



# POSGRADOS

## MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-S0-41-No.689-2018

OPCIÓN DE  
TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS  
AVANZADAS

TEMA:

DISEÑO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN  
MANUFACTURING, FUNDAMENTADO EN LA SIMULACIÓN, PARA  
MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE PERFILES DE CARTÓN DEL  
CENTRO DE CONVERSIÓN

AUTOR:

WILMER GUILLERMO TOBAR ARIZAGA

DIRECTOR:

ÑAUTA ÑAUTA ADRIÁN EUGENIO

CUENCA - ECUADOR

2022

***Autor:***



***Wilmer Guillermo Tobar Arizaga***

Ingeniero Industrial.

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

wtobara.@est.ups.edu.ec

***Dirigido por:***



***Adrián Eugenio Ñauta Ñauta***

Ingeniero Industrial.

Magister en Gestión Tecnológica.

Magister en Métodos Matemáticos y Simulación Numérica en Ingeniería.

Magister en Seguridad e Higiene Industrial.

anauta@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA– ECUADOR – SUDAMÉRICA

TOBAR ARIZAGA WILMER GUILLERMO

***DISEÑO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING, FUNDAMENTADO EN LA SIMULACIÓN, PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE PERFILES DE CARTÓN DEL CENTRO DE CONVERSIÓN***

# Índice

Resumen	V
Abstract	VI
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes . . . . .	1
2.2. Descripción del problema . . . . .	4
2.3. Importancia y alcances . . . . .	5
2.4. Delimitación . . . . .	5
2.4.1. Espacial o geográfica . . . . .	5
2.5. Problema General . . . . .	5
2.6. Problemas Específicos . . . . .	5
3. Objetivos	6
3.1. Objetivo General . . . . .	6
3.2. Objetivos Específicos . . . . .	6
4. Marco Teórico	6
4.1. La simulación a través del tiempo . . . . .	6
4.1.1. Simulación . . . . .	6
4.1.2. Modelos de simulación . . . . .	7
4.1.3. Pasos para desarrollar un estudio de simulación. . . . .	8
4.1.4. Modelación. . . . .	8
4.2. Simulación de eventos discretos con Flexsim. . . . .	9
4.3. Lean six sigma. . . . .	10
4.3.1. Enfoque al Cliente. . . . .	12
4.3.2. Enfoque al proceso. . . . .	13
4.3.3. Enfoque a Variación. . . . .	14
4.4. Técnicas y herramientas Lean . . . . .	15
4.5. Desperdicio o Muda . . . . .	17
4.6. Productividad . . . . .	18

5. MARCO METODOLÓGICO	19
5.1. Metodología de la Investigación.....	19
5.2. Metodología del proceso.....	20
5.3. Análisis de la situación actual.....	20
5.3.1. Proceso de simulación.....	21
5.3.2. Simulación del proceso de conversión .....	23
5.3.3. Caracterización del proceso.....	25
5.3.4. Herramienta ExperFit .....	25
5.3.5. Análisis de la situación actual .....	35
6. Resultados	38
7. Conclusiones	47
8. Recomendaciones	47
Referencias	49
ANEXOS	50

# Lista de Tablas

- 1. Producción de unidades de perfiles de cartón año 2020. . . . . 2
- 2. Costo de desperdicio de perfiles de cartón año 2020. . . . . 3
- 3. Nivel Sigma..... 11

## Lista de Figuras

1.	Desperdicios de unidades de perfiles de cartón año 2020. . . . .	4
2.	Pilares del six sigma. ....	12
3.	Fase DMAIC .....	15
4.	Layout Eberle .....	22
5.	Ventana desplegable del icono Backgrounds .....	24
6.	Modelo de simulación FlexSim.....	25
7.	Ventana principal ExpeFit .....	26
8.	Ventana de Data Analysis ExpeFit.....	27
9.	Tabla resumen de datos ExperFit .....	28
10.	Tabla resumen de Búsqueda de modelos .....	29
11.	Gráfica comparativa de principales modelos de distribución .....	30
12.	Ventana resumen de la representación del modelo.....	31
13.	Puertos de salida, errores y porcentajes de errores en la situación inicial .....	32
14.	Puertos de salida, errores y porcentajes de errores en la situación final.....	33
15.	Dashboard comparativo de errores situación inicial-final .....	34
16.	Línea de Producción C. de Conversión .....	34
17.	Distribución de Johnson SB del proceso en el centro de conversión .....	35
18.	Datos para distribución de Jhonson SB.....	36
19.	Causas y porcentajes para mermas de Producción .....	37
20.	Comparativo .....	37
21.	Incidencia en mermas de producción .....	39
22.	Causas para merma propuesta.....	40
23.	Situación mejorada .....	41
24.	Situación Actual .....	42
25.	Distribución para el proceso mejorado.....	45
26.	Plan de mejoras y herramienta Lean Propuesta .....	46
27.	Anexo A: Matriz de consistencia.....	51
28.	Operacionalizacion de variables .....	52
29.	Reporte de producción .....	53

## Resumen

El presente trabajo de investigación, tiene por objetivo presentar un plan de mejora para la línea de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, mediante el uso de herramientas como lo es simulación, para ello se utilizó datos de producción de diferentes meses, con los cuales se puede evidenciar la situación actual de esta línea de producción, y realizar un análisis, de las causas de mermas de producción, para posteriormente buscar las herramientas de lean manufacturing que nos pueden aportar a mejorar esta situación productiva y enfocarlas mediante un plan de mejora adecuado para esta línea productiva, obteniendo resultados para el plan de uso de herramientas como son Smed 5 s, Tpm entre las más importantes para lograr una mejora en el proceso.

Palabras clave: Simulación, Perfiles de Cartón, Mermas, Lean Manufacturing

## Abstract

The objective of this research work is to present an improvement plan for the cardboard profile production line of the conversion center, through the use of tools such as simulation, for which production data from different months was used, with which can show the current situation of this production line, and perform an analysis of the causes of production losses, to later look for lean manufacturing tools that can help us improve this production situation and focus them through a plan of improvement suitable for this production line, obtaining results for the use plan of tools such as Smed 5 s, Tpm among the most important to achieve an improvement in the process.

Keywords: Simulation, Cardboard Profiles, Shrinkage, Lean Manufacturing.

---

# 1. Introducción

Actualmente la mayoría de empresas buscan oportunidades de mejora, para lograr que sus productos abarquen mercados nacionales e internacionales, mediante estrategias que consoliden mayor productividad, garantizando calidad y el servicio. El uso de software para modelar procesos mediante simulación es dinámico por naturaleza, los resultados que se obtiene a medida que se desarrolla la simulación ponen de manifiesto nuevas problemáticas, así como limitaciones inherentes al sistema en estudio, que pueden forzar a reconsiderar factores de diseño (Miguel et al., 2010).

Disponer de una herramienta de simulación facilita conocer el comportamiento de un sistema o proceso, generar nuevos modelos o escenarios que dan como resultado diseños de procesos óptimos, distribuciones de planta nuevas, entre otras oportunidades de mejora; que al ser complementado con herramientas lean manufacturing incrementan la productividad y la disponibilidad de productos o servicios (Jiménez and Gómez, 2014).

La simulación permitirá visualizar diferentes escenarios del proceso productivo continuo en la fabricación de perfiles de cartón e identificar los posibles desperdicios que se presentaran en el centro de conversión y que herramientas de lean manufacturing dan soporte una adecuada implementación cuando la alta gerencia lo permita.

La demanda de productos que por su naturaleza son importantes en varios mercados de exportación y consumo nacional, han provocado que las empresas innoven en el uso de materiales de embalaje, reemplazando el uso de plástico por los perfil de cartón que aportando al cuidado del medio ambiente, siendo estos biodegradables o reutilizables.

## 2. Problema

### 2.1. Antecedentes

Según Jacobo (2020), toda empresa es importante mantener sus líneas de producción óptimas, y cambiarlos o hacer pruebas para eficientar consiste altos costo e improductivo, existiendo técnicas de simulación y revisar el efecto de cambios de estos sistemas productivos.

Analizar detalladamente un proceso o sistema a representar, facilita entenderlo y seguir tácticas que ayuden a mejorarlo en operación y eficiencia

Jacobo (2020) desarrollo un modelo de simulación con el objetivo de obtener una mejora de reducir el tiempo de duración de un paciente antes de dar de alta y para admitir al paciente al hospital, es decir, reducir el tiempo de permanencia en el sistema y su mejora fue la innovación

---

de horarios para atender a los pacientes.

En la actualidad dentro del proceso de fabricación de perfiles de cartón se han identificado diferentes mudas paras de proceso, productos con defecto, que provocan reducción de producto terminado disponible,

En la tabla 1 observamos la cantidad de desperdicio mensual y sus costos específicos desde enero a diciembre 2020.

En la siguiente tabla 1 observamos que en el periodo de enero 2020 a diciembre 2020 se tiene desperdicios altos por diferentes problemas, mismos que no son aprobados por calidad y reducen la disponibilidad de producto terminado.

Tabla 1

*Producción de unidades de perfiles de cartón año 2020.*

Meses	Producción Mensual unidades	Desperdicio unidades
Enero	987920	12720
Febrero	900871	15695
Marzo	1119797	11702
Abril	806528	10910
Mayo	730759	11384
Junio	730759	11384
Julio	629960	10658
Agosto	771310	16621
Septiembre	555352	12347
Octubre	719398	16191
Noviembre	1538150	1526
Diciembre	973968	14468

*Nota:* Extraído de la base estadísticas de la empresa. Fuente: El autor

La Tabla 2 describe la producción del año 2020 y el desperdicio mensual del año 2020 mismo que en los meses de agosto, octubre y diciembre se incrementan debido a que la demanda de perfiles de cartón son mayores por el mercado bananero que en dichos meses incrementan la demanda de perfiles de cartón, mismo que bajo un plan adecuado y análisis bajo simulación y uso correcto de herramientas de Lean, permitirá incrementar la disponibilidad de

---

perfiles de cartón e incrementar la producción de esta línea, y cubrir la demanda de los clientes.

El desperdicio total del año 2020 en perfiles de cartón asciende a 159612 unidades, que son efecto de varias causas en el proceso (picados capas abiertas fracturas en el forro paras de maquina etc.) y no cumplen las características que se necesitan en calidad y atributos físicos. Estos perfiles tienen un costo promedio de 0.46 centavos de dólar, que al año genera un costo de 73421.52 dólares de perdida para la organización, y que por no estar disponibles para la venta son utilizados como materia prima y reprocesados para nuevamente convertirse en papel.

Tabla 2

*Costo de desperdicio de perfiles de cartón año 2020.*

Perfiles de cartón Unds.	Costo \$
159612	73421.52

*Nota:* Extraído de las estadísticas de la empresa. Fuente: El autor

Por lo tanto, es necesario diseñar mediante la herramienta de simulación el proceso de producción de perfiles de cartón del centro de conversión conocer su situación actual y establecer un nuevo modelo de producción analizando que herramientas Lean Manufacturing se ajusten al proceso, y permitan reducir el desperdicio a corto, mediano y largo plazo para mejorar la disponibilidad de producto terminado de acuerdo a la facilidad que la administración de la empresa así lo requiera.

La siguiente figura describe el desperdicio presentado en la producción de perfiles de cartón, de ese modo mediante el proceso de simulación proponer acciones de mejora y establecer que herramientas de Lean Manufacturing pueden aportar para la aplicación de las acciones de mejora, que permita focalizar las formación al personal en la herramienta que se obtenga del análisis, conociendo que son la base para lograr un nuevo modelo productivo en la línea de conversión, permitiendo desarrollar el trabajo seguro por parte de los operadores de máquina, reducir tiempos de preparación de equipos y maquinaria, desperdicios.

El proyecto servirá como base fundamental en la organización, para replicarlo en otras áreas que presentan condiciones de baja productividad, tiempos perdidos, paras de máquina, entre otros.

Figura 1

*Desperdicios de unidades de perfiles de cartón año 2020.*



*Nota:* Extraído de estadística anual 2020 empresa. Fuente: El Autor

## 2.2. Descripción del problema

Actualmente la demanda de perfiles de cartón en mercados exportadores y nacionales se ha incrementado considerablemente, los perfiles de cartón al ser un insumo de embalaje que aporta protección y mejora las actividades de almacenamiento dentro de la cadena de suministro. Además, los perfiles de cartón aportan al cuidado del medio ambiente por ser un insumo biodegradable.

En la actualidad la línea productiva de perfiles de cartón empezó a transformar sus procesos con el objetivo de disminuir los desperdicios buscando mayor productividad en las operaciones. Actualmente, la empresa produce 200 unidades de perfiles de cartón no conforme a las especificaciones de calidad, representando 18.13 dólares por día, 6528 dólares anuales. El diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de perfiles de cartón permitirá establecer las herramientas de lean manufacturing que aporten a incrementar la productividad, como define también el contexto de la simulación del proceso productivo mediante software especializado.

---

### 2.3. Importancia y alcances

La importancia del presente trabajo se representará en lograr un mejor desempeño de esta línea de producción de perfiles de cartón, mismo que en la actualidad manutiene mermas de producto terminado de alrededor de 800 unidades con defectos diarios que representan un promedio de 375 dólares diarios en costo de producto terminado, mediante el uso de software de simulación para ajustarlo y buscar opciones de mejora, lograr reducir mermas y contribuir con un incremento de producción y disponibilidad de producto terminado. Mediante un plan de implementación bajo el uso de herramientas de la filosofía lean, y aportar a la empresa con mayor rentabilidad.

### 2.4. Delimitación

El problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones: Analizar la situación actual de centro de conversión, y mediante simulación, buscar opciones de mejora con el uso de herramientas de lean, que aporten en esta situación mediante un plan de implementación.

#### 2.4.1. Espacial o geográfica

La empresa Cartopel está ubicada en Cuenca sector parque industrial sur de la ciudad, su función principal es brindar soluciones en empaques de cartón corrugado, complementando esta función con insumos como lo son los perfiles de cartón. Que son distribuidos a nivel nacional a diversos sectores como son, bananero, línea blanca, florícola, alimenticia, construcción, etc.

### 2.5. Problema General

- ¿Es posible diseñar un plan de implementación de herramientas de la filosofía Lean Manufacturing en el proceso de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, para mejorar la producción de esta línea productiva?

### 2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá identificar las condiciones actuales en el proceso de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, para identificar las entradas al proceso de simulación?
- ¿Es posible simular el modelo actual de fabricación de perfiles de cartón del centro de conversión, para definir opciones de mejora productiva?

- 
- ¿Es posible establecer que herramientas de lean manufacturing permiten tener un nuevo modelo de producción para la fabricación de perfiles de cartón del centro de conversión?

### 3. Objetivos

#### 3.1. Objetivo General

- Diseñar un plan de implementación de lean manufacturing, fundamentado en la simulación del proceso de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, para mejorar la producción de esta línea productiva.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones actuales en el proceso de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, para identificar las entradas al proceso de simulación.
- Simular el modelo actual de fabricación de perfiles de cartón del centro de conversión, para establecer definir opciones de mejora productiva.
- Establecer que herramientas de lean manufacturing complementan al nuevo modelo de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, para una mejor productividad.

### 4. Marco Teórico

#### 4.1. La simulación a través del tiempo

El autor Díaz-Martínez et al. (2018), refiere que simulación, conceptualmente a fines de 1940 cuando Von Neumann y Ulam definieron el termino análisis de Monte Carlo y aplicarlo usando técnicas matemáticas al resolver problemas de protección nuclear costosos e intentar resolverlos experimental o analíticamente.

##### 4.1.1. Simulación

Bú (1994), manifiesta que la simulación es una técnica numérica para experimentos en una computadora. Experimentar de esta manera comprende utilizar relaciones matemáticas necesarias, que describen la complejidad de la estructura de un sistema real en periodos de tiempo largos. Mientras que para Pawlowski (2012), describe que la simulación se perfila como una

---

herramienta para apoyar en la toma de decisiones y procesos de resolución de problemas que son inherentes al diseño, gestión y mejora de tipos de sistemas operativos productivos, incluida la fabricación, logística, sanidad, procesos etc. Actualmente, la simulación es una de las tecnologías clave dentro del marco del concepto de Industria 4.0. Este concepto define una nueva organización de fábricas (llamadas fábricas inteligentes), lo que permite un mejor servicio al cliente a través de una enorme flexibilidad y optimización de recursos y métodos de fabricación.

La simulación tiene por objetivo facilitar al analista a entender las relaciones (causa - efecto) entre las variables contenidas en el sistema así como la relativa importancia de sus componentes, conocido el objetivo, la simulación se vuelve una herramienta que se ajusta y permite jugar con el modelo, para poderlo mejorar constantemente con diferentes herramientas y posibilidades de mejora.

#### 4.1.2. Modelos de simulación

Modelos continuos respecto a modelos discretos.

Piera (2004), indica que los modelos continuos se caracterizan por representar la evolución de las variables de interés de forma continua. De manera general se utilizan ecuaciones diferenciales ordinarias considerando la evolución de una propiedad con respecto al tiempo, o bien ecuaciones en derivadas parciales considerando también la evolución con respecto al espacio. En los modelos discretos, se representan las variables y su evolución de forma discreta, no así en los modelos continuos.

Modelado orientados al proceso.

Según (Alfonso and Carla, 2013) manifiesta que, la metodología del modelo orientada al proceso facilita describir los procesos y permite que esta se realice de manera mas semejante al razonamiento humano. Al describir desde el punto de vista de las entidades y su circulación a través del sistema, son denominados modelo orientado al proceso.

Su práctica orientada a los procesos inicia en la década de 1970, con la aparición de lenguajes de simulación para modelos de eventos discretos. Actualmente el modelado orientado a los procesos se realiza usando entornos de simulación, que son una capa software elaborada sobre un lenguaje de simulación facilitando la descripción del modelo mediante interfaces muy intuitivas, con menús, diálogos, etc. Entre los entornos de simulación mas populares están AnyLogic, Arena, AutoMod, Enterprise, Flexsim, ProModel y SIMUL8 (Alfonso and Carla,

---

2013).

#### 4.1.3. Pasos para desarrollar un estudio de simulación.

Para Ocampo and Pavón (2012) establece que la simulación inicia:

1. Formulando la hipótesis de un posible comportamiento del sistema previo a cierto escenario o proceso, iniciando de esta hipótesis o escenario propuesto,
2. El usuario inicia una simulación con la cual pueda experimentar configurando las variables de entrada.
3. Construido el modelo, y validado, el usuario experimenta con el, a fin de probar su hipótesis.
4. Finalmente, observando el comportamiento de las variables de salida, el usuario concluye acerca de la validez de su hipótesis aprobando su comportamiento mediante recomendaciones sobre el modelo, o rechazar la hipótesis probando nuevos escenarios hasta lograr satisfacción sobre los resultados obtenidos.

#### 4.1.4. Modelación.

Según Ocampo and Pavón (2012) refiere que:

La modelación es arte y ciencia, su objetivo es ayudarnos a explicar, entender o modificar un sistema o proceso. Un modelo es una reproducción ideal de un fenómeno o proceso que se representa (o desea que se presente) en la realidad.

#### Etapas de un proyecto de simulación.

1. Construcción del problema.- Define el problema a estudiar, se incluye los objetivos del problema.
2. Diseño del modelo conceptual.- Se especifica el modelo, sus características , interacciones, teniendo en cuenta los objetivos.
3. Recogida de datos.- Los datos son Identificados, recogidos y analizados.
4. Construcción del modelo.- Se construye el modelo partiendo del modelo conceptual y sus datos.

- 
5. Verificación y validación.- Se comprueba que el modelo se comporta como se espera y si existe la relación entre el sistema real y el modelo.
  6. Diseño de experimentos y experimentación.- Según los objetivos del estudio, se desarrolla escenarios a simular experimentalmente.
  7. Análisis de resultados.- Los resultados se analizan con la finalidad para detectar problemas y recomendar mejoras o soluciones.
  8. Documentación.- Facilitar documentación sobre el trabajo efectuado.
  9. Implementación.- Mediante la toma de decisiones basadas en el estudio de simulación.

#### 4.2. Simulación de eventos discretos con Flexsim.

Según Ocampo and Pavón (2012) indica que:

La simulación de eventos discretos es una herramienta utilizada para analizar y diseñar sistemas o procesos nuevos y para retro-alimentar y proponer cambios a procedimientos de operación en sistemas existentes reales. Simular sistemas se ha vuelto una práctica común en ingenieros, administradores y científicos. A pesar de los diferentes paradigmas de simular eventos discretos existentes, los paquetes de simulación utilizan una estructura existente conformada por los siguientes elementos:

##### Entidades.

Las entidades dinámicas facilitan las entradas del sistema, estas entidades o productos se mueven a través del sistema, siendo estos elementos los que propician los cambios de estado en las variables del sistema. White and Ingalls (2015).

##### Actividades.

Para el autor White and Ingalls (2015), las actividades son tareas que de manera directa o indirectamente se desarrollan en soporte al procesamiento de las entidades, la interacción entre entidades actividades crean eventos. Cada vez que inicia o finaliza una actividad sucede un evento y cambia el estado del sistema.

Existen actividades de tres tipos:

- 
1. Las actividades de retraso.- se presentan cuando una entidad es detenida por un lapso de tiempo.
  2. Las actividades de espera.- sucede cuando el flujo no se suspende por un periodo de tiempo, esperando un recurso, o condición especial del sistema
  3. Las actividades de lógica.- permiten que las entidades afecten los estados del sistema al manipular variables de estado y lógica de decisión.

#### Recursos.

Son medios u objetos que pueden restringir el procesamiento limitando el ritmo que las actividades pueden ser realizadas, por ejemplo, operarios, maquinas, espacio, información, etc.

#### 4.3. Lean six sigma.

En tal sentido Socconini (2019), describe a Lean six sigma como un proceso continuo y sistemático que identifica o elimina desperdicio o excesos; entendiendo que exceso es toda actividad que no agrega valor en un proceso, aumentando el costo y trabajo, su eliminación se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas.

Para Duro Novoa and Gilart Iglesias (2016), establece que ha existido mucha discusión sobre la relación entre six sigma y las herramientas lean, se ha argumentado que six sigma es un subconjunto de lean (por ejemplo, Toyota Production System), y también se ha argumentado que las herramientas lean son sólo un subconjunto de la caja de herramientas six sigma. Si bien hay mucha superposición en las herramientas y métodos utilizados por six sigma y lean, hay una diferencia en el enfoque.

Por lo tanto, para Arboleda Mejía and Franco Calle (2015), lean se desarrolló con el propósito de atacar los desperdicios asociados con el flujo de material e información y tiempo ciclo de un proceso de principio a fin, además, pueden ser empleadas dentro del marco DMAIC (*Definir - Medir - Analizar - Mejorar - Controlar*) para mejorar la velocidad y eficiencia del proceso, siendo este flexible permitiendo cambios en el proceso a través de un uso disciplinado de hechos, datos y análisis estadísticos y control de procesos existentes.

A su vez, Duro Novoa and Gilart Iglesias (2016), define que Lean seis sigma permite mejorar la calidad del producto eliminando los desperdicios, reduciendo el tiempo de ciclo

---

y reforzando la satisfacción del cliente, es decir, lean six sigma se basa en una síntesis de múltiples métodos y técnicas de mejora de procesos interdependientes.

Capa and Aguirre (2019) indica que, la palabra seis sigma es un término estadístico que permite medir que tanto se desvía nuestro proceso de la perfección, enfocándose en que si se puede medir cuantos defectos se tienen en el proceso se puede estimar sistemáticamente como eliminarlos y llevarlos lo más cercano posible a cero defectos, permitiendo sólo 3.4 defectos (o errores) de cada millón de oportunidades, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3

*Nivel Sigma*

Nivel sigma.	D.P.M.O	%Rendimiento
6	3	99.9997
5	233	99.9997
4	6.210	93.379
3	66.807	93.32
2	308.537	69.2
1	690.000	31

Nota: Extraído de Capa and Aguirre (2019). Six-Sigma una estrategia de negocios para mejorar la calidad de los productos. Fuente: Capa and Aguirre (2019)

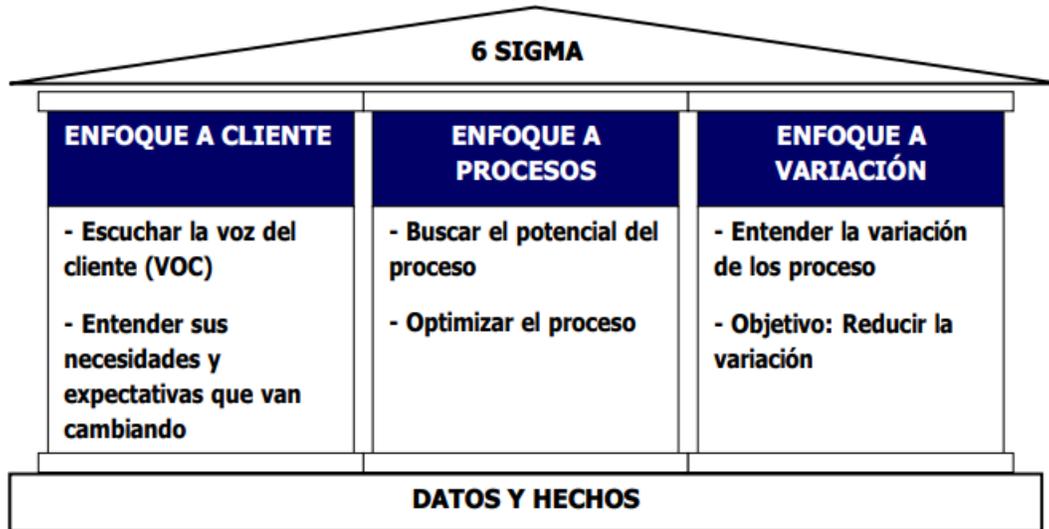
Pilares del six sigma.

Existen 3 pilares de Six Sigma como se observa en la figura 2.

---

Figura 2

*Pilares del six sigma.*



*Nota:* Lean manufacturing conceptos, técnicas e implementación. Fuente: El autor

#### 4.3.1. Enfoque al Cliente.

Un pilar fundamental del six sigma es el cliente, ya que, si la satisfacción del cliente es alta, entonces las ventas totales, cuota de mercado y rentabilidad también serán favorables, Las mejoras six sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente (Hernández and Vizán, 2013).

El establecer las necesidades de manera clara es el primer paso para desarrollar un proyecto, ya sean internos o externos. Para lograr esto, existen tres herramientas que pueden desarrollarse en conjunto o independientemente, lo importante es obtener las denominadas características claves para la calidad o CTQ, que son aquellas que satisfacen un requerimiento clave del cliente. En esta fase es indispensable asegurarse que estas CTQ reflejan realmente la voz del cliente (voice of the customer VOC).

La Planificación permite establecer los recursos con los que se cuenta para contactar a los clientes (humanos, monetarios y tecnológicos) y con base a ello tomar decisiones en cuanto al número de clientes que se van a contactar y la técnica que se utilizara, para determinar

---

quienes son los clientes y como contactarlos existen varias formas para escuchar la voz del cliente:

- Entrevista.- visitar en persona o telefónicamente para recolectar información directamente.
- Paneles (FOCUS GROUP).- Seleccionar un grupo representativo para recolección de datos en persona.
- Quejas del cliente.- Usar un número telefónico, correo, o cualquier otro método que permita recoger de manera efectiva todas aquellas quejas que los clientes tengan sobre el producto o servicio.
- Investigación de mercado.- contratar un profesional para realizarla. La desventaja obvia es que el costo es mayor, pero esta clave de servicios, por lo general, proporcionan datos muy útiles como punto de partida.

#### 4.3.2. Enfoque al proceso.

Eckes (2006) manifiesta que:

Sea que esté enfocado en diseñar productos y servicios, en medir el desempeño, en mejorar la eficiencia o la satisfacción del cliente, o incluso en hacer funcionar el negocio, la filosofía Six Sigma coloca al proceso como el vehículo clave del éxito. Convencer a directores y ejecutivos, que al dominar los procesos, creando ventajas competitivas al darle valor al cliente, a sido la mejora por parte de Six Sigma hasta la actualidad. Con estas herramientas ayudan a que las organizaciones entiendan sus procesos y poderlos mejorar. los directores deben entenderlas y aplicarlas según sus necesidades para desarrollar, implantar y monitorizar un sistema de calidad.

Estas herramientas son:

- Diagrama de Ishikawa.
- Hoja de comprobación.
- Lluvia de ideas.
- Diagrama de flujo.

---

Histograma.

Diagrama de Pareto.

- Diagrama de correlación

#### 4.3.3. Enfoque a Variación.

Se centra en reducir (eliminar) la variación más que en probar o inspeccionar los productos una vez terminados, en los procesos existen dos tipos de desviaciones o variación:

- Variaciones de Causa Común (VCC).- es el resultado de la propia variación inherente del proceso.
- Variaciones de Causa especial (VCE).- está ligada a los acontecimientos

Según Hernández and Vizán (2013) indica que mientras mayor variación tenga un proceso menor será el nivel sigma. Por lo tanto se necesita identificar los factores que generan variación en el proceso, para aislarlos y finalmente controlarlos.

Six Sigma utiliza la metodología el marco del modelo conocido como DMAIC como se observa en la siguiente figura:

---

Figura 3

*Fase DMAIC.*



*Nota:* Ciclo DMAIC. Fuente: El autor

Aunque el DMAIC es una metodología sistemática, es importante identificar algunos factores para que esta metodología tenga éxito, así como también identificar que falle.

#### 4.4. Técnicas y herramientas Lean

Para implementar el pensamiento Lean existe una variedad de técnicas y herramientas, cuya aplicación combinada permitirá implantar con éxito un sistema Lean, entre las más relevantes están (Arto, 2010):

- Kanban.- es una forma de control y base de un sistema Pull, es una autorización para producir o mover inventario. Si no hay Kanban, el sistema se detiene. Y el objetivo es satisfacer las necesidades del cliente.
- Andon.- es una señal que el operario utiliza para señalar una situación anormal en la línea de producción o montaje.
- Pokayoke.- son mecanismos que se incluyen en el diseño de productos y eliminar errores.

- 
- Heijunka.- consiste en el equilibrado o distribución producción y ajustarla a la demanda del cliente.
  - Calidad.- al controlar el proceso se evitan defectos involucrando a empleados mediante soluciones creativas y preventivas. Se basa en la filosofía de mejora continua (Kaizen), el trabajo en equipo, información, mejoras compartidas, y la calidad como una actitud como responsabilidad del personal.
  - Diseño de células de fabricación.- establece la formación de células de trabajo, para reducir transporte y tiempos de espera.
  - Mantenimiento Productivo Total.- los operarios se vuelven una pieza clave para responsabilizarse de la máquina y proceso, maximizando la eficiencia del equipo, liberando a personal de mantenimiento para realizar tareas preventivas.
  - 5S y control visual.- permite un ambiente de trabajo bien organizado, limpio y seguro, siendo los cimientos del hábito de mejora.
  - Reducir las puestas a punto.- lograr o tratar que no haya que parar; y, si no es posible, que el tiempo sea mínimo para no afectar a producción. Un mecanismo eficaz es el Single Minute Exchange of Dies (SMED) o Cambio Rápido de Moldes y Utillaje. Es un mecanismo utilizado para reducir el lead time y crear un flujo continuo en el proceso.
  - Smed.- es una metodología de mejora de procesos, mediante la reducción de tiempos de alistamiento en máquinas, esto no significa que sea su única utilidad, también se puede usar variantes de la técnica para análisis de otras actividades como alistamiento de equipos de mantenimiento entre otros. El smed hace posible responder de forma rápida a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación. Ha llegado el tiempo de despedirse de los mitos añejos de la producción anticipada y en grandes lotes. La producción flexible solamente es accesible a través del SMED"(Shingo, 2002).
  - Desarrollar proveedores.- crear vínculos continuos con proveedores, permite establecer relaciones a largo plazo creando beneficios mutuos y mayor confianza. Trabajar en conjunto con ellos en vez de efectuar inspecciones y establecer sistemas de información conjuntos que eliminen las barreras de comunicación y permita compartir los problemas.
  - Creación de flujo continuo.-supone crear un flujo continuo y pausado de los productos evitando defectos de calidad y parar el proceso. Consiste en disponer de la

- 
- maquinaria, actividades y las personas permitiendo crear un flujo óptimo de producción y que minimice el movimiento y acumulación de inventarios.

Jidoka (automatización).- consiste en utilizar mecanismos automáticos en la línea de producción para control de defectos, permitiendo corregir el origen del error, impidiendo que productos con defecto sigan adelante, con el siguiente proceso:

- Detectar la anomalía
- Parar
- Fijar o corregir la condición anormal
- Investigar la causa raíz e instalar las contra-medidas.

Jidoka se enfoca en entender el problema y asegurarse de que no vuelva a ocurrir, evitando la producción de piezas con defecto y aprendiendo de los errores. Además, se basa en respetar a las personas que realizan el trabajo que son las más expertas en ese proceso.

#### 4.5. Desperdicio o Muda

Para Ohno and Bodek (2019) el desperdicio o MUDA es todo lo que es adicional a los equipos, materiales, componentes y personal mínimo imprescindible para la producción.

Actualmente los mercados se están fortaleciendo formando grandes bloques comerciales, En pocas palabras, perder tiempo para una empresa se ha vuelto impensable, ya que los cambios en las economías se han vuelto vertiginosos, por ello los directivos y empleados, invierten en actividades que generen valor.

Para muchos resultara una sorpresa saber que, en la mayoría de casos, solo el 5 al 10% de las actividades que se desarrollan en una empresa agregan valor, el resto es desperdicio, si somos capaces de eliminar progresivamente estos desperdicios, se comprenderá el éxito de las empresa que marcan la diferencia en cuanto a competitividad (Socconini, 2019).

Tradicionalmente Lean identifica 7 áreas claves de desperdicio.

1. Sobre producción.- consiste en mantener excesos de inventario ocultando ineficiencias, generando desperdicios.
2. Espera.- Es el tiempo que el trabajo en proceso en espera por el próximo paso en producción sin existir valor agregado.

- 
3. Transporte.- Movimientos innecesarios de materias primas, productos en proceso o productos terminados.
  4. Movimiento.- Movimientos que no agregan valor.
  5. Sobre proceso.- es uno de los desperdicios más difíciles de detectar y eliminar. Consiste en producir más de lo necesario o demandado por el cliente.
  6. Inventario.-son Producto como Materias primas, trabajos en proceso o productos terminados o cantidades mayores a las necesidades inmediatas.
  7. Defectos.- Producción que es desperdicio o que requiere ser re-trabajada. Una forma de desperdicio que no es considerada en los siete desperdicios es el mal uso del potencial humano, desmotivación, pérdida de creatividad, y pérdida de ideas. que resulta en toda clase de pérdida de oportunidades

Por lo tanto, una organización esbelta tiene por meta entregar el producto exacto con la cantidad exacta, y cuando el cliente exactamente los necesiten la meta de una organización esbelta es poder entregar el producto exacto en la exacta cantidad, siendo importante conocer lo que el cliente demanda del producto, nivel de capacidad, calidad, características etc.

En tal razón, Manufactura Esbelta es entender el concepto de desperdicio y eliminarlos o reducirlos, relacionando los recursos y consumidor final, es decir, que si no es valorado por nuestro cliente se considera como desperdicio.

#### 4.6. Productividad

Según Chase and Aquilano (2005) la productividad es una medida que se emplea para conocer qué tan bien utilizando están sus recursos un país, una industria o una unidad de negocios, se conoce como una medida relativa; es decir, para que tenga significado se debe comparar con otra cosa.

$$Productividad = \frac{A}{B}$$

Donde:

- A son los insumos utilizados o entradas y
- B son las unidades producidas o salidas.

---

La productividad se puede comparar en dos sentidos. Primero, se puede comparar con operaciones similares del mismo sector o, si existen, puede utilizar datos del sector. Otra comparación sería medir la productividad de una misma operación en periodos de tiempo.

Medición de la productividad.

Los indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) se estructuran para permitir a los administradores poder predecir la situación económica de la compañía, detectando cambios en operaciones. las medidas financieras como:

- Tiempo promedio de respuesta a las llamadas de servicio
- Tiempo de entrega para cumplir con los pedidos del cliente y el porcentaje de las ventas de nuevos productos.
- La evaluación de que tan productivamente utiliza sus recursos una empresa es la base para los KPI (Jacobs et al., 2014).

## 5. MARCO METODOLÓGICO

El registro de datos para el presente análisis, se fundamenta en la información estadística de los meses de enero 2022 hasta abril 2022, información que permite simular la situación actual de la línea de producción. A continuación se describe los valores de entrada:

- Producción diaria.
- Tiempos y causas de mermas de producción.

Esta información permite el análisis consecutivo de 3 meses, data de entrada para el proceso de simulación para la fabricación de perfiles de cartón.

### 5.1. Metodología de la Investigación

Se establece la simulación del proceso de producción de perfiles de cartón del centro de conversión, su propuesta de mejora y como se relaciona con las herramientas lean manufacturing para alcanzar una nueva propuesta de producción, la investigación presenta un enfoque cuantitativo debido al manejo de datos numéricos, unidades producidas, unidades de

---

desperdicio entre otros.

El análisis es de tipo no experimental, que permite identificar la correlación e incidencia sobre mermas o desperdicios de producción, estableciendo oportunidades de mejora fundamentadas de los resultados de simulación de la línea de conversión.

La muestra se fundamenta en los historiales de reportes de producción establecida en un periodo de tiempo de tres meses. La información procesada es de tipo primaria extraída de la producción de perfiles de cartón en la cual se registran los desperdicios presentados y tiempos perdidos que causan la baja productividad, los mismos son levantados y facilitados por el proceso estadístico de la empresa, para su estratificación por tiempos perdidos y tipo de desperdicios, fundamentado en las variables con mayor incidencia.

## 5.2. Metodología del proceso

### 5.3. Análisis de la situación actual.

Los desperdicios existentes actualmente en el centro de conversión, que van de 100 a 200 unidades por turno, representando \$ 130 dólares por turno, \$ 11.700 dólares mensuales, que no cumplen con las condiciones de calidad y especificaciones requeridas para ser enviadas a los clientes, estas unidades con defectos son identificadas de la siguiente manera o causa dentro del proceso:

- Forro reventado
- Cambio de forro
- Rotura de banda de sincronización
- Problema con cuchilla lateral o superior
- Daño en bomba de dosificación de goma.
- Trabamiento de esquinero en cabezal
- Rotura de banda de sincronización

Se cuenta con información estadística (Fig. 19), sobre mermas o desperdicios que se presenta diariamente, que oscilan entre 100 a 200 unidades por turno de 8 horas, sus causas

---

son cuantificadas por tiempos.

Esta data (Fig. 19), es insumo de entrada para representar el proceso productivo actual por simulación, posteriormente, se ejecutan modelos que permitan definir una propuesta de producción mejorada, la misma que se relacionara con herramientas de la filosofía lean manufacturing que apoyen a la futura implementación del nuevo proceso establecido.

### 5.3.1. Proceso de simulación

Layout de planta.

En la actualidad la maquinaria utilizada en la línea de conversión se encuentra compuesta y constituida en una línea continua como se observa en la figura 4.

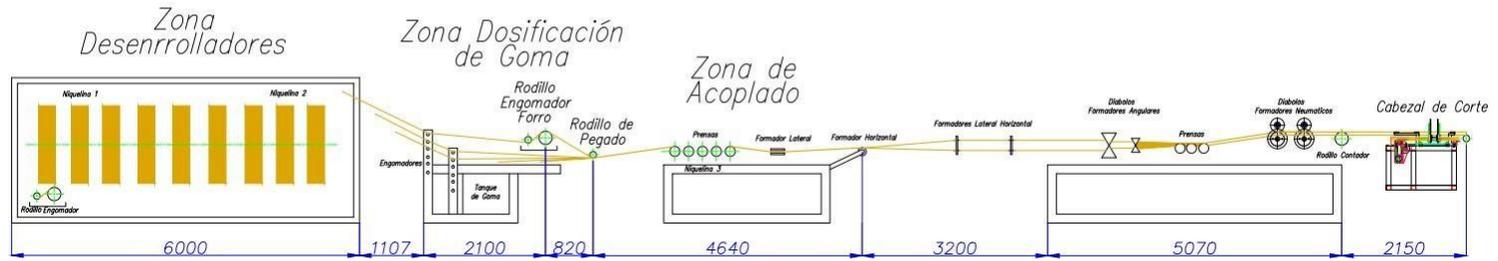
A continuación se detalla las maquinas del proceso de conversión:

1. Montarrollos para cintas de 9 cm
2. Montarrollo para forro de 22 cm
3. Rodillo aplicador de recubrimiento para forro
4. Unidades del sistema de engomadores para aplicación de goma
5. Niquelinas de secado
6. Formadores laterales
7. Formador angular manual
8. Formador neumático
9. Sistema de yunques de formación
10. Guillotina de corte
11. Sistema contador de unidades

Figura 4

Layout Eberle.

### Esquema Maquina de Esquineros



Nota: Layout de maquina de esquineros. Fuente: El autor

---

### 5.3.2. Simulación del proceso de conversión

En la actualidad, se dispone de una línea de conversión que dispone de los siguientes procesos, desenrolladores ( cintas de 9 cm y forro de 22 cm), rodillo aplicador de recubrimiento, unidad de engomadores, niquelinas de secado, formadores laterales, formador angula manual, formador neumático, sistema de yunques de formación, guillotina de corte y sistema contador de unidades para la fabricación de perfiles de cartón, misma que abastece de estos insumos de manera continua a las diferentes plantas de distribución a nivel del país.

#### Modelación del proceso.

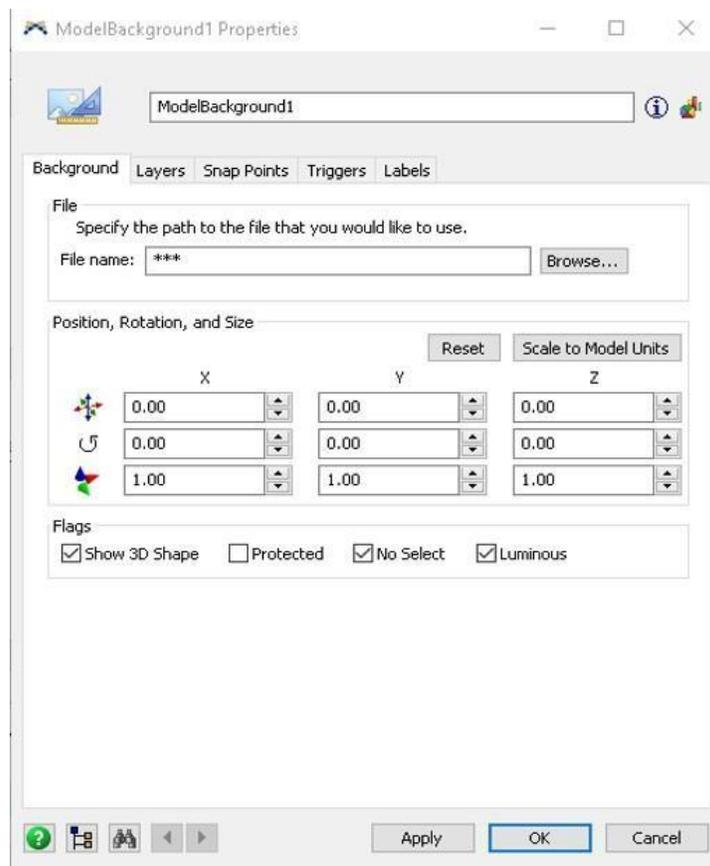
La simulación de la situación actual del proceso de producción de fabricación de perfiles de cartón se realizó mediante el software Flexsim.

#### Desarrollo de la simulación.

Para poder cargar el plano en el modelo de simulación, se usa el icono Background en la barra de tareas superior de FlexSim, al hacer click en el icono se desplegará la ventana de la Figura 5. En el cual se deberá cargar el plano en la sección FILE, seleccionando la ubicación del archivo de formato .Dwg en el computador dando click en Browser.

Figura 5

Ventana desplegable del icono Backgrounds.



*Nota:* Ventana backgrounds de FlexSim. Fuente: El autor

La simulación se lo llevará a cabo mediante 2 modelos de simulación, representando la situación inicial y final o propuesta en los cuales se colocaran los siguientes ítems de la librería de objetos discretos:

- 5 Processors: que representan las áreas de la distribución de goma, acoplado, selladora-diábolo, secadora y cortadora.
- 1 Source: que alimentara de material al proceso.
- 1 Conveyor: representando el sistema de formación y unión de las bandas.
- 1 Queue: simulando el sistema de alimentación de anacondas.

- 21 Queue: destinado a representar las mermas generadas por los errores del proceso.
- 1 Queue: destinado a la recepción del material conforme.

Figura 6

*Modelo de simulación FlexSim.*



*Nota:* Modelo de simulación. Fuente: El autor

### 5.3.3. Caracterización del proceso.

Para la caracterización del proceso de la maquinaria se analizaron los datos de los reportes de producción de esquineros, obteniendo una muestra de 78 datos pertenecientes a la velocidad promedio de la generación de esquineros representada en m/min, estos datos son generados en turnos de 8 horas durante los meses de Marzo hasta abril del 2020, seleccionado por su ocurrencia de errores y velocidades estándar en comparación a la producción de los meses restantes. Al ser una producción en línea todas las máquinas tendrán la misma velocidad de producción.

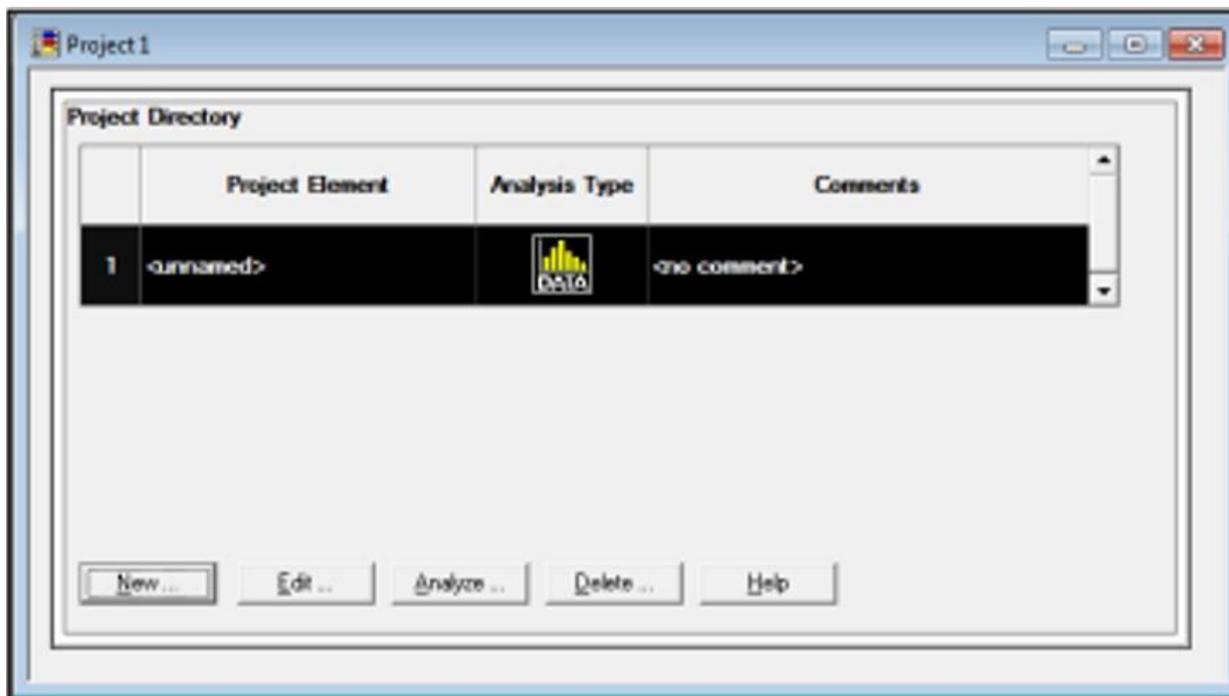
### 5.3.4. Herramienta ExperFit.

El análisis de datos se realizará mediante la herramienta ExperFit que determinará la mejor distribución de probabilidad disponible, usando el menú Statistic en la barra de herramientas de FlexSim. Al hacer click en la sección ExperFit se abrirá un menú de selección de proyectos en el cual se deberá iniciar un nuevo proyecto el cual se debe indicar el título y descripción del mismo.

---

Figura 7

*Ventana principal ExpeFit.*



*Nota:* Ventana ExperFit. Fuente: El autor

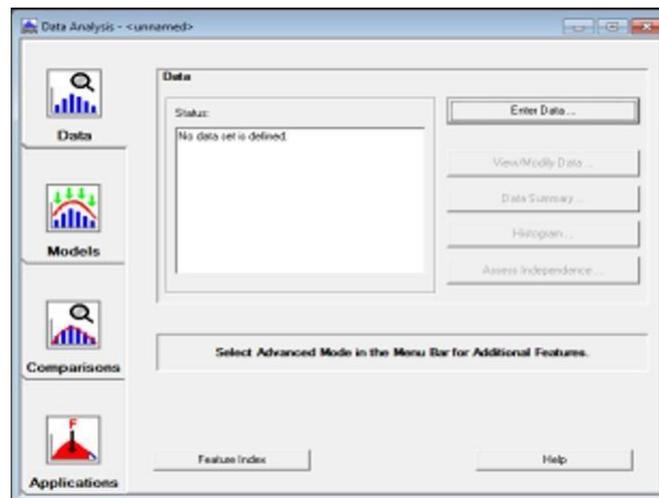
Al hacer doble click en el proyecto se desplegará la ventana de análisis de datos esta ventana consta de las siguientes pestañas:

- Data: en esta pestaña se deberá insertar los datos a analizar, estos datos se introducirán desde la pestaña enter data los cuales los podremos subir de dos formas; desde un bloc de notas o copiándola desde el portapapeles, al introducir los datos se desplegará una ventana resumen datos en el cual se plasmara la media, mediana y demás valores estadísticos
- Models: esta pestaña generará la distribución más conveniente para el análisis de datos, en la ejecución de esta ventana se abrirá una pestaña resumen de ajuste automático de datos, en el cual se obtiene una distribución binomial con una puntuación relativa de 100, con una evaluación Indeterminada la cual sugiere comparar con el resto de modelos

- 
- Comparisons: en esta sección se podrán analizar y comparar las varias distribuciones generadas por el programa, para así, poder contrastar los resultados obtenidos mediante gráficos de distribución y demás herramientas, en este caso se analizaran los 3 distribuciones mejor valoradas (Binomial, Discreta uniforme y Poisson) para contrastar la información.
  - Applications: sección en la cual se puede obtener el código estructural de la distribución para la aplicación en la configuración de las máquinas.

Figura 8

*Ventana de Data Analysis ExpeFit.*



*Nota:* Analysis ExperFit. Fuente: El autor

---

Figura

*Tabla resumen de datos ExperFit.*

<b>Data Characteristic</b>	<b>Value</b>
Source file	<edited>
Observation type	Integer valued
Number of observations	78
Minimum observation	30
Maximum observation	36
Mean	33.26923
Median	33.00000
Variance	1.23826
Lexis ratio (var./mean)	0.03722
Skewness	-0.15025

*Nota:* Resumen de datos ExperFit. Fuente: El autor

Figura 29

Tabla resumen de Búsqueda de modelos.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Binomial	100.00	Probability	0.92415
		Trial	36
2 - Discrete Uniform	75.00	Lower endpoint	30
		Upper endpoint	36
3 - Poisson	50.00	Lambda	33.26923

5 models are defined with scores between 0.00 and 100.00

---

**Absolute Evaluation of Model 1 - Binomial**

Evaluation: Indeterminate  
Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab are strongly recommended.  
See Help for more information.

---

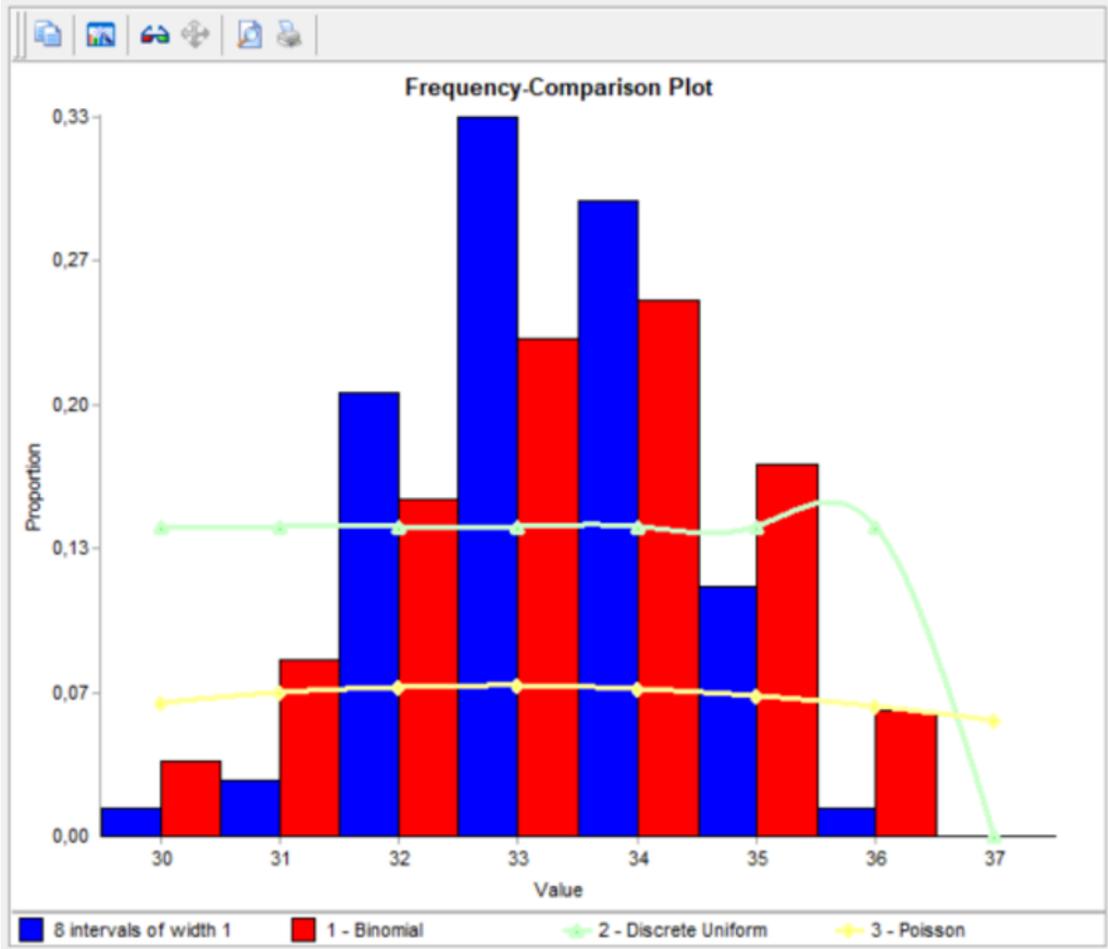
**Additional Information about Model 1 - Binomial**

"Error" in the model mean  
relative to the sample mean                      0

*Nota:* Búsqueda de modelos adaptables al modelo productivo. Fuente: El autor

Figura 30

Gráfica comparativa de principales modelos de distribución.

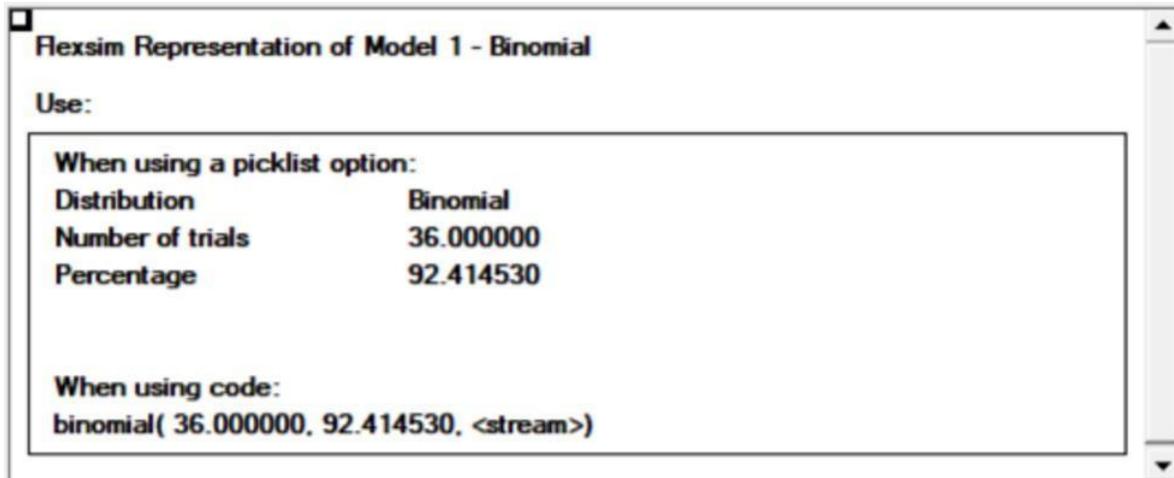


Nota: Comparación de modelos. Fuente: El autor

---

Figura 31

*Ventana resumen de la representación del modelo.*



*Nota:* Representación del modelo. Fuente: El autor

- Puertos de salida. Los puertos de salida (outputs) tanto para piezas correctas como inconformes se representará en la última máquina de producción (Corte), según sus unidades de producción y la probabilidad de cada caso según estas representen para la producción existente.

Figura 32

*Puertos de salida, errores y porcentajes de errores en la situación inicial.*

<b>SITUACION INICIAL</b>			
	<b>Puerto</b>	<b>Estado</b>	<b>Porcentaje</b>
	1	Correctas	98,72623%
A	2	Se traba esquinero en guillotina	0,25480%
B	3	Rotura de forro	0,22530%
C	4	Cambio de forro	0,21090%
D	5	Se descarrila Anaconda	0,09324%
E	6	Se rompe banda de sincronizacion	0,08747%
F	7	Limpieza de máquina	0,07770%
G	8	Cuadre de máquina	0,07144%
H	9	Problema en diablo #2- Se realiza calibracion	0,05941%
I	10	Cuchilla lateral no corta	0,04560%
J	11	material humedo	0,03141%
K	12	Daño de bomba de goma	0,02557%
L	13	Falta de material	0,02007%
M	14	Se baja forro core dañado	0,01698%
N	15	Daño en electroválvula	0,01577%
O	16	Cambio de carbones de motor	0,01046%
P	17	Baja de presión de aire	0,00897%
Q	18	Cambio de yunque	0,08900%
R	19	Se traba material de goma	0,00705%
S	20	Parada de molino	0,00189%

*Nota:* Puertos de salida sobre mermas de producción en el proceso inicial. Fuente: El autor

Figura 33

*Puertos de salida, errores y porcentajes de errores en la situación final.*

<b>SITUACION FINAL</b>			
	<b>Puerto</b>	<b>Estado</b>	<b>Porcentaje</b>
	1	Correctas	99,2145%
A	2	Se traba esquinero en guillotina	0,25507%
B	3	Rotura de forro	0,01687%
C	4	Cambio de forro	0,16214%
D	5	Se descarrila Anaconda	0,03450%
E	6	Se rompe banda de sincroniz	0,01944%
G	8	Cuadre de máquina	0,00763%
H	9	Problema en diablo #2- Se realiza calibracion	0,03230%
I	10	Cuchilla lateral no corta	0,01254%
J	11	material húmedo	0,02174%
L	13	falta de material	0,00889%
P	17	Baja de presión de aire	0,00376%
S	20	parada de molino	0,05875%

*Nota:* Puertos de salida sobre mermas de producción en el proceso mejorado. Fuente: El autor

Para establecer el estado de la situación de la simulación se usará la herramienta dashboard en la barra de herramientas, la cual nos brindara gráficas y demás información de estado, estas herramientas brindan información ya sea de salidas, de estado de máquinas o de capacidad de maquinaria.



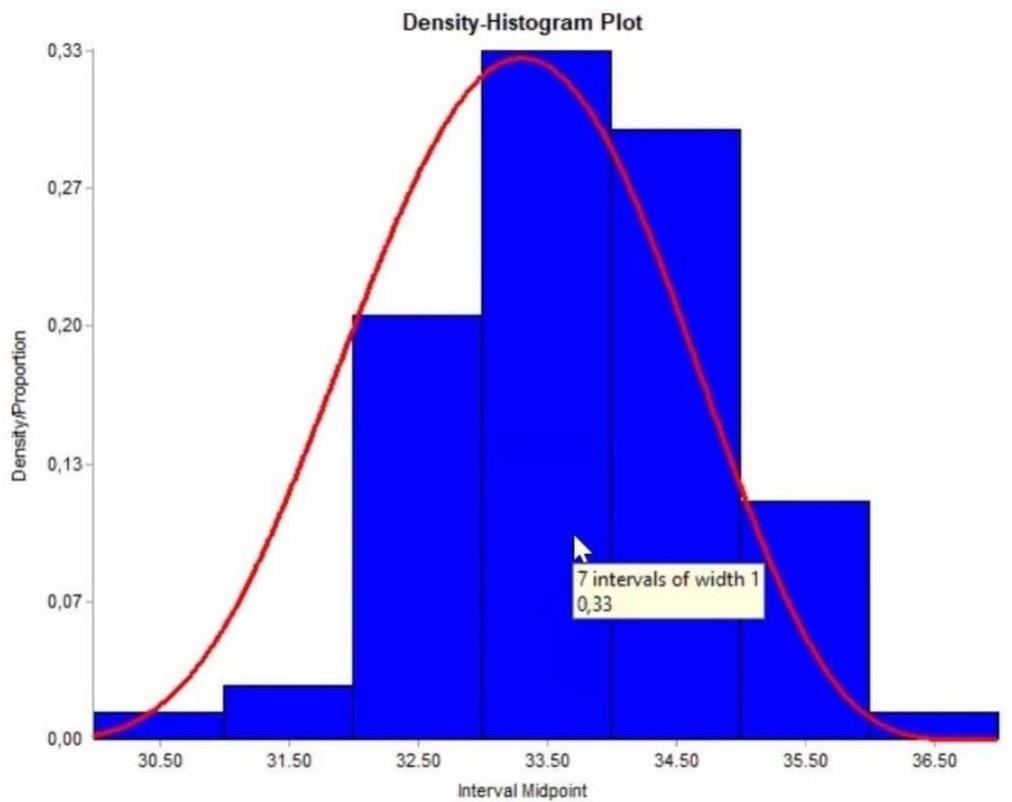
---

### 5.3.5. Análisis de la situación actual.

La data ingresada (Fig. 21), para el software de simulación en Flexsim, se establece una distribución inicial de Johnson SB (Fig. 17), para el proceso actual, representa una agrupación de un 81.25% de datos, a una velocidad promedio del proceso, que varía de 28  $m/s$  hasta 36.50  $m/min$ .

Figura 17

*Distribución de Johnson SB del proceso actual en el centro de conversión.*



*Nota:* Gráfica del proceso inicial con distribución de Johnson SB. Fuente: El autor

Figura 36

*Datos para distribución de Jhonson SB.*

**Relative Evaluation of Candidate Models**

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Johnson SB	81.45	Lower endpoint	28.88796
		Upper endpoint	37.24576
		Shape #1	-0.17621
		Shape #2	1.72410
2 - Random Walk	79.84	Location	0.00000
		Scale	0.03009
		Shape	27.02205
3 - Beta	79.03	Lower endpoint	29.42148
		Upper endpoint	36.58602
		Shape #1	4.81586
		Shape #2	4.16666

32 models are defined with scores between 4.84 and 81.45

**Absolute Evaluation of Model 1 - Johnson SB**

Evaluation: Bad

Suggestion: Use an empirical distribution.

See Help for more information.

**Additional Information about Model 1 - Johnson SB**

"Error" in the model mean

relative to the sample mean                      0.00446 = 0.01%

*Nota:* Datos para la distribución de Johnson. Fuente: El autor

Incluida la información en el software de Flexsim, sobre causas para mermas de producción, se identificó las principales causas de mermas en la producción de perfiles de cartón del proceso de conversión:

---

Figura 37

*Causas para mermas de Producción.*

Causa de mermas	% incidencia
Se traba esquinero en guillotina	0.2548
Rotura de Forro	0.2253
Cambio de Forro	0.2208
Se descarrila anaconda	0.093
Se rompe banda de sincronización	0.087
Limpieza de Maquina	0.077

*Nota:* Causas y porcentajes de mermas sobre producción. Fuente: El autor

De esta manera, podemos definir que existen mermas en un total promedio mes a mes de 8539 unidades, mismas que tienen un costo promedio de 0.39 centavos que económicamente cada mes le representa a la empresa un total promedio de 3330.21 dólares.

Obteniendo información sobre el proceso actual, y una vez realizada la opción de mejora en un nuevo proceso (Fig. 23) podemos realizar la siguiente comparación:

Figura 20

*Comparativo*

	PROCESO ACTUAL	PROCESO PROPUESTO
Mermas	8539 UNIDADES	6039 Unidades
Costo	3330.21 dólares	2355.21 dólares
Distribución	Johnson SB	Binomial
Velocidad	28 a 36.5 m/min	32 a 37 m/min

*Nota:* Comparación entre proceso actual y propuesto. Fuente: El autor

---

## 6. Resultados

Figura 21

*Incidencia en mermas de producción.*

Se identificó las condiciones actuales del proceso productivo del Centro de Conversión. Utilizando información del proceso e identificando su entradas para el modelo de simulación.

DIA	PRODUCCION TOTAL DIA	DAÑO EN MAQUINA	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	CAMBIO DE CARBONES DE MOTOR	DESCARRILA AMACONDA	SE	CAMBIO DE FORRO	ROTURA DE FORRO	PARADA DE MOLINO	SE BAJA FORRO CORRI DANADO	LIMPIEZA DE MAQUINA	CUADRE DE MAQUINA	SE TRA SI ADA MATERIAL DE BODEGA	DAÑO EN ELECTROVALVULA	CUCHILLA LATERAL NO CORTA	FALTA DE MATERIAL	CAMBIO DE YINKE	BAJA PRESION DE AIR	MATERIAL HUMEDO	SE ROMPEN BANDAS D MOTOR	DAÑO EN BOMBA DE GOMA	SE TRABA ESQUINERO EN GUILLOTINA	SE ROMPE BANDA DE SIMCRONIZACION	PROBLEMA EN DIABOLO #2 - SE REALIZA CALIBRACION	% TOTAL DESPERDICIO DIA	TOTAL DE UNDS
13	UNIDADES 22750				88	32	3															89	254	2,0483516	466	
					0,387	0,141	0															0,39121	1,116483516			
14	UNIDADES 58300				200	96	103				54												158		1,0303541	611
					0,337	0,162	0				0												0,26644			
15	UNIDADES 0																								#DIV/0!	0
16	UNIDADES 20060				182	78	69				99	133											155		3,5692921	716
					0,907	0,389	0				0	0,66301											0,77268			
17	UNIDADES 22440					99	86				80								65				180		2,2727273	510
						0,44118	0				0							0,28966					0,80214			
18	UNIDADES 27800					52	36				89								172				202		1,9820144	551
						0,18705	0				0							0,61871					0,72662			
19	UNIDADES 33200					89	101				96								199				186		2,0210843	671
						0,26807	0				0							0,5994					0,56024			
20	UNIDADES 39775					87	96				102								203				179		1,6769327	667
						0,21873	0				0							0,51037					0,45003			
21	UNIDADES 22300					99	85				45												27		1,1479821	256
						0,44395	0				0												0,12108			
22	UNIDADES 0																								#DIV/0!	0
23	UNIDADES 16800					88	73				95												116		2,2142857	372
						0,52381	0				1												0,69048			
24	UNIDADES 25060					127	123				201														1,7996808	451
						0,50678	0				1															
25	UNIDADES 22105					36	17				100												106	186	2,0131192	445
						0,16286	0				0								0,47953				0,841438589			
26	UNIDADES 52600					96	78				85												104		0,6901141	363
						0,183	0				0												0,19772			
27	UNIDADES 69800					99	96				102												50		0,4971347	347
						0,142	0				0												0,07163			
28	UNIDADES 50300					86	136				96												21		0,6739563	339
						0,171	0				0												0,04175			
29	UNIDADES 0																								#DIV/0!	0
30	UNIDADES 5300					35	66																68		3,1886792	169
						0,660	1																1,28302			
31	UNIDADES 22000					93	107																		1,2681818	279
						0,423	0																			

*Nota:* Datos de entrada para la simulación de situación inicial. Fuente: El autor

---

Se simuló con flexsim la situación actual, y se logró modelar, una nueva propuesta (Fig. 22) estableciendo opciones de mejora al proceso productivo con reducción de mermas y sus respectivas causas:

Figura 22

*Causas para mermas propuestas.*

<b>Causa de mermas</b>	<b>% incidencia</b>
Se traba esquinero en guillotina	0.246
Rotura de Forro	0.211
Cambio de Forro	0.183
Se descarrila anaconda	0.086
Se rompe banda de sincronización	0.069
Limpieza de Maquina	0

*Nota:* Causas y porcentajes de mermas sobre producción en el proceso propuesto. Fuente: El autor

Figura 23

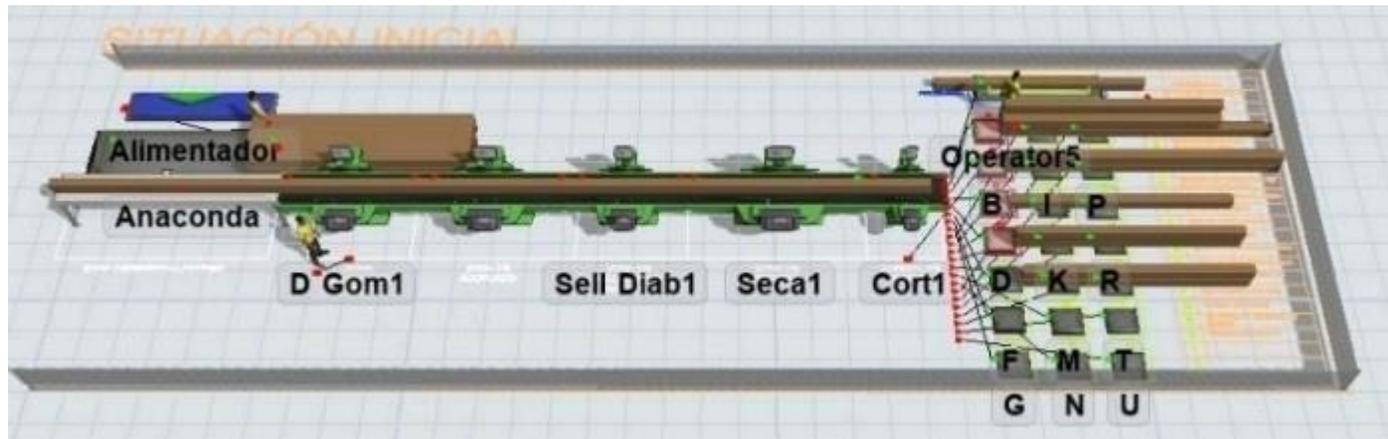
Situación Mejorada.



*Nota:* Simulación de la situación inicial. Fuente: El autor

Figura 24

*Situación Actual .*



*Nota:* Simulación de la situación mejorada. Fuente: El autor

---

- Debido que:

- Smed: Simplifica el alistamiento de máquinas.
- 5 s control visual: Mantiene un buen ambiente de trabajo organizado.
- Tpm: Control operativo para mantenimiento de máquinas.
- Dmaic: Identifica factores para que el proceso tenga éxito.
- Jidoka: Corregir la condición anormal.

Son las herramientas idóneas que brindan soporte para mejorar productividad de esta línea de producción. Logrando alcanzar una mejora de un 1 %, es decir 2500 unidades, sobre la producción total mensual que oscila alrededor de 250000 unidades mensuales de producción, obteniendo una mejora económica para la empresa de 1150 dólares.

Una vez analizada la situación inicial, y conociendo las causas principales para mermas de Producción, podemos definir que herramientas aportan a la mejora del proceso y sus tiempos para ejecución detallados a continuación:

- Optar por cambio de gramaje en forro, y sustituir los actuales para mejorar la resistencia a la tensión del proceso evitar roturas posibles en el proceso y lograr continuidad en proceso, esto debido a que el forro actual usado en el proceso tiene un gramaje de 220 gramos y una resistencia de 3.9 libras fuerza, al realizar el cambio, a forro de 240 o 250 gramos con resistencia de 5.8 hasta 6.1 libras fuerza se podría mejorar o reducir la incidencia de rotura de forros. (SMED), de manera inmediata debido a la disponibilidad de materia prima.
- Para Cambio de forro, se propondrá un arroje de forma y distribución de entrada al proceso cambiando trayectoria y reduciendo velocidad se evite mermas de producción en un instante, bajo reducción de velocidad de máquina. (SMED), inmediato por la disponibilidad en operación y proceso.
- Dentro del plan de mantenimiento de máquinas, mensualmente se realiza un parada programada, en la cual se propondrá incluir un sistema de lubricación adicional para mediante inspección diaria operativa se pueda evitar trabamientos de guillotina, disponiendo de forma constante de un vaso y sistema de lubricación para mantener el sistema de guillotina lubricado y reducir esta incidencia en el proceso.(TPM REDUCIR

- 
- PUESTA A PUNTO), mediante reunión de mejoras continuas, se ejecutara en 1 a 2 meses.

Limpieza y arranque de máquina, operativamente, previo a una parada de jornada de trabajo, se propondrá realizar un reporte para antes de parar producción, terminada la semana de trabajo se ejecute limpieza de línea de producción y con esto evitar que al reinicio de proceso se deba incurrir en mermas por limpieza y arranque de maquina (5s CONTROL VISUAL), inmediato se incluirá en el proceso operativo diario.

- La velocidad se podría mantener logrando algunos cambios adicionales en un promedio entre 33.5 hasta 36 metros por min.
- Implementar un sistema de luminarias en línea, y que al momento de que existan mermas el ayudante pulse en este sistema e informe al operador de máquina de manera visual, sobre esquineros con defectos y estos sean colocados para post revisión e inspección conjuntamente con calidad de los mismos, para clasificarlos y sean cortados según longitudes para otros clientes y así reducir la longitud en unidades de mermas y cubrir a otros clientes, cuyas medidas sean menores a las de mermas existentes (JIDOKA EN LINEA). Proyectado como mejoras o proyectos en la línea de conversión con duración de 3 meses
- Para control, se propondrá implementar un ciclo DMAIC para la administración, que contenga la estadística de proceso e información de todos los turnos en reporte de producción sobre perfiles con defectos que pueden ser reutilizados para otros clientes, con esta información se podrá planificar diariamente de perfiles con defecto. (CICLO DMAIC), se incluirá de inmediato en el proceso operativo turno a turno, y disponer de información continua

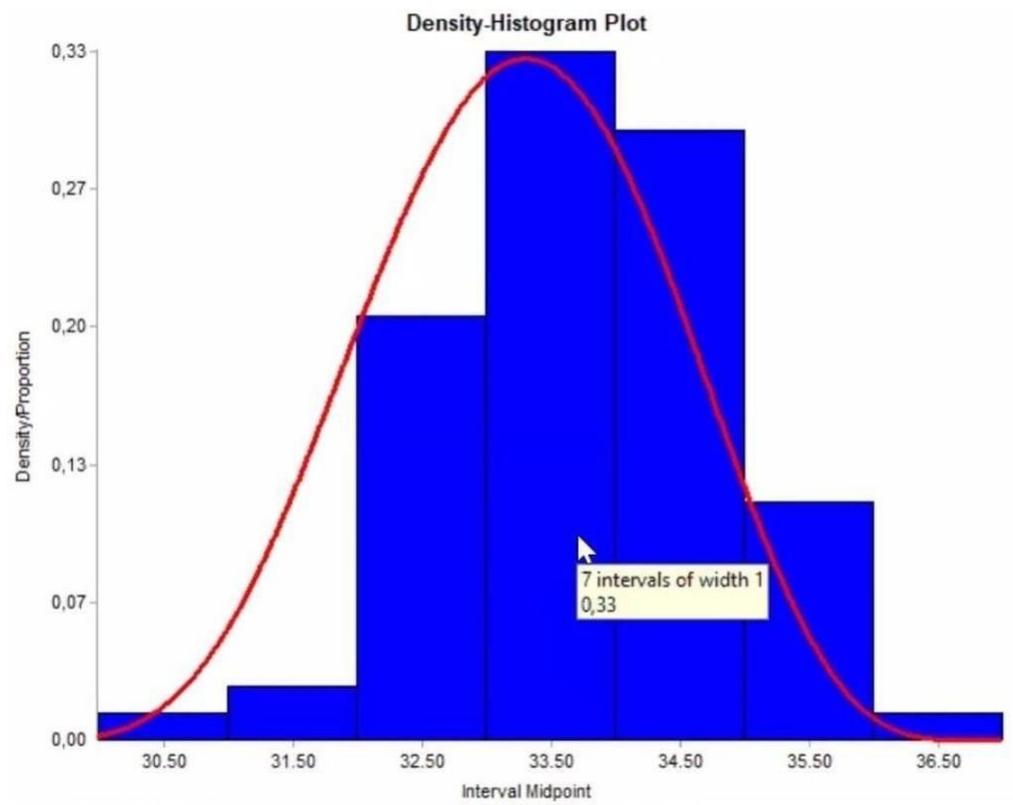
Considerando que, al plantear un plan de mejora con herramientas como SMED, TPM, DMAIC, 5 s, Etc. Podemos obtener un proceso mejorado reduciendo las incidencias de mermas de producción (Fig. 22), incrementando la productividad.

Usando la herramienta para modelar el proceso mejorado, se pudo obtener lo siguiente:

- Al reducir las causas de incidencia (Fig.22) sobre la producción, usando herramientas de lean, se obtiene un nuevo modelo mejorado (Fig.25).
- La distribución para el nuevo modelo mejorado cambia a Distribución Binomial (Fig. 15), agrupando el 92.41% de datos a velocidades entre 32 hasta 37 m/min.

Figura 25

*Distribución para el proceso mejorado.*



*Nota:* Distribución binomial para el proceso mejorado. Fuente: El autor

Presentar la propuesta a dirección general para su análisis y posible implementación.

Figura 26

*Plan de mejoras y herramienta Lean Propuesta.*

En virtud de lo analizado podemos presentar un plan de mejoras, con su respectiva herramienta que brinda soporte para lograr una mejora en el proceso de producción de perfiles de cartón para el centro de conversión

OBSERVACION EN EL PROCESO	OPCION DE MEJORA	DESCRIPCION	HERRAMIENTA. LEAN
Rotura de forro (cobertura del perfil de carton)	Cambio de gramaje para uso en proceso de fabricacion de perfiles de carton.	*Al utilizar un forro de gramaje 250 se puede lograr un aporte de mayor resistencia en el mismo al momento de formar la cobertura del perfil de cartón. *Reducir las roturas que son las de mayor incidencia en mermas o desperdicio en esta linea productiva	SMED
Cambio de forro	Disminuir la velocidad de linea y ejecutar el cambio sin afectar al proceso.	*Al momento que se cumpla el pedido de un cliente y se deba realizar cambio de formato longitud etc se deberá reducir la velocidad mientras se realiza el cambio de forro o cobertura del nuevo cliente. *Reducir velocidad, realizar el cambio del forro o cobertura para realizar un nuevo pedido incide en reducir mermas productivas .	SMED
Observacion continua de Unidad de lubricacion	Desarrollar en los equipos de trabajo la revision visual entre entregas de turno de la unidad de lubricacion para evitar trabamientos en el sistema de corte.	*Mediante el reporte de tiempos y bitacora turno a turno el informe de nivel de aceite en la unidad de mantenimiento se mantenga correctamente y el momento que se baje el nivel solitar a mantenimiento electrico completar el nivel de esta unidad de lubricacion y mantenerla calibrada a 4 gotas/ min. *Al crear esta accion de control operativo, la vida util en la seccion de corte, de cuchillas, pistones, electrovalvulas, rodamientos lineales, sera	TPM/ PUESTA A PUNTO
Limpieza	Plan de limpieza terminada la jornada de trabajo, o plan de produccion diario o semanal.	*Ejecutar limpieza de linea completa de produccion alargando media hora de jornada. Predispone a tener una maquina a punto para el proximo arranque de produccion diario o semanal. *Mediante la reduccion las mermas por esta causa disponemos de una maquina y linea explicita para arranque de produccion reduccion de tiempos de puesta en linea e incremento de produccion.	5S / CONTROL VISUAL
Control visual en linea	Incluir en linea de produccion, un sistema de luminarias	*Al utilizar un sistema que de manera visual el operador de maquina sea informado que existe un defecto de producto y sea corregido de inmediato por parte del operador de maquina. *Realizar esto y reducir los defectos en producto terminado dispondra a que la produccion de maquina sea incrementada y reducir mermas por esta causa	5S / CONTROL VISUAL
Retroalimentacion	Plan DMAIC para consolidar informacion sobre perfiles con defectos (reutilizacion)	y que por defecto un 80 a 90% de la unidad producida pueda ser cortada y reutilizada para otro cliente, tendra un efecto de cubrir otro pedido de clientes que necesitan estos perfiles en medidas menores a las que la maquina produjo, cubriendo de antemano un pedido solicitado.	CICLO DMAIC

*Nota:* Propuesta del plan de mejoras para el proceso. Fuente: El autor

---

## 7. Conclusiones

- Se realizó el análisis de un sistema actual productivo, utilizando la herramienta de simulación Flexsim, que permitió definir la situación actual y las mermas o desperdicios que representan un costo de 3330.21 dolares mensuales a la empresa, entre las principales tenemos, esquineros con forros picado, ángulo abierto, producto de trabamiento con un 0.254 % de esquinero en guillotina con un 0.254 %, rotura de forro con un 0.225 %, cambio de forro con un 0.2208 %
- El aporte que nos brinda conocer un proceso y buscar escenarios de posibles opciones de mejora utilizando un software como Flexsim, y con herramientas lean, como: Smed, Tpm, 5 S, etc. aportan a mejorar el proceso de conversión en 1 % sobre la producción total mensual que oscila entre 250000 a 280000 unidades. y disminuir las mermas en 2500 unidades mensuales para el proceso de conversión.
- Complementar toda esta información, nos lleva a disponer de un plan que se encuentra en la figura 26, con el cual se evidencia un incremento de productividad de 2500 unidades en la línea de conversión, permitiendo aportar al beneficio de la empresa productora de cartón, permitiéndola consolidarse en el mercado nacional, obteniendo un ahorro de \$ 1.225 por incremento de producción.

## 8. Recomendaciones

- Realizar evaluaciones posteriores de las condiciones del proceso, utilizando herramientas que a futuro puedan solventar problemas en el proceso o cambios constantes.
- Fomentar la mejora continua en el proceso, dotando al personal de opciones de mejora mediante reuniones de equipo.
- Utilizar herramientas nuevas que facilitan a nuevos investigador realizar cambios, utilizando modelos o experimentos, logrando mejorar procesos y diseñar mejoras en los existentes.

---

## Referencias

- Alfonso, U. M. and Carla, M. V. (2013). *Modelado y simulación de eventos discretos*. Editorial UNED.
- Arboleda Mejía, F. and Franco Calle, A. F. (2015). Mejoramiento de la gestión del centro de distribución de la compañía industrial conconcreto a través de lean manufacturing y técnicas de mejora continúa.
- Arto, J. (2010). Fundamentos del lean manufacturing.
- Bú, R. C. (1994). *Simulación: Un enfoque práctico*. Editorial Limusa.
- Capa, J. R. T. and Aguirre, M. (2019). Six-sigma una estrategia de negocios para mejorar la calidad de los productos. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(25):12–17.
- Chase, R. B. and Aquilano, N. J. J. (2005). F. robert. *Administración de la Producción y las operaciones*.
- Díaz-Martínez, M. A., Zárate-Cruz, R., and Román-Salinas, R. V. (2018). Simulación flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 22(2):97–104.
- Duro Novoa, V. and Gilart Iglesias, V. (2016). La competitividad en las instituciones de educación superior. aplicación de filosofías de gestión empresarial: Lean, six sigma y business process management (bpm). *Economía y desarrollo*, 157(2):166–181.
- Eckes, G. (2006). *El six sigma para todos*. Editorial Norma.
- Hernández, J. and Vizán, A. (2013). Lean manufacturing conceptos, técnicas e implantación. *Madrid: Fundación EOI*, 178:978–8415061403.
- Jacobo, F. G. (2020). Diseño de un modelo de simulación de eventos discretos, para la mejora en la línea de producción de tejido industrial sección c, en la empresa guantes internacionales. *CIATEQ, Ed., México*.
- Jacobs, F. R., Chase, R. B., and Lummus, R. R. (2014). *Operations and supply chain management*. McGraw-Hill/Irwin New York, NY.
- Jiménez, M. and Gómez, E. (2014). Mejoras en un centro de distribución mediante la simulación de eventos discretos. *Industrial data*, 17(2):143–148.
- Miguel, S. E., Ribera, T. B., Guillem, J. M. A., and Pérez, C. M. D. (2010). *Revision to Theory of Constraints*.
- Ocampo, J. and Pavón, A. (2012). Integrando la metodología dmaic de seis sigma con la simulación de eventos discretos en flexsim. In *Proceeding of the 10 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, paper, number 147.

- 
- Ohno, T. and Bodek, N. (2019). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- Pawlowski, A. (2012). *Estrategias de control predictivo para compensación de perturbaciones (predictive control strategies for disturbance compensation)*. PhD thesis, Universidad de Almería.
- Piera, M. À. (2004). *Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- Shingo, S. (2002). Smed, técnicas para reducción de tiempos de productividad.
- Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge books.
- White, K. P. and Ingalls, R. G. (2015). Introduction to simulation. In *2015 Winter Simulation Conference (WSC)*, pages 1741–1755. IEEE.

---

# ANEXOS

Figura 27

Anexo A: Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Se debe proponer <b>implementar</b> parte de la filosofía Lean Manufacturing para mejorar la <b>Productividad</b> de la línea de producción con una reducción de desperdicio específico?	<b>Proponer Implementar</b> Lean Manufacturing en un proceso de conversión para mejorar la <b>productividad</b> por medio de la reducción de desperdicio.	Proponer <b>implementar</b> lean manufacturing en la línea de conversión para mejorar la <b>productividad</b> de esta línea reduciendo el desperdicio.	VD1: Reducción del desperdicio. VD2: Productividad. VI: Implementación de lean manufacturing.	Lean Manufacturing.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Se podrá identificar el proceso de conversión actual y sus condiciones de producción para la <b>propuesta de implementación</b> de LEAN MANUFACTURING y lograr incrementar la <b>productividad</b> de producción con reducción de desperdicio?	<b>Identificar</b> las condiciones iniciales para iniciar la <b>propuesta de implementación</b> de Lean Manufacturing para reducir el desperdicio y mejorar la <b>productividad</b> en la línea de conversión.	<b>Se identificará</b> las condiciones iniciales para iniciar la <b>propuesta de implementación</b> de Lean Manufacturing y mejorar la <b>productividad</b> en la línea de conversión.	VD1: Reducción del desperdicio. VD2: Productividad. VI: Implementación de lean manufacturing.	Desperdicios. Productividad.
¿Es posible proponer <b>implementar</b> lean manufacturing en el proceso de producción para reducir el desperdicio y mejorar la <b>productividad</b> ?	<b>Proponer Implementar</b> la filosofía Lean Manufacturing para reducir el desperdicio en el proceso de producción y mejorar la <b>productividad</b> en la línea de conversión.	<b>Se propondrá el Implementar</b> parte de la filosofía Lean Manufacturing en el proceso de conversión para reducir el desperdicio y mejorar la <b>productividad</b> de dicha línea productiva.	VD1: Reducción del desperdicio. VD2: Productividad. VI: Lean manufacturing.	Teoría 6 sigma.
¿Es factible <b>evaluar</b> la implementación de Lean manufacturing en el proceso de producción y mejorar la <b>productividad</b> con la disminución de desperdicio?	<b>Evaluar</b> la implementación de Lean manufacturing en la reducción del desperdicio en el proceso de producción y mejora de la productividad en la línea de conversión.	<b>Se evaluará</b> la implementación de Lean manufacturing en el proceso de conversión para incrementar la productividad.	VD1: Reducción del desperdicio. VD2: Productividad. VI: Implementación de lean manufacturing.	KAIZEN 5 s's SMED

Nota: Matriz de consistencia. Fuente: El autor

Figura 28

Anexo B: Operacionalización de variables.

VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD				
<b>Definición conceptual:</b> la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos — trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información — en la producción de diversos bienes y servicios. J Prokopenko - 1989.				
<b>Definición operacional:</b> Número de unidades producidas en una jornada de trabajo, que se encuentran bajo especificación de control de calidad.				
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de
Adherir	<b>Definición conceptual:</b> Para poder llegar a conocer el significado del término que nos ocupa, lo primero que vamos a hacer es determinar su origen etimológico. En este sentido,	% sólidos contenidos en la goma mg/L.	Diario.	laboratorio Estufa
	<b>Definición operacional:</b> Número de capas que se encuentran unidas o adheridas con goma para asegurar el pegado	Unidades aceptadas.	No conformes.	
Espesor.	<b>Definición conceptual:</b> Se denomina espesor al grosor de un elemento: es decir, a qué tan grueso, abultado o ancho es.	Milímetros.	<3 mm	Calibrador. Laboratorio Maquina.
	<b>Definición operacional:</b> Espesor del perfil bajo el cual es aceptado por parte de calidad	Variación aceptable dentro de control.	No conformes.	
Angulo.	<b>Definición conceptual:</b> La noción de ángulo, que procede del vocablo latino angulus,	Grados.		Flexometro. Presión en formadores.
	<b>Definición operacional:</b> Medida con la cual se forma un perfil al ser producido o fabricado mediante formadores es aceptado o rechazado de acuerdo a su especificación.			
VARIABLE INDEPENDIENTE: VELOCIDAD				
<b>Definición conceptual:</b> Medida de la productividad de un sistema de proceso de datos, expresada en palabras tratadas por minuto u hora.				
<b>Definición operacional:</b> Unidad de medida con la cual se procesa o fabrica un perfil de carton.				
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de
Humedad.	<b>Definición conceptual:</b> La palabra humedad, con origen en el vocablo latino humiditas, permite resaltar la condición de húmedo (es decir,	Humedad.	%	
	<b>Definición operacional:</b> % de agua que contiene la materia prima utilizada en el proceso de fabricación de perfiles.	Resistencia.	Lb fuerza.	
Gramaje.	<b>Definición conceptual:</b> La etimología de gramaje nos lleva al vocablo francés grammage. El término alude al peso del papel por metro cuadrado, expresado en gramos.	gramos/metro cuadrado.	Peso.	Báscula.
	<b>Definición operacional:</b> Peso de un perfil una vez terminado pudiendo ser este en húmedo o seco.	Tonalidad.	Atributo.	
Dimensión 3	<b>Definición conceptual:</b>			
	<b>Definición operacional:</b>			

Nota: Operacionalización de variables. Fuente: El autor

Figura 29

Anexo 1 : Reporte de producción..

RESUMEN DE PRODUCCION								
EBERLE								
ECHA	CLIENTE	ESQUINEROS MEDIDAS			CANTIDAD UNDS	TIEMPO		PERDIDO
						Total Hrs	Causa - Efecto	
14	FAVORITA	BLANCO	220,0 X	10,0	15.800	62,00	SE TRABA ESQUINERO EN GUILLOTINA	0,33
							CAMBIO DE FORRO	0,34
							SE ROMPE BANDA DE SINCRONIZACION	0,66
							ROTURA DE FORRO	0,33
	FRESKBANA	KRAFT	220,0 X	10,0			SE PICA EL FORRO EXCESO DE GOMA	0,50
15	ASOGUABO	KRAFT	196,0 X	10,0	33.200	2,91	CAMBIO DE FORRO	0,32
	FIBRO ACERO	KRAFT	45,0 X	10,0			SE ROMPE BANDA DE SINCRONIZACION	1,75
	GRAIMAN	KRAFT	60,0 X	10,0			ROTURA DE FORRO	0,26
	RURUCUNA	KRAFT	240,0 X	10,0			SE DESCARRILA ANACONDA EN DIABOLOS	0,58

Nota: Resumen de producción. Fuente: El autor