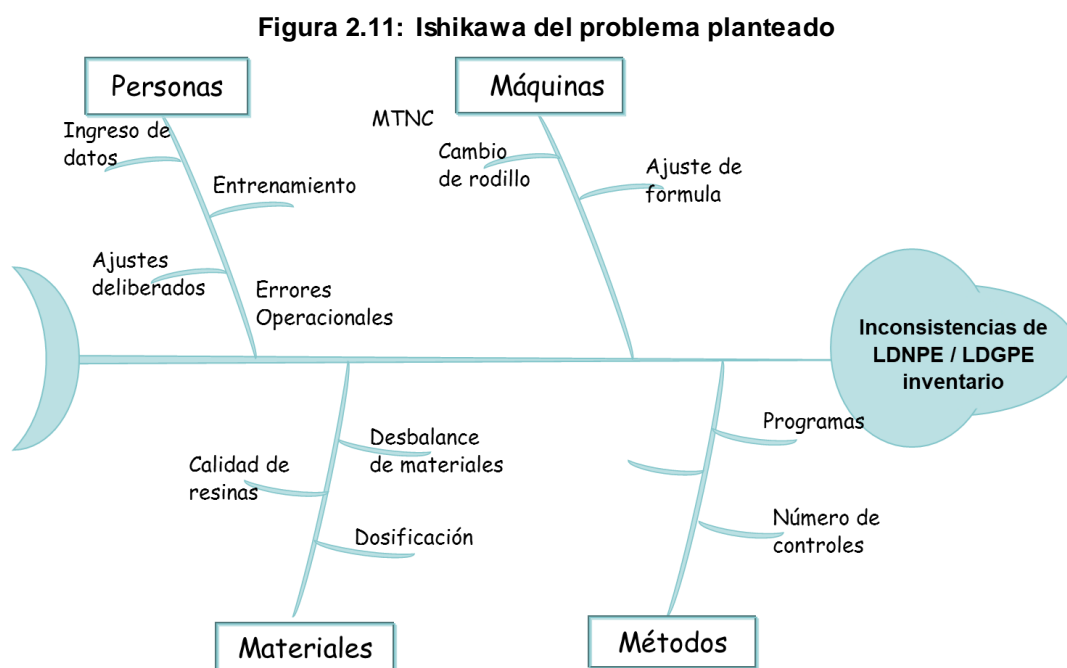
La técnica de lluvias de ideas busca generar pensamientos que abarquen posibles causas de los problemas encontrados en el proyecto que se busca resolver. Para el proyecto se realizó la lluvia de idea mediante la aportación de los distintos supervisores de cada línea productiva, los mismos que dieron sus puntos de vista y acotaciones de donde reside los distintos inconvenientes y su origen según su experiencia empírica, para efectos de estudio a la reunión con los supervisores se la denominó “círculo de calidad”.

El considerar las distintas áreas productivas de la empresa para la lluvia de ideas, fue con el fin de abarcar mayor cantidad de información con respecto a los desperdicios de baja natural y baja gris en las áreas productivas de la empresa y específicamente en la área de extrusión, y del por qué estos se generaban, así mismo se consideró preguntar sobre el desperdicio en otras áreas con el fin de determinar si existía alguna relación entre los desperdicios generados en extrusión con los desperdicios generados en las otras áreas productivas de la empresa.

2.3.1.2 Ishikawa

Con la lluvia de ideas se formó un gráfico de causa – efecto también llamado Ishikawa el cual reunió las ideas recolectadas en la lluvia de idea y se las ordenó de forma gráfica usando categorías según el área de análisis considerado.

Para este análisis las categorías que se consideraron fueron: personas, máquinas, materiales y métodos. En las que se colocó las distintas causas del problema de diferencia de inventario de baja natural y baja gris las cuales tienen relación entre si según la categoría a la que se asigna (véase Figura 2.11).



Fuente: Elaboración propia

2.3.1.3 Matriz de priorización

La matriz de priorización establece cuatro secciones donde se colocan de forma más ordenadas las posibles causas del problema, las cuales salen de un análisis de causa – efecto en donde se evaluó

las causas más probables del problema, la forma de clasificación de la matriz de priorización fue según el nivel de impacto ya sea alto o bajo y así mismo según el nivel de esfuerzo que requiera ya sea alto o bajo por lo que el resultado fue (véase Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Causas de matriz de priorización

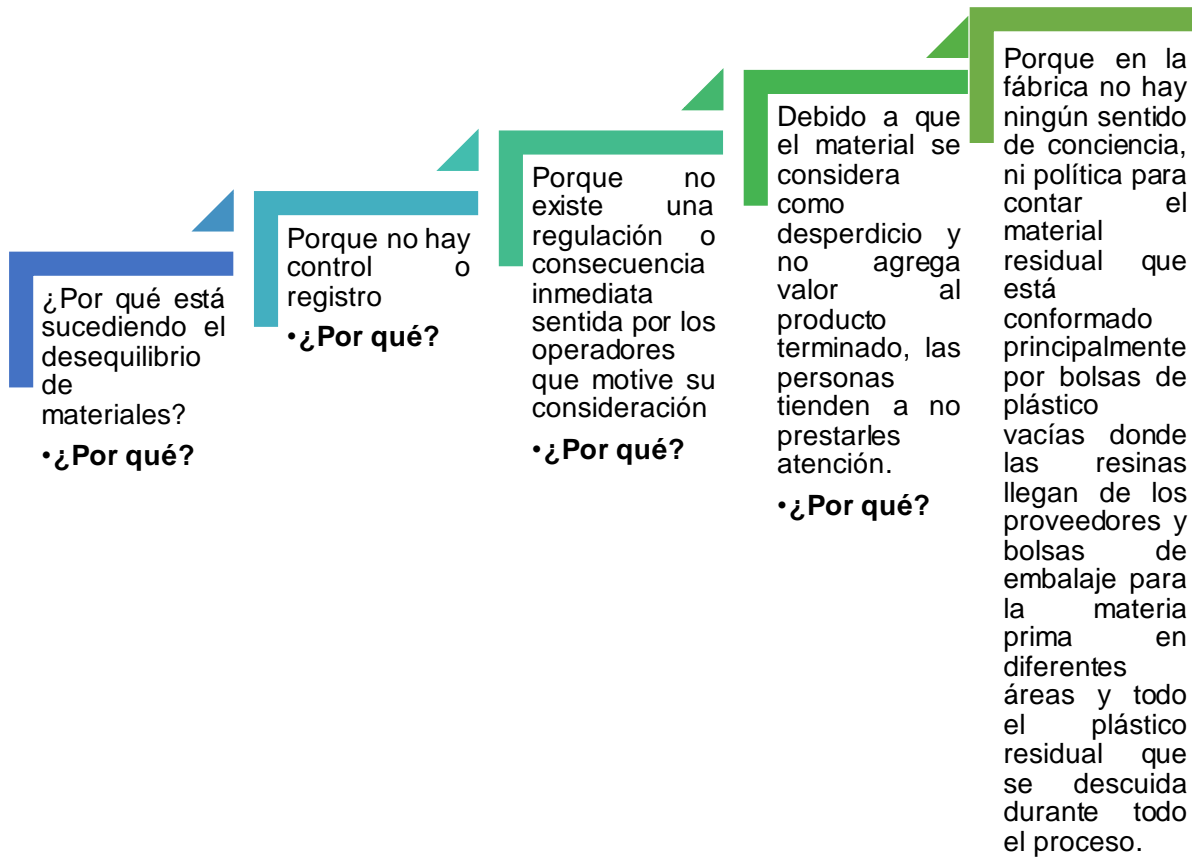
Causas Matriz de Priorización	
Alto Impacto/Bajo Esfuerzo	Alto Impacto/Alto Esfuerzo
Desequilibrio de materiales Entrada de datos /Software Ajustes deliberados Cantidad de controles	Cambio de rodillo Ajuste de fórmula Error de inicio Cambio de medición
Bajo Impacto/Bajo Esfuerzo	Bajo Impacto/Alto Esfuerzo
Formación Medición Errores operacionales Dosificación	Calidad de resinas Complejidad del proceso Calidad de las resinas

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.4 5 por qué?

La técnica de los 5 por qué tuvo como objetivo el encontrar el porqué de la ocurrencia de los distintos problemas presentados los cuales salen de la matriz de priorización que se elaboró con anterioridad. La forma de desarrollar los 5 por qué es la de preguntar cinco veces por qué (véase Tabla 2.4).

Tabla 2.4: 5 Por Qué



Fuente: Elaboración propia

2.3.1.5 Verificación de causas

2.3.1.5.1 Plan de verificación

En el plan de verificación se colocan las causas con las priorizaciones más convenientes en este caso las causas de alto impacto y bajo esfuerzo para tratar, haciendo uso lo que se denomina la teoría del impacto que es el cómo influye las causas analizadas al problema que se trató de solucionar y el método por el cual se verificó la causa en cuestión (véase Tabla 2.5).

Tabla 2.5: Plan de verificación

PLAN DE VERIFICACIÓN		
Causas	Teoría de impacto	Método de verificación
Peso de las bolsas de resinas	Estas bolsas se envían a la máquina de politización y se convierten en LDPE y agregan valor no considerado al total de la materia prima	Genba
Peso de las bolsas de embalaje	Estas bolsas se envían a la máquina peletizadora y se convierten en LGDPE/LDNPE y agregan valor no considerado al total de la materia prima	Genba/Data
Peso de residuos	La suma de este material toma en consideración todas las partes donde los aparatos no ingresan el valor correcto de los desechos generados	Genba

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.6 Verificación de causas

La verificación de causas tuvo que ver con las causas que se presumían podían ser las que generan la diferencia de inventario al cierre de mes y que se nombraron en la tabla de plan de verificación.

La verificación de causas contempló las causas que fueron validadas mediante observación directa durante los procesos productivos de Plásticos S.A.

2.3.1.7 Lista de causas raíces

Con todo el análisis previo se estableció que las causas raíces de la diferencia de inventario al cierre de cada mes fue debido a:

- Peso de bolsas de resinas.
- Peso de las bolsas de embalaje.
- Peso de residuos no registrados o registrados de forma incorrecta

2.3.2 Generación de soluciones

2.3.2.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas para soluciones surgió de la comunicación entre el círculo de calidad y los analistas con el fin de sugerir las mejores soluciones posibles para las causas raíces que se encontraron con anterioridad (véase Tabla 2.6).

Tabla 2.6: Soluciones para causas raíces

Causas raíces	Soluciones
Peso de las bolsas de resina vacías reprocesadas (peletizadas)	A. Adquisición de resina a granel
	B. Registro de software de peso adicional de bolsas vacías
Peso de las bolsas de embalaje reprocesado (peletizado)	C. Ruta de transporte para el material de extrusión saliente
	D. Registro de software de peso adicional de bolsas de embalaje
Peso de residuos rechazados reprocesados (granulados)	E. Nueva compra de la máquina de extrusión (E8)
	F. Guía de gestión de desechos para la técnica operador / técnica de bucle

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2 Ponderación de soluciones

La ponderación de las soluciones fue basada en una calificación que se dio a las diferentes soluciones frente a distintas causas del problema presentado, entre las que están las causas raíces y causas varias. La calificación es dada en una escala de cero a diez siendo cero la de menor impacto y diez, el mayor impacto posible. La calificación fue dada mediante conversatorio entre las personas que conforman el círculo de calidad que se conformó al inicio de la técnica de generación de causas y soluciones (véase Tabla 2.7).

Tabla 2.7: Ponderación de soluciones

Causas	SOLUCIONES					
	A	B	C	D	E	F
Desbalance de materiales	8	10	8	10	10	10
Ingreso de datos/ Programa	0	10	5	10	5	10
Ajustes deliberados	6	8	0	8	5	10
Número de controles	2	6	6	6	7	8
Ajuste de formula (M)	0	0	0	0	0	4
Cambio de medición(M)	5	1	5	1	0	4
Entrenamiento	0	6	6	6	5	10
Errores operacionales	8	8	10	8	10	10
Total	29	49	40	49	42	66

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3 Plan de implementación

El plan de implementación tuvo que ver con el cómo se hizo la puesta en marcha de las soluciones seleccionadas para las distintas causas raíces, por lo tanto, se consideró las siguientes características: ¿por qué?, ¿cuándo?, donde?, ¿cómo?, responsables, costos asociados a la implementación. Adicionalmente se toma en cuenta que cada plan es individual. Por lo tanto, se consideró la creación una tabla con el plan de implementación individual (véase Tabla 2.8; Tabla 2.9; Tabla 2.10).

Tabla 2.8: Plan de implementación #1

SOLUCIÓN	DEBE SER IMPLEMENTADO	
Registro en el programa del peso adicional de las bolsas de embalaje	¿Por qué?	No hay registro de ese material reinsertado
	¿Cómo?	Usando el programa OPTIMUS
	¿Dónde?	Genba
	¿Cuándo?	Enero/Febrero 2018
	Responsable	Angel Guevara / Gino Portes
	Costo	\$385

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.9: Plan de implementación #2

SOLUCIÓN	DEBE SER IMPLEMENTADO	
Registro en el programa del peso adicional de las bolsas vacías	¿Por qué?	No hay registro de ese material reinsertado
	¿Cómo?	Usando el programa OPTIMUS
	¿Dónde?	Genba
	¿Cuándo?	Enero/Febrero 2018
	Responsable	Angel Guevara / Gino Portes
	Costo	\$385

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 2.10: Plan de implementación #3

SOLUCIÓN	DEBE SER IMPLEMENTADO	
Guía de gestión de residuos para técnica operador	¿Por qué?	Descuido de los operadores con el material de desecho
	¿Cómo?	Realizando bucle visible y entrenamiento efectivo
	¿Dónde?	Genba
	¿Cuándo?	Enero/Febrero 2018
	Responsable	Angel Guevara / Gino Portes
	Costo	\$435

Fuente: Elaboración propia

2.4 Fase de implementación

Para la fase de implementación se usó como base la lista de causas raíces y el plan de implementación que se consideró previamente a las que se les realizó un análisis para saber las posibles soluciones que se necesitó para poder cumplir con el objetivo del proyecto, con lo cual se utilizó consecuentemente todo el plan de implementación (véase Tabla 2.11).

Tabla 2.11: Plan de implementación general

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN							
Causas	Soluciones	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	Responsable	Costo
Peso de las bolsas de embalaje reprocesado (peletizado)	Registro en el programa del peso adicional de bolsas de embalaje	No hay registro de ese material reinsertado	Usando el programa OPTIMUS	Genba	Enero/ Febrero 2018	Angel Guevara / Gino Portes	\$385
Peso de las bolsas de resina vacías reprocesadas (peletizadas)	Registro en el programa del peso adicional de bolsas vacías	No hay registro de ese material reinsertado	Usando el programa OPTIMUS	Genba	Enero/ Febrero 2018	Angel Guevara / Gino Portes	\$385
Peso de residuos rechazados reprocesados (granulados)	Guía de gestión de residuos para técnica operador	Peso de residuos no registrados	Realizando bucle visible y entrenamiento efectivo	Genba	Enero/ Febrero 2018	Angel Guevara / Gino Portes	\$435

Fuente: Elaboración propia

Cada implementación conlleva un costo asociado el cual es el monto que se generó debido a la mano de obra del personal que realizó el análisis.

2.5 Fase de control

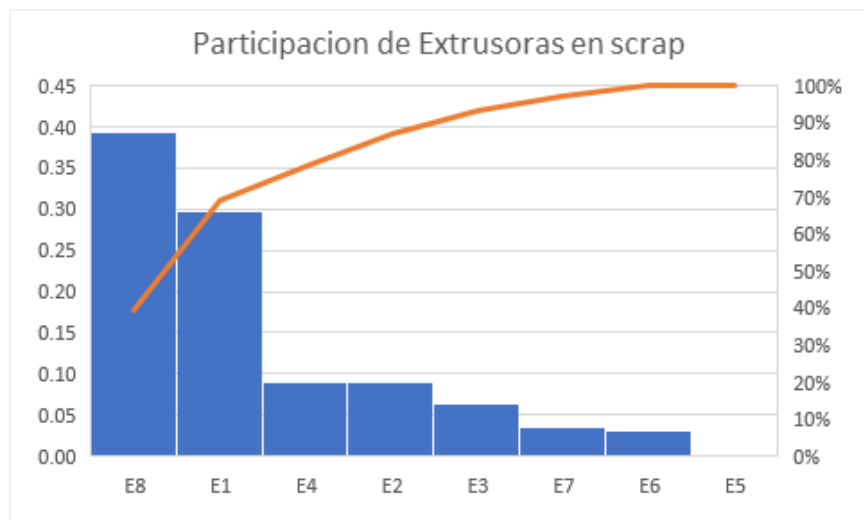
Luego de finalizar la fase de implementación y de acuerdo con la metodología DMAIC, se elaboró un plan de control de las soluciones propuestas en el inciso anterior.

De ese modo, el sistema de control se usó para las propuestas de mejora que incluyeron el conteo, registro y consideración de masa reprocesada a través de la peletizadora tanto de fundas plásticas vacías como de fundas de embalaje. El sistema de control propuesto se basó en la toma física de muestras aleatorias para checar contra el sistema si para la orden determinada se realizó el registro y consideración de masa reprocesada a través de la peletizadora.

En ese contexto, se empleó el análisis de estratificación usado en la etapa de medición el cual encontró la zona de extrusión como la de mayor

acumulación de densidad en desperdicios. Por ese motivo, las muestras aleatorias tomadas en el mes se contrastaron con un porcentaje de desperdicio esperado para dicha orden.

Figura 2.12: Pareto de utilización de extrusoras



Fuente: Elaboración propia

Con el Pareto de la figura 2.12, se observa que la extrusora de mayor utilización es la denominada E8 o también denominada coextrusora. Por lo tanto, se desarrolló un programa que usa como elementos de entrada detalles de la orden de producción para predecir el porcentaje de desperdicio asociado y de esa forma controlar ese mismo. El lenguaje de programación utilizado por defecto fue Python, haciendo uso de sus módulos *Scikit*, *Numpy*, *Pandas* y *Sklearn*, que contempló herramientas estadísticas necesarias para este pronóstico. Dentro de los módulos existen herramientas basadas en el "*machine learning*" la cual permitió entrenar una función de variables independientes para predecir valores acerca de una variable dependiente que en un análisis superficial no tiene relación intrínseca con los datos.

Para ese caso en particular, se utilizó los siguientes datos de entrada: el nombre del operador de la orden de producción, el motivo de generación

de desperdicio, la cantidad producida, la cantidad e identificación de las materias primas usadas, así como la misma información correspondiente a dos órdenes anteriores, debido a la relación que guardan las ordenes n con la orden $n+1$ y $n+2$.

En ese contexto, se utiliza una regresión logística, la misma que permitió estimar la probabilidad de una variable dependiente de recaer en una categoría o rango en función a un arreglo de datos de entrada aportados por las variables independientes mencionadas previamente. Es importante mencionar que para realizar el sistema de control fue necesario contar con una base de datos lo suficientemente grande para entrenar la función de regresión y así obtener resultados pertinentes.

De forma consecuente, el programa retorna una hoja de Excel en la cual se estipula cuáles son los rangos de porcentaje de desperdicio y sobreproducción asociados con la orden y la información usada en el ingreso.

Así, una orden cualquiera no debe retornar a la peletizadora una cantidad mayor de desperdicio a la estipulada en el rango definido por la regresión.

En la Tabla 2.12 se observa el documento de salida del programa automáticamente generado luego de ejecutar el programa (véase Figura 2.13).

Tabla 2.12: Ejemplo de cálculo con *Software*

	Límite Inferior	Límite Superior
% Sobreproducción	(0,74)	4,21
% Desperdicio	0,16	2,01

Fuente: Elaboración propia

En el apéndice E se observa el desarrollo del software.

Figura 2.13: Código del programa de regresión logística

```
Editor - C:\Users\Gino\Desktop\Ejecutable\regresion.py
regresion.py ClasesAuxiliares.py regresion1.py regresion2.py
4 """
5
6 import pandas as pd
7 from ClasesAuxiliares import HistoriaDeProduccion
8 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
9
10
11 # Importamos los datos al dataframe info_df
12 manija = open('Datos-Produccion.xlsx', 'rb')
13 info_df = pd.read_excel(manija, sheet_name = 'Pre-procesado')
14 manija.close()
15
16
17 # Declaramos un nuevo objeto de la clase HistoriaDeProduccion
18 historia = HistoriaDeProduccion(info_df)
19 contenidos = historia.contenidos()
20 # Ordenamos al objeto ensamblar el arreglo de muestras
21 ( X, Y1, Y2) = historia.ensambla_arreglo_muestras()
22
23 # Declaramos un nuevo objeto de la clase regresion logística
24 LogReg1 = LogisticRegression( multi_class = 'multinomial',
25                               solver = 'newton-cg',
26                               max_iter = 1000)
27 LogReg1.fit( X, Y1)
28 Y1_pred = LogReg1.predict(X)
29
30 LogReg2 = LogisticRegression( multi_class = 'multinomial',
31                               solver = 'newton-cg',
32                               max_iter = 1000)
33 LogReg2.fit( X, Y2)
34 Y2_pred = LogReg2.predict(X)
35
36 # Mostramos histograma de porcentajes de sobreproduccion
37 # historia.df['PORCENT_SOBREPRODUCCION'].hist( bins = 20)
38
```

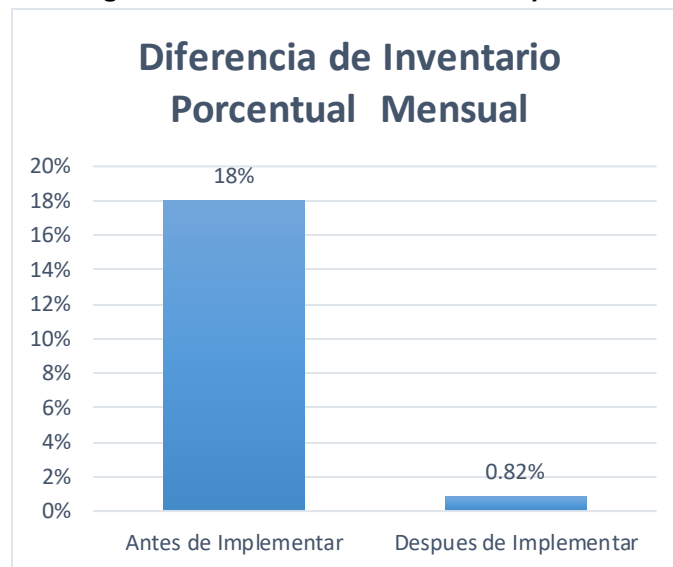
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Como resultado de la metodología que se implementó en la resolución del proyecto se obtuvo que la reducción porcentual de la diferencia de los inventarios al cierre de cada mes (Y) se redujo del 18% al 0.82% en promedio, lo cual supero con creces el objetivo del proyecto el cual fue la reducción a un 9% (véase Figura 3.1).

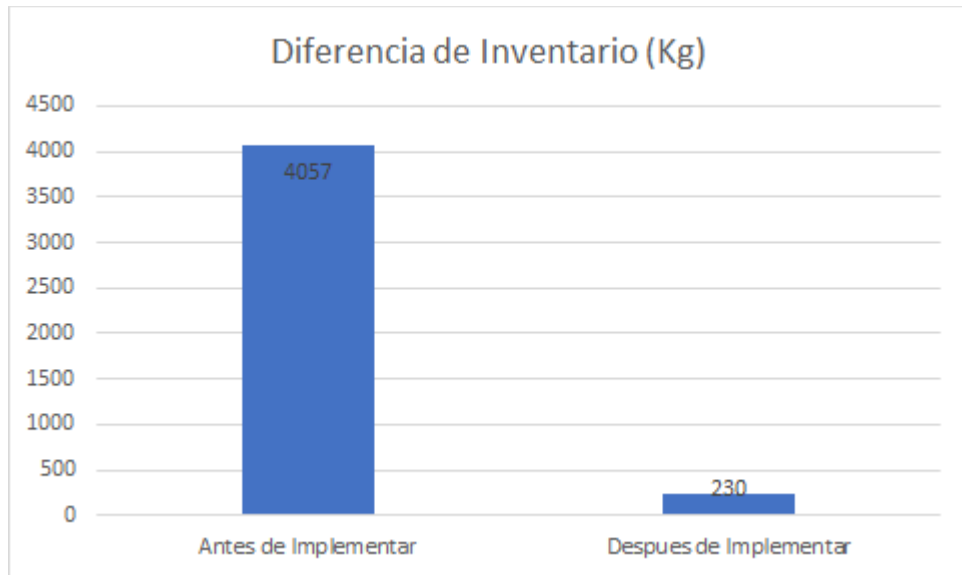
Figura 3.1: Diferencia de inventario porcentual



Fuente: Elaboración propia

Así mismo se concluyó mediante gráfico adjunto (véase Figura 3.2) que la diferencia promedio (Y1-Y2) de inventarios se redujo de 4,057 kilogramos a 230 kilogramos, después de la implementación de las soluciones.

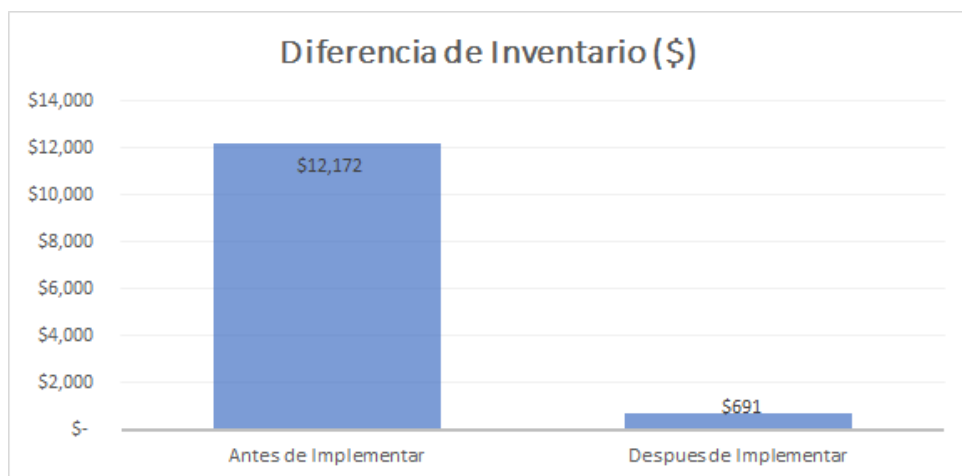
Figura 3.2: Diferencia de inventario en kilogramos



Fuente: Elaboración propia

De igual modo al revisar la diferencia de inventarios al cierre de cada mes, en unidades monetarias donde se consideró que el material contabilizado tenía un valor de \$3 el kilo, se obtuvo que la cantidad que se tenía en un principio que era de \$12,172 se vio reducida a \$691 (véase Figura 3.3).

Figura 3.3: Diferencia de inventario en dinero



Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de las soluciones conllevaba un costo asociado a sus respectivos planes de implementaciones, como se mencionó con anterioridad, esto se debe a que los planes de implementación se desarrollaron en forma de proyecto usando el diagrama de Gantt, es decir fue desarrollado paso a paso por las personas encargadas del proyecto las cuales eran personal externo a la empresa. Por lo cual cada plan contenía las actividades a realizar, recursos necesarios para el desarrollo de este, la solución a implementar, el objetivo de la implementación, fecha de implementación, fecha de desarrollo de cada actividad antes mencionada, el costo total de la implementación de la solución, área de implementación, y el estatus de desarrollo de la solución, por lo que se obtuvieron tres tablas con el plan de implementación individual (véase Tabla 3.1; Tabla 3.2; Tabla 3.3).

Tabla 3.1: Plan de implementación Solución 1

Plan de implementación Solución 1																				
SOLUCIÓN	Registro en el programa del peso adicional de las bolsas de embalaje																			
OBJETIVO	Para reducir la diferencia de inventario al final de cada mes debido a la causa raíz asociada																			
Responsables	Angel Guevara; Gino Portes					Contribución					Área de Sistemas									
ACTIVIDADES	Recursos	Enero – Febrero 2018																		
		15	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9
Reunión con el departamento de sistemas	Laptop																			
Explicaciones de procedimientos y requisitos																				
Desarrollo de modificación del sistema	Humano																			
Prueba piloto y análisis	Laptop																			
Puesta en marcha	Humano																			
Área de implementación	Departamento de Sistemas					Costo Total					\$ 385					Estado		En desarrollo		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2: Plan de implementación Solución 2

Plan de implementación Solución 2																				
SOLUCIÓN	Registro en el programa del peso adicional de las bolsas vacías																			
OBJETIVO	Para reducir la diferencia de inventario al final de cada mes debido a la causa raíz asociada																			
Responsables	Angel Guevara; Gino Portes						Contribución						Área de Sistemas							
ACTIVIDADES	Recursos	Enero – Febrero 2018																		
		15	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9
Reunión con el departamento de sistemas	Laptop																			
Explicaciones de procedimientos y requisitos																				
Desarrollo de modificación del sistema	Humano																			
Prueba piloto y análisis	Laptop																			
Puesta en marcha	Humano																			
Área de implementación	Departamento de Sistemas						Costo Total						\$ 385		Estado		En desarrollo			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3: Plan de implementación Solución 3

Plan de implementación Solución 3																				
SOLUCIÓN	Guía de gestión de residuos para técnica operador / técnica de bucle																			
OBJETIVO	Reducir las discrepancias de inventario al final de cada mes mediante el entrenamiento de bucles y las técnicas visuales																			
Responsables	Angel Guevara; Gino Portes					Contribución					Área de Sistemas									
ACTIVIDADES	Recursos	Enero – Febrero 2018																		
		15	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9
Reunión con los supervisores de producción	Laptop	■																		
Explicaciones de procedimientos y requisitos		■	■	■																
Desarrollo de la guía de gestión de residuos	Humano/ Laptop				■	■	■	■	■											
Prueba piloto y análisis	Humano									■	■	■	■	■						
Puesta en marcha	Humano															■	■	■	■	
Área de implementación	Departamento de Sistemas					Costo Total					\$ 483					Estado		En desarrollo		

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- Se logró reducir la diferencia de inventarios al cierre de cada mes de un 18% inicial a un 0.82% superando con creces el objetivo propuesto de un 9%.
- Se identificó las distintas causas que generaron la diferencia del inventario y fueron atacadas individualmente.
- Se cuantificó y redujo la composición desagregada de la diferencia de inventario mediante análisis focalizado por estratificación.
- Mediante programa desarrollado en el lenguaje de programación Python se logró determinar la cantidad de desechos esperados y generados por pedido para que pueda ser contrastado con lo que realmente se realizó, en caso de exceder lo estimado se deberá hacer un análisis de causas y soluciones.

4.2 Recomendaciones

- Realizar ensayos para poder seguir aportando datos históricos al programa de soporte.
- Implementar herramientas de control para que el sistema sea sostenible.
- Llevar a cabo controles aleatorios de las diferencias de inventarios con el fin de que éstos no registren picos como en escenarios previos a la implementación.
- Automatizar los registros con el fin de facilitar los trabajos a los operadores.
- Tener un seguimiento de cada valor inusual que se presente en las diferencias de los inventarios, siendo considerado un valor inusual una cantidad de 1000 kilogramos de diferencia por mes.

BIBLIOGRAFÍA

- 50minutos.es. (2016). El diagrama de Ishikawa: Solucionar los problemas desde su raíz. *50minutos.es*.
- Carroll, C. T. (2013). *Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson*. Florida: CRC Press.
- Chip Caldwell, Greg Butler & Nancy Poston. (2009). *Lean Six Sigma for Healthcare: A Senior Leader Guide to Improving Cost and Throughput*. Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Dirección Corporativa de Gestión de Calidad. (1991). *Diagrama de Pareto*. España: Gestión de Calidad Corporativa de RENFE.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Pérez, Á. A. J., Kizys, R., & Manzanedo, L. (2015). *Regresión Logística Binaria*. Barcelona: Proyecto e-Math.
- Peter S. Pande, Roberto P. Neuman & Roland R. Cavanagh. (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. Colombia : McGraw Hill/Interamericana de España.
- Yang, K. (2007). *Voice of the Customer Capture and Analysis*. New York: McGraw Hill.

APÉNDICE

APÉNDICE A

Extracto de Producción de Plásticos S.A. 2017

Listado con extracto de las ordenes de producción de la empresa Plásticos S.A. del año 2017, en la cual se observan todas las consideraciones que se tomaron en cuenta y se apuntaron en cada reporte de producción.

ORDEN PRODUCCION	OPERADOR	KG ESTIMADO	TIPO MATERIA PRIMA	MOTIVO DESPERDICIO	KG REPORTADO MP	KG PRODUCTO	KG DESPERDICIO	PORCENT SOBREPDUCCION	PORCENT DESPERDICIO
65118	M. BAQUE	5000	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	1.500,00	-	-	-	-
65118	M. BAQUE	5000	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	1.000,00	-	-	-	-
65118	M. BAQUE	5000	RUG.BRAS.002126	Cambio de Medida	1.000,00	-	-	-	-
65118	M. BAQUE	5000	RUI.BRAS.TX7003	Cambio de Medida	1.000,00	-	-	-	-
65118	M. BAQUE	5000	RUG.BRA.LD4003	Calibración	250,00	-	-	-	-
65118	M. BAQUE	5000	RUL.INN.LL7420 D	Arranque de máquina parada	250,00	-	-	-	-
65119	C. SUMBA	1101,76	RUL.META.FLEXUS9211	Cambio de Medida	364,10	1.080,95	45,00	-1,89	4,08
65119	C. SUMBA	1101,76	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	168,05	1.080,95	45,00	-1,89	4,08
65119	C. SUMBA	1101,76	RUI.LDPELD7000A	Cambio de Medida	168,05	1.080,95	45,00	-1,89	4,08
65119	C. SUMBA	1101,76	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	420,15	1.080,95	45,00	-1,89	4,08
65119	C. SUMBA	1101,76	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	5,60	1.080,95	45,00	-1,89	4,08
65120	J. DEMERA	1097,272	RUL.META.FLEXUS9211	Cambio de Medida	232,00	1.091,45	48,00	-0,53	4,37
65120	J. DEMERA	1097,272	RUI.LDPELD7000A	Cambio de Medida	10,55	1.091,45	48,00	-0,53	4,37
65120	J. DEMERA	1097,272	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	520,00	1.091,45	48,00	-0,53	4,37
65120	J. DEMERA	1097,272	RUI.BRAS.0025	Cambio de Medida	166,90	1.091,45	48,00	-0,53	4,37
65120	J. DEMERA	1097,272	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	210,00	1.091,45	48,00	-0,53	4,37
65121	J. DEMERA	582,12	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	128,00	620,90	12,60	6,66	2,16
65121	J. DEMERA	582,12	RUL.SAB.118WSJ	Cambio de Medida	128,50	620,90	12,60	6,66	2,16
65121	J. DEMERA	582,12	ADI.ANT.MB502.1	Cambio de Medida	7,00	620,90	12,60	6,66	2,16
65121	J. DEMERA	582,12	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	370,00	620,90	12,60	6,66	2,16
65136	J. SAN	552,8204	RUG.LDPE.EF1925	Cambio de Medida	137,55	614,55	25,30	11,17	4,58
65136	J. SAN	552,8204	RUI.LDPELD7000A	Cambio de Medida	64,00	614,55	25,30	11,17	4,58
65136	J. SAN	552,8204	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	6,40	614,55	25,30	11,17	4,58
65136	J. SAN	552,8204	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	137,55	614,55	25,30	11,17	4,58
65136	J. SAN	552,8204	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	294,35	614,55	25,30	11,17	4,58

ORDEN PRODUCCION	OPERADOR	KG ESTIMADO	TIPO MATERIA PRIMA	MOTIVO DESPERDICIO	KG REPORTADO MP	KG PRODUCTO	KG DESPERDICIO	PORCENT SOBREPRODUCCION	PORCENT DESPERDICIO
65138	J. SAN	568,3755	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	299,10	611,05	39,15	7,51	6,89
65138	J. SAN	568,3755	RUG.LDPE.EF1925	Cambio de Medida	139,80	611,05	39,15	7,51	6,89
65138	J. SAN	568,3755	RUI.LDPELD7000A	Cambio de Medida	65,00	611,05	39,15	7,51	6,89
65138	J. SAN	568,3755	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	6,50	611,05	39,15	7,51	6,89
65138	J. SAN	568,3755	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	139,80	611,05	39,15	7,51	6,89
65161	J. DEMERA	561,92939	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	251,90	602,85	43,00	7,28	7,65
65161	J. DEMERA	561,92939	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	6,45	602,85	43,00	7,28	7,65
65161	J. DEMERA	561,92939	RUL.SAB.118WSJ	Cambio de Medida	193,75	602,85	43,00	7,28	7,65
65161	J. DEMERA	561,92939	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	193,75	602,85	43,00	7,28	7,65
65163	C. SUMBA	1121,39038	RUG.LDPE.EF1925	Cambio de Medida	373,21	1.126,35	42,00	0,44	3,75
65163	C. SUMBA	1121,39038	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	373,85	1.126,35	42,00	0,44	3,75
65163	C. SUMBA	1121,39038	RUL.SAB.118WSJ	Cambio de Medida	292,10	1.126,35	42,00	0,44	3,75
65163	C. SUMBA	1121,39038	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	11,70	1.126,35	42,00	0,44	3,75
65163	C. SUMBA	1121,39038	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	117,49	1.126,35	42,00	0,44	3,75
65165	J. DEMERA	560,69519	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	208,20	611,15	25,00	9,00	4,46
65165	J. DEMERA	560,69519	RUL.SAB.118WSJ	Cambio de Medida	225,55	611,15	25,00	9,00	4,46
65165	J. DEMERA	560,69519	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	196,60	611,15	25,00	9,00	4,46
65165	J. DEMERA	560,69519	ADI.AUX.AX5540.1	Cambio de Medida	5,80	611,15	25,00	9,00	4,46
65193	J. DEMERA	326,457	ADI.BLO.00000.1	Cambio de Medida	3,00	285,15	29,00	-12,65	8,88
65193	J. DEMERA	326,457	RUL.DOWLEX.2645.11G	Cambio de Medida	122,00	285,15	29,00	-12,65	8,88
65193	J. DEMERA	326,457	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	188,00	285,15	29,00	-12,65	8,88
65193	J. DEMERA	326,457	ADI.DES.SLIP525	Cambio de Medida	1,15	285,15	29,00	-12,65	8,88
65207	J. DEMERA	297,693	ADI.DES.MBSLIP.1	Cambio de Medida	1,80	310,80	45,00	4,40	15,12
65207	J. DEMERA	297,693	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	206,35	310,80	45,00	4,40	15,12
65207	J. DEMERA	297,693	ADI.BLO.00000.1	Cambio de Medida	5,35	310,80	45,00	4,40	15,12

ORDEN PRODUCCION	OPERADOR	KG ESTIMADO	TIPO MATERIA PRIMA	MOTIVO DESPERDICIO	KG REPORTADO MP	KG PRODUCTO	KG DESPERDICIO	PORCENT SOBREPDUCCION	PORCENT DESPERDICIO
65207	J. DEMERA	297,69	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	53,35	310,80	45,00	4,40	15,12
65207	J. DEMERA	297,69	RUL.SAB.118WSJ	Cambio de Medida	88,95	310,80	45,00	4,40	15,12
65225	C. SUMBA	325,44	ADI.D2W93389.0	Cambio de Medida	1,90	342,60	40,00	5,27	12,29
65225	C. SUMBA	325,44	RUL.MPACT.D143FK	Cambio de Medida	95,65	342,60	40,00	5,27	12,29
65225	C. SUMBA	325,44	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	68,85	342,60	40,00	5,27	12,29
65225	C. SUMBA	325,44	ADI.BLO.00000.1	Cambio de Medida	3,85	342,60	40,00	5,27	12,29
65225	C. SUMBA	325,44	RUG.BRAS.002126	Cambio de Medida	212,35	342,60	40,00	5,27	12,29
65226	J. DEMERA	348,91	ADI.BLO.00000.1	Cambio de Medida	3,90	380,10	20,80	8,94	5,96
65226	J. DEMERA	348,91	RUL1.DOW2685	Cambio de Medida	96,00	380,10	20,80	8,94	5,96
65226	J. DEMERA	348,91	ADI.DES.MBSLIP.1	Cambio de Medida	1,00	380,10	20,80	8,94	5,96
65226	J. DEMERA	348,91	RUG.EME.LF2021E	Cambio de Medida	200,00	380,10	20,80	8,94	5,96
65226	J. DEMERA	348,91	RUL.SAB.118WSJ	Cambio de Medida	100,00	380,10	20,80	8,94	5,96
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.NOR.P-BLA.1	Cambio de Medida	40,00	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	RUG.CER.0222C.1	Calibración	310,00	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	RUI.LDPELD7000A	Cambio de Medida	45,62	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.ESP.P-NEG.1	Calibración	14,50	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.ESP.P-NEG.1	Cambio de Medida	14,51	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.ESP.P-NEG.1	Cambio de Medida	14,50	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.NOR.P-BLA.1	Cambio de Medida	40,00	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	RUG.CER.0222C.1	Cambio de Medida	310,00	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.NOR.P-BLA.1	Calibración	40,00	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.NOR.P-BLA.1	Calibración	40,00	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	RPP.COPOLIMERO.AFFINITY	Calibración	21,50	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	RUI.LDPELD7000A	Calibración	45,62	1.319,05	53,00	139,91	9,64
65252	J. DEMERA	549,80	PIG.ESP.P-NEG.1	Calibración	14,51	1.319,05	53,00	139,91	9,64

APÉNDICE C

Datos de registro que antes que no se contabilizaban en el sistema

Según la implementación de las soluciones se debía realizar un registro de la cantidad de fundas vacías de resinas, así como del embalaje y registro con lo cual se constata mediante reportes diarios y acumulados el registro de estos, lo cual representa un control de las implementaciones con lo cual se espera mantener bajo control los niveles de diferencia de inventario al fin de cada mes.

90	Registro	P.Fda.	P.Balanza
40	Operador	126.60	126.60
0			
90			
10	Desp. Fdas Vacías	P.Fda.	P.Balanza
10	Operador	55.10	55.10
0			
10			
15	Desperdicio Torta	P.Fda.	P.Balanza
30	Operador		
15			
80	Desperdicio	Kilos Fda	Kilos Balanza
30	Baja Gris	1439.65	1446.60
50	Alta Gris	611.50	613.95
nza	Baja Natural	962.70	970.70
	Alta Natural	39.65	39.85
	Polipropilenos	63.90	64.25
	Torta		
	Total Validado		
	Embalaje	91.45	91.95
	Fundas Vacías	55.10	55.10
	Registro	126.60	126.60
	Total General		
	Aprobado Gerencia Administrativo		
	19/20/21/01/2018		

10	Operador	69.80	69.80
40			
0			
90			
40	Registro	P.Fda.	P.Balanza
10	Operador	147	147
80			
70			
90	Desp. Fdas Vacías	P.Fda.	P.Balanza
80	Operador	60	60
20			
20			
80	Desperdicio Torta	P.Fda.	P.Balanza
10	Operador		
25			
80	Desperdicio	Kilos Fda	Kilos Balanza
55	Baja Gris	957.85	960.35
	Alta Gris	623.50	629.80
anza	Baja Natural	762.80	767.95
	Alta Natural		
	Polipropilenos		
	Torta		
	Total Validado		
	Embalaje	69.80	69.80
	Fundas Vacías	60	60
	Registro	147	147
	Total General		
	Aprobado Gerencia Administrativo		
	20/22/28/01/2018		

APÉNDICE E

Desarrollo de programa de control

El desarrollo del programa en el *Software* Python se debió a la necesidad de ayudar a controlar la diferencia de inventario, así mismo a un control riguroso de los desperdicios de cada orden de producción, por lo que al finalizar la producción de algún pedido este deberá estar dentro del rango permisible, en caso de estar fuera de los límites de control se deberá proceder con un análisis de causas y soluciones con el fin de mantener controles estrictos.

Lenguaje de programación

INICIO

```
import numpy as np
import pandas as pd

class HistoriaDeProduccion :

    LIM_SUP_SOBREPRODUCCION = +50
    LIM_INF_SOBREPRODUCCION = -50
    LIM_SUP_DESPERDICIO     = +40
    NUM_CAJAS_Y1           = 20
    NUM_CAJAS_Y2           = 20

    def __init__( self, df ) :

        # Filtramos las filas por porcentaje de sobreproduccion
        df = df[ df['PORCENT_SOBREPRODUCCION'] <
self.LIM_SUP_SOBREPRODUCCION ]
        df = df[ df['PORCENT_SOBREPRODUCCION'] >
self.LIM_INF_SOBREPRODUCCION ]
        # Filtramos las filas por porcentaje de desperdicio
        df = df[ df['PORCENT_DESPERDICIO'] < self.LIM_SUP_DESPERDICIO ]
```

```

# Extraemos la lista de ordenes, operadores, materias primas y motivo
# de desperdicio
self.lista_ordenes = list( df['ORDEN_PRODUCCION'].unique() )
self.lista_operadores = list( df['OPERADOR'].unique() )
self.lista_materias = list( df['TIPO_MATERIA_PRIMA'].unique() )
self.lista_motivos = list( df['MOTIVO_DESPERDICIO'].unique() )

# Categorizamos sobreproduccion
( self.Y1, self.Y1_bins ) = pd.cut( df['PORCENT_SOBREPRODUCCION'],
    bins = self.NUM_CAJAS_Y1,
    retbins=True)
self.Y1 = self.Y1.cat.codes.as_matrix()
# Categorizamos sobreproduccion
( self.Y2, self.Y2_bins ) = pd.cut( df['PORCENT_DESPERDICIO'],
    bins = self.NUM_CAJAS_Y2,
    retbins=True)
self.Y2 = self.Y2.cat.codes.as_matrix()

# Creamos un diccionario de ordenes
self.dic_ordenes = {}

for ( i, orden ) in enumerate( self.lista_ordenes ) :

    df_orden = df[ df['ORDEN_PRODUCCION'] == orden ]
    df_orden = df_orden.reset_index()

    peso_estimado = df_orden.ix[ 0, 'KG_ESTIMADO' ]
    operador = df_orden.ix[ 0, 'OPERADOR' ]
    lista_materias = list( df_orden['TIPO_MATERIA_PRIMA'].unique() )
    lista_motivos = list( df_orden['MOTIVO_DESPERDICIO'].unique() )

```

```
self.dic_ordenes[orden] = OrdenProduccion( peso_estimado,  
                                           operador,  
                                           lista_materias,  
                                           lista_motivos,  
                                           self.Y1[i],  
                                           self.Y2[i] )
```

```
# Calculamos las dimensiones de todos los vectores
```

```
self.dim_peso = 1
```

```
self.dim_operadores = len( self.lista_operadores)
```

```
self.dim_materias = len( self.lista_materias)
```

```
self.dim_motivos = len( self.lista_motivos)
```

```
self.dim_X = 3 * self.dim_peso \  
            + 3 * self.dim_operadores \  
            + 3 * self.dim_materias \  
            + 3 * self.dim_motivos \  
            + 3 * self.dim_motivos \  
            + 3 * self.dim_motivos \  
            + 3 * self.dim_motivos
```

```
# Copiamos el dataframe ingresado
```

```
self.df = df
```

```
return
```

```
def contenidos( self ) :
```

```
contenidos = {}
```

```
contenidos['lista_ordenes'] = self.lista_ordenes
```

```
contenidos['lista_operadores'] = self.lista_operadores
```

```
contenidos['lista_materias'] = self.lista_materias
```

```
contenidos['lista_motivos'] = self.lista_motivos
```

```
contenidos['dic_ordenes'] = self.dic_ordenes
```

```
return contenidos
```

```
def vector_operadores( self, operador) :  
  
    indice_operador = self.lista_operadores.index(operador)  
  
    vector = np.zeros( shape = ( self.dim_operadores,) )  
    vector[indice_operador] = 1.0  
  
    return vector
```

```
def vector_materias( self, lista_materias_en_la_orden) :  
  
    vector = np.zeros( shape = ( self.dim_materias,) )  
  
    for materia in lista_materias_en_la_orden :  
        indice_materia = self.lista_materias.index(materia)  
        vector[indice_materia] = 1.0  
  
    return vector
```

```
def vector_motivos( self, lista_motivos) :  
  
    vector = np.zeros( shape = ( self.dim_motivos,) )  
  
    for motivo in lista_motivos :  
        indice_motivo = self.lista_motivos.index(motivo)  
        vector[indice_motivo] = 1.0  
  
    return vector
```

```
def ensambla_muestra( self, indice_orden) :
```



```
orden_0 = self.lista_ordenes[ indice_orden + 0]
orden_0 = self.dic_ordenes[orden_0]
orden_1 = self.lista_ordenes[ indice_orden + 1]
orden_1 = self.dic_ordenes[orden_1]
orden_2 = self.lista_ordenes[ indice_orden + 2]
orden_2 = self.dic_ordenes[orden_2]
```

```
Peso_0 = np.zeros( shape = (1,) )
Peso_0[0] = orden_0.peso_estimado
Peso_1 = np.zeros( shape = (1,) )
Peso_1[0] = orden_1.peso_estimado
Peso_2 = np.zeros( shape = (1,) )
Peso_2[0] = orden_2.peso_estimado
```

```
Oper_0 = self.vector_operadores( orden_0.operador)
Oper_1 = self.vector_operadores( orden_1.operador)
Oper_2 = self.vector_operadores( orden_2.operador)
```

```
Mat_0 = self.vector_materias( orden_0.lista_materias)
Mat_1 = self.vector_materias( orden_1.lista_materias)
Mat_2 = self.vector_materias( orden_2.lista_materias)
```

```
Mot_0 = self.vector_motivos( orden_0.lista_motivos)
Mot_1 = self.vector_motivos( orden_1.lista_motivos)
Mot_2 = self.vector_motivos( orden_2.lista_motivos)
```

```
X_0 = np.concatenate( ( Peso_0, Oper_0, Mat_0, Mot_0) )
X_1 = np.concatenate( ( Peso_1, Oper_1, Mat_1, Mot_1) )
X_2 = np.concatenate( ( Peso_2, Oper_2, Mat_2, Mot_2) )
```

```
X = np.concatenate( ( X_0, X_1, X_2) )
Y_1 = orden_2.cod_sobreproduccion
```

```
Y_2 = orden_2.cod_desperdicio
```

```
return ( X, Y_1, Y_2)
```

```
def ensambla_arreglo_muestras( self) :
```

```
    num_ordenes = len(self.lista_ordenes) - 2
```

```
    X = np.zeros( shape = ( num_ordenes, self.dim_X) )
```

```
    Y1 = np.zeros( shape = ( num_ordenes,) )
```

```
    Y2 = np.zeros( shape = ( num_ordenes,) )
```

```
    for i in range(num_ordenes) :
```

```
        ( X[i,:], Y1[i], Y2[i]) = self.ensambla_muestra(i)
```

```
    return ( X, Y1, Y2)
```

```
class OrdenProduccion :
```

```
    def __init__( self, peso_estimado,  
                  operador,  
                  lista_materias,  
                  lista_motivos,  
                  cod_sobreproduccion,  
                  cod_desperdicio ) :
```

```
        self.peso_estimado = peso_estimado
```

```
        self.operador = operador
```

```
        self.lista_materias = lista_materias
```

```
        self.lista_motivos = lista_motivos
```

```
        self.cod_sobreproduccion = cod_sobreproduccion
```

```
        self.cod_desperdicio = cod_desperdicio
```

```

        return
import pandas as pd
from ClasesAuxiliares import HistoriaDeProduccion
from sklearn.linear_model import LogisticRegression

# Importamos los datos al dataframe info_df
manija = open( 'Datos-Produccion1.xlsx', 'rb')
info_df = pd.read_excel( manija, sheet_name = 'Pre-procesado')
manija.close()

# Declaramos un nuevo objeto de la clase HistoriaDeProduccion
historia = HistoriaDeProduccion( info_df)
contenidos = historia.contenidos()
# Ordenamos al objeto ensamblar el arreglo de muestras
( X, Y1, Y2) = historia.ensambla_arreglo_muestras()

# Declaramos un nuevo objeto de la clase regresion logistia
LogReg1 = LogisticRegression( multi_class = 'multinomial',
                             solver = 'newton-cg',
                             max_iter = 1000)
LogReg1.fit( X, Y1)
Y1_pred = LogReg1.predict(X)

LogReg2 = LogisticRegression( multi_class = 'multinomial',
                             solver = 'newton-cg',
                             max_iter = 1000)
LogReg2.fit( X, Y2)
Y2_pred = LogReg2.predict(X)

# Mostramos histograma de porcentajes de sobreproduccion

```

```
#historia.df['PORCENT_SOBREPRODUCCION'].hist( bins = 20)
```

```
dimension_clase_sobreproduccion = 4.8488
```

```
lim_inf_clase_sobreproduccion = -49.224
```

```
lim_sup_clase_sobreproduccion = -44.2782
```

```
dimension_clase_desperdicio = 1.8093
```

```
lim_inf_clase_desperdicio = 0.163852
```

```
lim_sup_clase_desperdicio = 2.00928
```

```
rango_inf_sobreproduccion = Y1_pred[0] * dimension_clase_sobreproduccion +  
lim_inf_clase_sobreproduccion
```

```
rango_sup_sobreproduccion = Y1_pred[0] * dimension_clase_sobreproduccion +  
lim_sup_clase_sobreproduccion
```

```
rango_inf_desperdicio = Y2_pred[0] * dimension_clase_desperdicio +  
lim_inf_clase_desperdicio
```

```
rango_sup_desperdicio = Y2_pred[0] * dimension_clase_desperdicio +  
lim_sup_clase_desperdicio
```

```
salida = pd.DataFrame( columns = [ 'Limite Inferior', 'Limite Superior'])
```

```
salida.loc['% Sobreproduccion'] = [rango_inf_sobreproduccion,  
rango_sup_sobreproduccion]
```

```
salida.loc['% Desperdicio'] = [rango_inf_desperdicio, rango_sup_desperdicio]
```

```
salida.to_excel('Estimacion1.xlsx')
```

FIN